Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK

Hoofdrapport: analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntenbalansen voor het beheergebied van HHNK

E.M.P.M. van Boekel, J. Roelsma, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.C. Jansen, L.V. Renaud, R.F.A. Hendriks en P.N.M. Schipper

ALTERRA WAGENINGEN UR

hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK

Hoofdrapport: analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntenbalansen voor het beheergebied van HHNK

E.M.P.M. van Boekel, J. Roelsma, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.C. Jansen, L.V. Renaud, R.F.A. Hendriks en P.N.M. Schipper

Alterra Wageningen UR
Wageningen, augustus 2015

Alterra-rapport 2475
ISSN 1566-7197

ALTERRA WAGENINGEN UR

hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

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.M.N. 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 Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2475. 130 blz.; 48 fig.; 15 tab.; 37 ref.

In opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier zijn voor 42 deelgebieden theoretische achtergrondconcentraties afgeleid van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater. De resultaten zijn per deelgebied in 42 achtergrondrapporten vastgelegd. In dit hoofdrapport wordt een overzicht gegeven van de toegepaste methodiek, wordt een samenvatting gegeven van de resultaten en wordt aandacht besteed aan de plausibiliteit van de nutriëntenbalansen. De theoretische achtergrond-concentraties zijn afgeleid op basis van water- en stofbalansen. De waterbalans is opgesteld op dagbasis met meetgegevens (neerslag, verdamping en lozingen) en modelresultaten (kwel en afvoer naar de RWZI) als balansposten. Het inlaatvolume is als ontbrekende balanspost ingeschat door de gemeten en berekende gebiedsafvoer te vergelijken. De nutriëntenbalans is opgesteld met behulp van het modelinstrumentarium ECHO, waarin beschikbare metingen, data en kennis zijn gecombineerd met regionale informatie (landgebruik, bodemtype, Gt-klasse). De herkomst van de nutriënten in het oppervlaktewater is in beeld gebracht en opgesplitst naar antropogeen (rioolwaterzuiverings-inrichtingen of RWZI's, bemesting, etc.) of natuurlijk (kwel, veenoxidatie, etc.).

Trefwoorden: Europese Kaderrichtlijn Water, KRW, nutriënten, achtergrondconcentratie, waterbalans, nutriëntenbalans, oppervlaktewaterkwaliteit, bronnen, landbouw, maatregelen, fosfor, stikstof, achtergrondbelasting, stoffenbalans, retentie, Hollands Noorderkwartier, modelberekeningen, ECHO

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten' in de grijze balk onderaan). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2015 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- 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.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2475 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: HHNK

Inhoud

	Woord vooraf		**5**
	Samenvatting		**7**
1	**Inleiding**		**14**
	1.1	Achtergrond	14
	1.2	Projectdoelstelling	15
	1.3	Leeswijzer	15
2	**Beschrijving van het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier**		**16**
	2.1	Watersysteem	16
	2.2	Gebiedskenmerken	21
	2.3	Hoofdgebieden	27
3	**Methodiek**		**28**
	3.1	Inleiding en stappenplan	28
	3.2	Stap 1: Opstellen waterbalans	28
	3.3	Stap 2: Dataverzameling en data-analyse	38
	3.4	Stap 3: Opstellen nutriëntenbalans	39
	3.5	Stap 4: Plausibiliteit nutriëntenbalans	44
	3.6	Stap 5: Afleiden theoretische achtergrondconcentraties	47
4	**Resultaten waterbalans**		**50**
	4.1	Kalibratie	50
	4.2	Berekende waterbalansen	55
	4.3	Betrouwbaarheid	57
5	**Resultaten nutriëntenbalans**		**58**
	5.1	Gebiedsanalyse	58
	5.2	Dataverzameling en data-analyse nutriënten	61
	5.3	Berekende nutriëntenbalans	62
	5.4	Plausibiliteit stoffenbalans	64
6	**Afleiden theoretische achtergrondconcentraties**		**71**
	6.1	Herkomst bronnen	71
	6.2	Theoretische achtergrondconcentraties	75
7	**Discussiepunten**		**80**
	7.1	Waterbalans	80
	7.2	Stoffenbalans	80
	7.3	Theoretische achtergrondconcentraties	83
8	**Conclusies**		**85**
	8.1	Methodiek	85
	8.2	Waterbalans	85
	8.3	Nutriëntenbalans	86
	8.4	Herkomst bronnen	87

8.5 Natuurlijke achtergrondconcentraties 87
8.6 Beantwoording kennisvragen 88
8.7 Aanbevelingen 89

Literatuur **90**

Bijlage 1 Deelgebieden **92**

Bijlage 2 Neerslag / verdamping **94**

Bijlage 3 Retentie oppervlaktewater **95**

Bijlage 4 Waterbalans **98**

Bijlage 5 Betrouwbaarheid waterbalans **100**

Bijlage 6 Gebiedsanalyse **102**

Bijlage 7 Geselecteerde meetpunten **106**

Bijlage 8 Stoffenbalans **110**

Bijlage 9 Bijdrage bronnen uitgesplitst **118**

Bijlage 10 Natuurlijk/antropogene bijdrage bronnen **122**

Bijlage 11 Theoretische achtergrondconcentraties **124**

Bijlage 12 Gevoeligheidsanalyse overschatting nettobelasting **127**

Woord vooraf

De ecologische waterkwaliteitsdoelstellingen van de KRW kunnen deels worden gerealiseerd door hydromorfologische maatregelen. Om de gewenste ecologische waterkwaliteit te bereiken, moeten ook de nutriëntenvrachten naar het oppervlaktewater worden verlaagd. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier wil inzicht hebben in de bronnen en theoretische achtergrondconcentraties van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater in het beheergebied. Dit levert de noodzakelijke basisinformatie waarmee de KRW-doelstellingen kunnen worden afgeleid en is daarmee essentieel voor het vaststellen van keuzes voor maatregelen.

Alterra heeft gezamenlijk met het hoogheemraadschap een onderzoekstraject ontwikkeld waarmee met modelberekeningen, metingen in het oppervlaktewater (kwaliteit- en debietmetingen) en bestaande emissiedata een water- en nutriëntenbalans wordt opgesteld. Op basis van de bijdrage en herkomst van verschillende emissiebronnen zijn de theoretische achtergrondconcentraties afgeleid.

In dit onderzoek wordt de volgende definitie aangehouden voor de theoretische achtergrondconcentratie:

De theoretische achtergrondconcentratie is de theoretisch afgeleide stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater die verwacht kan worden indien er alleen sprake is van natuurlijke nutriëntenbronnen en de bijdrage van antropogene bronnen buiten beschouwing wordt gelaten.

Gestart is in 2009 met een pilotstudie voor de Wieringermeer (pilotfase). Op basis van de ervaringen uit de pilotfase is de methodiek vervolgens in 2010 en 2011 verder ontwikkeld en in 2012-2014 toegepast voor 42 deelgebieden (ruim 80% van het oppervlaktewater in het beheergebied). De uitkomsten zijn vastgelegd in 42 technisch-wetenschappelijke deelrapporten waarin voornamelijk de methodiek en de resultaten zijn beschreven. De discussiepunten over de methodiek en de plausibiliteit van de resultaten zijn hierin niet beschreven, maar komen in dit hoofdrapport aan bod.

In dit hoofdrapport worden de resultaten voor de 42 deelgebieden in samenhang beschreven en zal nader ingegaan worden op de plausibiliteit van de resultaten, discussiepunten en aanbevelingen.

De auteurs bedanken Gert van Ee, Marcel Boomgaard, Jeroen Hermans, Martin Meirink en Nanette Valster (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) voor het beschikbaar stellen van data en de constructieve bijdrage aan de discussie.

Voor meer informatie over het onderzoekstraject kunt u contact opnemen met:

Erwin van Boekel
Alterra Wageningen UR
0317 - 48 65 95
Erwin.vanboekel@wur.nl

Gert van Ee
Hoogheemraadschap HHNK
072 - 582 71 26
G.vanEe@hhnk.nl

Samenvatting

In de helft van de regionale wateren blijven nutriënten een beperkende factor om KRW-doelen te bereiken, dit geldt ook voor de wateren in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). De fosfor- en stikstofconcentraties in de wateren van HHNK zijn al decennia hoog en dalen niet veel meer. Kunnen de hoge nutriëntenconcentraties voor een groot deel verklaard worden door natuurlijke achtergrondbelasting? Een belangrijke vraag, omdat de KRW de mogelijkheid geeft om achtergrondbelasting van nutriënten in de doelen te verrekenen. Kennis over de herkomst van de nutriëntenbronnen is essentieel om KRW-doelen onderbouwd te kunnen bijstellen en om te kunnen bepalen welke maatregelen waar efficiënt zijn.

Alterra heeft samen met het hoogheemraadschap een onderzoekstraject ontwikkeld waarmee op een eenduidige en transparante wijze theoretische achtergrondconcentraties van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater zijn afgeleid. De resultaten hiervan zijn voor de afzonderlijke gebieden (42) opgenomen in aparte rapporten. Het onderliggende rapport geeft een overzicht en synthese voor alle beschouwde gebieden.

Natuurlijke en antropogene nutriëntenbronnen
De theoretische achtergrondconcentratie wordt gedefinieerd als 'de theoretisch afgeleide stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater die verwacht kan worden indien er alleen sprake is van natuurlijke nutriëntenbronnen en de bijdrage van antropogene bronnen buiten beschouwing wordt gelaten'. Het ontrafelen van de nutriëntenbronnen in antropogeen en natuurlijk begint derhalve bij het definiëren van wat onder natuurlijk of antropogeen wordt verstaan. Hiervoor zijn in Rijn-West de volgende uitgangspunten afgesproken:

- antropogeen: de bemesting die in het verleden vanaf grofweg 1940 heeft plaatsgevonden;
- natuurlijk: kwel en atmosferische depositie – ook al is de atmosferische depositie van stikstof door menselijke bronnen verhoogd en kan kwel door antropogene bronnen zijn verrijkt;
- natuurlijk: de (versnelde) mineralisatie door verbetering van de ontwatering, omdat de ontwatering voor het bewoonbaar maken van ons lage land ver teruggrijpt en gezien kan worden als een onomkeerbare ingreep.

Dit geeft de volgende verdeling in natuurlijke en antropogene bronnen.

Tabel S.1
Onderverdeling in antropogene en natuurlijke nutriëntenbronnen.

Categorie	Type bron	Bronnen/emissieroutes
Antropogeen	puntbron	RWZI's
	puntbron	industriële lozingen
	punt + diffuse bron	overige agrarische bronnen (1)
	punt + diffuse bron	overige bronnen (2)
	puntbron	inlaat
	diffuse bron	bemesting (actueel en historisch) (3)
Natuurlijk	diffuse bron	atmosferische depositie
	diffuse bron	kwel
	diffuse bron	uitspoeling van eerder geïnfiltreerd oppervlaktewater
	diffuse bron	natuurlijke nalevering (mineralisatie, uitloging) bodem
	diffuse bron	uit- en afspoeling vanuit natuurgebieden

1) meemesten sloten, glastuinbouw, erfafspoeling

2) huishoudelijke ongerioleerde lozingen, verkeer en vervoer, overstorten e.a.

3) direct naar open water en indirect via uit- en afspoeling

Methode voor het analyseren van de nutriëntenbronnen
Voor het afleiden van de theoretische achtergrondbelasting is de methode ECHO toegepast. De methode 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. ECHO biedt transparant inzicht in de stoffenbalans, de betrouwbaarheid van de berekende uit- en afspoeling en ontrafelt de herkomst en stuurbaarheid van de nutriëntenbronnen. Ook wordt de landelijke geschematiseerde rekenplots van STONE verbetert met regionale informatie, berekent ECHO de achtergrondbelasting en kan ECHO ook ingezet worden om effecten van maatregelen te kwantificeren.

ECHO levert voor waterlichamen of afvoergebieden een water- en stoffenbalans met inzicht in de:
- in- en uitgaande nutriëntenvrachten op basis van metingen (debieten en concentraties);
- uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurbodems (regionale optimalisatie STONE-plots);
- bronnen achter de uit- en afspoeling (aandeel bemesting, kwel, depositie);
- overige punt- en diffuse bronnen uit de Emissieregistratie, aangescherpt met regionale gegevens;
- retentie van nutriënten in het oppervlaktewater;
- mismatch tussen berekende en uit metingen afgeleide N- en P-vrachten;
- onzekerheden in de uit metingen afgeleide vrachten en in de berekende vrachten.

De ECHO-methodiek is toegepast op 42 deelgebieden in het beheergebied van HHNK; voor al deze gebieden zijn aparte rapportages opgesteld. De 42 deelgebieden zijn onderverdeeld in 5 hoofdgebieden: droogmakerijen (10), jonge klei (19), jonge klei met duinzand (3), laagveengebieden (8) en keileemgebieden (2).

Waterbalans
HHNK heeft waterbalansen opgesteld van alle polders die binnen de 42 deelgebieden vallen. De balansen zijn opgebouwd in een rekensheet waarmee voor verschillende typen grondgebruik op dagbasis wordt berekend welke afvoer of eventueel inlaat te verwachten is. De balans maakt onderscheid tussen water, verhard gebied, vrij afwaterend, verharding die afwatert op bemalen riolering en onverhard gebied met verschillende gewastypes (grasland, landbouwgewassen en bos).

Voor de vijf hoofdgebieden ligt de gemiddelde bijdrage van neerslag aan de totale inkomende post voor de deelgebieden tussen de 70% en 85%. Het overige deel is voornamelijk inlaatwater, variërend van 12% voor droogmakerijen tot 31% voor de keileemgebieden. De bijdrage van kwel is met name voor de droogmakerijen van belang (12%).

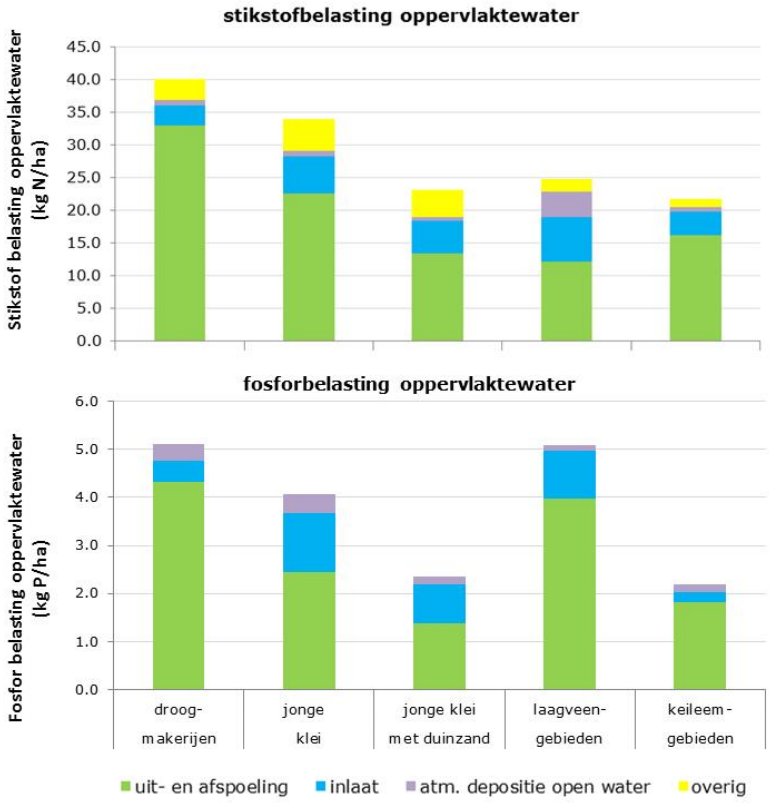
Overall gezien is de bijdrage van de RWZI's aan de waterbalans beperkt, omdat in de meeste deelgebieden geen RWZI's aanwezig zijn. Ook voor gebieden met een RWZI is de bijdrage gering (< 5%), met uitzondering van deelgebied Vier Noorderkoggen Laag (24%). De invloed van de lozing op dit gebied is echter beperkt, omdat de lozing van de RWZI heel dicht bij het uitslagpunt (gemaal) ligt waardoor het effluent slechts in beperkte mate het gebied in kan stromen.

Het grootste gedeelte van de waterafvoer vindt plaats via de gemalen, variërend van gemiddeld 43% voor hoofdgebied jonge klei met duinzand tot gemiddeld 58% voor hoofdgebied Droogmakerijen, gevolgd door de verdamping (41% tot 48%). De wegzijging en de afvoer via de riolering vormt gemiddeld een kleine post in de balans, maar in sommige polders is deze post wel significant. Met name de wegzijging speelt voor de deelgebieden binnen het hoofdtype Jonge klei met duinzand (7-14%) en de laagveengebieden (0-12%) een rol.

De beoordeling van de waterbalans is door de hydrologen van het hoogheemraadschap uitgevoerd op het niveau van de 56 afwateringseenheden waar de 42 deelgebieden van zijn afgeleid. De meeste waterbalansgebieden zijn hierbij door het hoogheemraadschap als *goed* (40%) of *voldoende* (41%) beoordeeld; voor 20% is de betrouwbaarheid als matig beoordeeld en voor 1 waterbalansgebied als *onvoldoende.*

Herkomst nutriëntenbelasting

Het resultaat van de met ECHO uitgevoerde analyse van de herkomst van de stikstof- en fosforbelasting is weergegeven in de Figuren S.1 en S.2.

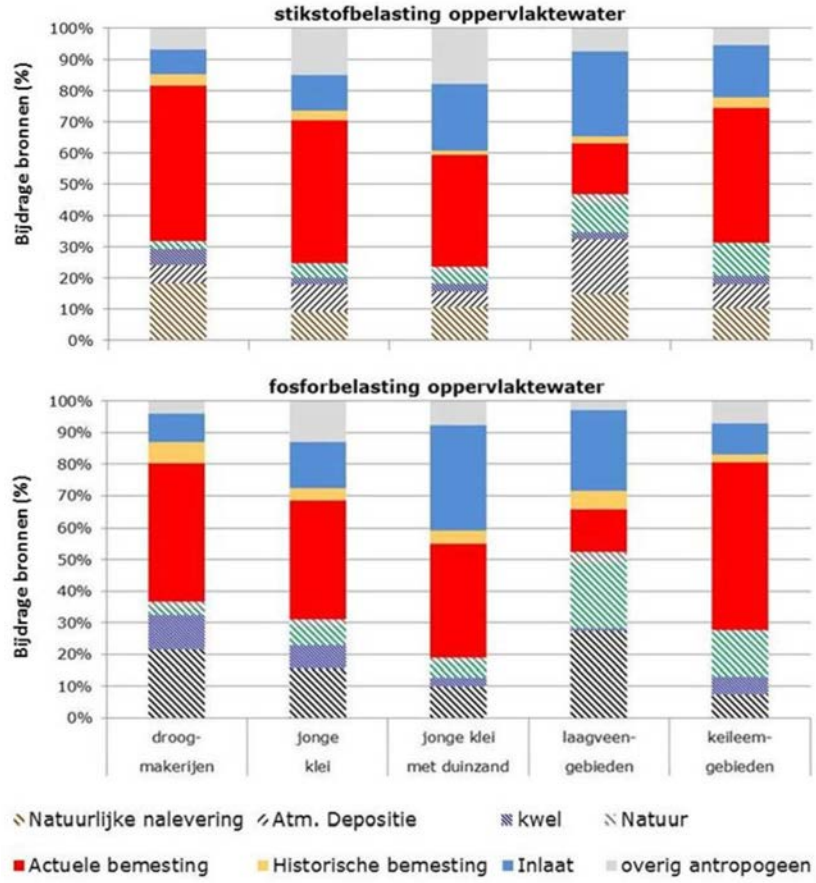


Figuur S.1 *Bijdrage van verschillende bronnen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de verschillende bronnen voor de periode 2000-2009 voor de verschillende type hoofdgebieden.*

De berekende stikstofbelasting is relatief groot in droogmakerijen (gemiddelde 40 kg/ha), in de keileemgebieden wordt gemiddeld de laagste stikstofbelasting berekend (22 kg/ha). De gemiddelde fosforvracht naar het oppervlaktewater is het hoogst voor de droogmakerijen en laagveengebieden (beide 5,1 kg/ha P). De gemiddelde fosforbelasting voor jonge klei met duinzand 2,4 kg/ha P en keileemgebieden (2,2 kg/ha P) is meer dan een factor 2 lager.

Uit de analyse komt duidelijk naar voren dat de (diffuse) uit- en afspoeling gemiddeld het meest bijdraagt aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Daarnaast is de bijdrage van inlaatwater van belang en voor laagveengebieden ook de atmosferische depositie op open water. De bijdrage van andere bronnen is in de meeste gebieden gering, vooral doordat de meeste RWZI's niet op de regionale wateren lozen.

Een verdere uitsplitsing van de bronnen (Figuur S.2) laat zien dat de actuele bemesting het meest bijdraagt aan de totale belasting, behalve in de laagveengebieden. Als de laagveengebieden niet worden meegerekend, is het aandeel van de actuele bemesting bijna de helft (46% voor stikstof, 42% voor fosfor). In de laagveengebieden is het aandeel van de bemesting niet groot en leveren vooral atmosferische depositie natuurlijke nalevering uit de bodem en inlaatwater een belangrijke bijdrage.



Figuur S.2 *Bijdrage van verschillende bronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009, onderverdeeld op basis van de herkomst voor de vijf type hoofdgebieden. De natuurlijke bronnen zijn gearceerd weergegeven.*

Betrouwbaarheid analyse

De berekende nettobelasting (brutobelasting minus de retentie) is vergeleken met de uit metingen (gemalen en nabijgelegen waterkwaliteit metingen) afgeleide uitgaande vrachten. In theorie is de nettobelasting gelijk aan de uitgaande vracht. De vergelijking levert voor de 42 gebieden een duidelijk beeld op voor stikstof, namelijk een lineaire regressiecoëfficiënt van 0,8 tussen de nettobelasting en uit metingen afgeleide uitgaande vracht. Voor fosfor wordt een regressiecoëfficiënt berekend van 0,4.

Zowel voor stikstof als voor fosfor blijkt dat de berekende nutriëntenvracht structureel (in 37 van de 42 deelgebieden) lager ligt dan de uit metingen afgeleide nutriëntenvracht. De structurele onderschatting kan voor een deel verklaard worden door:

- Mogelijke overschatting van het berekende debiet met ca. 20%;
- Mogelijke overschatting uit metingen afgeleide nutriëntenvracht door wijze waarop de meetreeksen zijn opgevuld (voor veel gebieden zijn maar enkele jaren met adequate waterkwaliteitsgegevens beschikbaar);
- Onderschatting van de fosforvracht naar het oppervlaktewater doordat de beschikbare rekenplots van STONE voor kalkrijke zandgronden een te hoge bindingscapaciteit hebben;
- Onderschatting van de stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater doordat de beschikbare rekenplots van STONE voor de bollenteelt in West-Nederland een te lage uit- en afspoeling geven; dit hangt ook samen met het vorige punt (te hoge bindingscapaciteit zandgronden waarop de bollen en West-Nederland op worden geteeld);
- Overschatting van de stikstofretentie.

Natuurlijke achtergrondbelasting

Voor ieder deelgebied is uit de metingen een gemiddelde concentratie bekend. Met het berekende aandeel uit natuurlijke bronnen is hieruit een achtergrondconcentratie berekend. De relatieve bijdrage van natuurlijke bronnen en de daarvan afgeleide theoretische achtergrondconcentraties voor de 42 deelgebieden zijn in Tabel S.2 weergegeven.

Tabel S.2

Totaal overzicht van de 42 deelgebieden met de relatieve bijdrage van natuurlijke bronnen en de daarvan afgeleide theoretische achtergrondconcentraties.

Hoofdgebied	Naam deelgebied	Bijdrage natuurlijke bronnen (%)		Achtergrondconcentraties (mg/l)	
		stikstof	fosfor	stikstof	fosfor
Droogmakerijen	Beemster	32	45	1,46	0,27
	Schermer-Noord	29	30	1,40	0,31
	Schermer-Zuid	40	49	1,41	0,39
	Purmer	40	48	1,20	0,28
	Wijde Wormer	34	36	1,63	0,27
	Polder Heerhugowaard	21	28	0,53	0,16
	Wieringermeer-Oost	27	28	1,39	0,16
	Wieringermeer-West	28	25	1,17	0,15
	Polder Ursem	30	34	0,95	0,19
	Polder Westerkogge	40	43	1,55	0,39
Jonge klei	Hargerpolder	40	60	1,32	0,69
	Waal en Burg en het Noorden	24	25	1,01	0,19
	Polder Eijerland	21	17	0,89	0,25
	Polder Drieban	26	40	0,96	0,47
	Vier Noorderkoggen Hoog	24	54	0,74	0,32
	Oosterpolder	13	15	0,28	0,07
	Polder Geestmerambacht	20	17	0,62	0,18
	Polder Grootslag	26	37	0,82	0,23
	Oosterdel	30	13	0,51	0,06
	Vier Noorderkoggen Laag	24	30	1,13	0,18
	Anna Paulownapolder hoog	11	1	0,44	0,04
	Anna Paulownapolder laag	27	11	1,36	0,15
	Wieringerwaard	29	23	1,50	0,16
	Polders Schagerkogge	13	16	0,40	0,15
	Bergermeer	24	19	0,88	0,26
	Egmondermeer	19	10	0,82	0,15
	Sammerspolder	17	6	0,87	0,13
	Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	27	25	1,15	0,25
	Verenigde polders	19	25	0,66	0,14
Jonge klei met duinzand	Castricummerpolder	21	19	0,55	0,23
	Groot Limmerpolder	25	23	0,63	0,14
	Oosterzijpolder	25	14	0,65	0,10
Laagveen gebieden	Wormer- en Jisperveld	58	66	2,54	0,25
	Polder Zeevang	53	65	3,08	0,83
	Waterland	54	69	2,17	0,45
	Het Twiske	59	20	0,84	0,05
	Eilandspolder	46	60	2,06	0,57
	Krommenieër Woudpolder	33	39	1,51	0,22
	Polder Assendelft	38	46	2,05	0,32
	Polder Westzaan	34	53	1,12	0,25
Keileemgebieden	Gemeenschappelijke polders	31	27	1,29	0,08
	Wieringen	32	28	1,31	0,09

De stikstofconcentraties liggen in de 42 gebieden gemiddeld op een niveau van 3,8 mg/l N. Dat is, gelet op de landelijk vaak gehanteerde norm van 2,2 mg/l N, hoog. Met het berekende onderscheid in natuurlijke en antropogene stikstofbelasting zijn in deze studie achtergrondconcentraties afgeleid van gemiddeld 1,2 mg/l N. De verschillen tussen de 42 gebieden zijn relatief groot, want de theoretisch berekende achtergrondconcentratie variëren van minimaal 0,3 tot maximaal 3.1 mg/l N. In de gebieden met jonge klei alsmede jonge klei met duinzand worden de laagste achtergrondconcentraties berekend (gemiddelde 0,9 en 0,6 mg/l N), in de laagveengebieden het hoogst (gemiddeld 1,9 mg/l N).

De fosforconcentraties liggen in de 42 deelgebieden gemiddeld op een niveau van 0,9 mg/l P. Dit is, gelet op de landelijk vaak gehanteerde norm van 0,15 mg/l P, zeer hoog. Met het berekende onderscheid in de natuurlijke en antropogene fosforbelasting zijn in deze studie achtergrondconcentraties afgeleid van gemiddeld 0,24 mg/l P. In de (twee) gebieden met keileem en de gebieden met jonge klei met duinzand worden de laagste achtergrondconcentraties berekend (respectievelijk 0,08 en 0,16 mg/l P), in de laagveengebieden de hoogste (0,37 mg/l P).

Zoals aangegeven, is voor de meeste gebieden de nettobelasting lager berekend dan de uit metingen afgeleide uitgaande vracht. Om na te gaan in hoeverre deze onderschatting doorwerkt op de berekende achtergrondconcentraties, is voor drie verschillende type deelgebieden een pragmatische gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Hierbij zijn de gegevens over de debieten die per deelgebied worden uitgemalen naar beneden toe bijgesteld met 20% (het inlaatdebiet wordt hierdoor ook bijgesteld) en is de diffuse uit- en afspoeling zodanig verhoogd dat de nettobelasting exact overeenkomt met de bijgestelde uitgaande vrachten. Het effect op de berekende achtergrondconcentraties blijkt voor de meeste gebieden vrij beperkt.

Conclusies en aanbevelingen

De resultaten van dit onderzoek geven inzicht in theoretische achtergrondconcentraties van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater en kunnen als handvat dienen bij het stellen van realistische KRW-doelen ten aanzien van de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. Met name voor fosfor blijkt dat de theoretische achtergrondconcentraties duidelijk hoger liggen dan de landelijke norm van 0.15 mg/l P die vaak wordt gehanteerd. Wanneer voor waterlichamen realistische doelen worden vastgesteld die rekening houden met de hier berekende theoretische achtergrondconcentraties, kan efficiënt ingezet worden op gebieden waar dan nog een behoorlijke KRW-opgave resteert.

Naast inzicht in de theoretische achtergrondconcentraties geven de resultaten ook inzicht in de herkomst van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater en daarmee inzicht in optionele maatregelen om de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater te verlagen. Actuele bemesting, inlaat en nalevering vanuit de landbouwbodems leveren in de meeste deelgebieden een hoge bijdrage. Het modelinstrumentarium zoals nu gebiedsspecifiek is ontwikkeld voor HHNK, kan bij uitstek worden ingezet om effectiviteit van (bron)maatregelen te verkennen en kwantificeren.

De studie biedt ook goede aanknopingspunten om de hiaten en onzekerheden voor het monitoren en opstellen van water- en nutriëntenbalansen in de gebieden op te vullen. De belangrijkste aanbevelingen hierbij zijn:

- Verdere detaillering of nadere modelberekeningen leveren niet snel meer betrouwbare resultaten voor de water- en nutriëntenbalans op, als niet wordt ingezet op monitoring. Het gaat hierbij voornamelijk om het monitoren van de hoeveelheid water dat wordt ingelaten en nabij de gemalen wordt uitgeslagen, evenals bijhorende nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. Voor veel deelgebieden is de hoeveelheid inlaatwater nu onbekend, de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater zijn vaak voor maar enkele jaren beschikbaar. Ook is het belangrijk om debieten die afgeleid worden van gemaalcijfers te valideren. (Dit bijvoorbeeld met de inzet van een debietmeetboot of aan de hand van een akoestische debiet-meetmethode (Doppler-methode.)
- Voor een aantal belangrijke specifieke situaties zijn geen representatieve STONE-plots beschikbaar. Dit geldt met name voor bloembollenpercelen en kalkrijke zandgronden. Als hiervoor betrouwbare rekenplots worden opgezet, zal de betrouwbaarheid van de met ECHO berekende nutriëntenbalansen en aansluitende bronnenanalyse waarschijnlijk significant toenemen.

- De retentie in het oppervlaktewater is een belangrijke post, maar de onzekerheid omtrent de retentie blijft groot. Meer munitie verzamelen om beter inzicht te krijgen in de retentie van nutriënten blijft dan ook een aandachtspunten, evenals de invloed van het beheer van watergangen. Aanbevolen wordt om aan te sluiten bij PC-Ditch-pilots, die o.a. in het kader van promotieonderzoek in Wageningen worden uitgevoerd.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Kaderrichtlijn Water (2000/60/EC; KRW) heeft als belangrijkste doel de kwaliteit van watersystemen te beschermen en – waar nodig – te verbeteren. De ecologische doelstellingen worden door de waterbeheerders zelf afgeleid. Het is van belang dat de bijbehorende nutriëntennormen goed onderbouwd zijn. Daartoe worden door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) verschillende onderzoeken uitgevoerd. Het afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties en het herleiden naar de bron voor stikstof en fosfor van het oppervlaktewater in het beheergebied van HHNK past hierbinnen. Dit levert de noodzakelijke basisinformatie waarmee de KRW-doelstellingen kunnen worden afgeleid en keuzes voor maatregelen beter kunnen worden onderbouwd.

De stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater in het beheergebied van HHNK zijn te hoog om aan de huidige landelijke doelstellingen van de KRW te kunnen voldoen. Als gevolg daarvan zijn grote inspanningen voorzien voor het terugdringen van de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor. Voor een goede onderbouwing van de gewenste nutriëntendoelen (Goede Ecologische Potentieel, GEP-waarden) enerzijds en het juist schatten van de effectiviteit van maatregelen anderzijds, is het van belang om inzicht te krijgen in de bijdragen van verschillende emissiebronnen aan de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater.

Alterra Wageningen UR heeft gezamenlijk met het hoogheemraadschap een onderzoekstraject ontwikkeld waarmee het mogelijk is om op basis van water- en nutriëntenbalansen de theoretische achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor in het oppervlaktewater af te leiden. Het onderzoekstraject is onderverdeeld in verschillende fases (Tabel 1.1).

Tabel 1.1
Overzicht van de fases in het onderzoekstraject.

Fase	Omschrijving
Pilotfase	Ontwikkeling methodiek voor het afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties voor de Wieringermeer
Fase 1	Verdere ontwikkeling methodiek Afleiden theoretische achtergrondconcentraties voor 16 deelgebieden
Fase 2	Afleiden theoretische achtergrondconcentraties voor 26 deelgebieden
Fase 3	Ontwikkeling methodiek voor afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties voor de overige gebieden (boezemsystemen, vrij afwaterende duingebieden)

In de pilotfase is een methodiek ontwikkeld waarmee met modelberekeningen, metingen in het oppervlaktewater (kwaliteit- en debietmetingen) en bestaande emissiedata een water- en nutriëntenbalans kan worden opgesteld. Vervolgens is op basis van de bijdrage van verschillende emissiebronnen de theoretische achtergrondconcentratie afgeleid. De resultaten van deze pilot zijn beschreven in Alterra-rapport 2199, getiteld: *Achtergrondbelasting van waterlichamen met stikstof en fosfor in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, deel 1. Wieringermeer* (Van Boekel en Massop, 2011).

De methodiek voor de bepaling welke nutriëntenbronnen antropogeen dan wel natuurlijk zijn, is verder aangescherpt in 2012 (Schipper *et al.*, 2012). Voor het bepalen van de herkomst van de stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater via de uit- en afspoeling is de methode toegepast die is ontwikkeld in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2012 (Groenendijk *et al.*, 2012).

Met deze nieuwe methode is het mogelijk om de bijdrage van de historische mestgift, de actuele mestgift, natuurlijke kwel en de natuurlijke levering door de bodem aan de uit- en afspoeling afzonderlijk af te leiden, waardoor een beter onderscheid gemaakt kan worden in de bijdrage van natuurlijke en antropogene bronnen aan de belasting van het oppervlaktewater. Omdat gebruikgemaakt wordt van de berekeningen in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2012, is tevens gebruikgemaakt van de recentste kennis met betrekking tot de uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurgronden.

Op basis van een aantal uitgangspunten (fasering, gebiedsindeling, methodische keuzes) is de methodiek uit de pilotfase verder aangescherpt en toegepast voor 16 deelgebieden in fase 1 en 26 deelgebieden in fase 2. De uitkomsten van de afzonderlijke deelgebieden zijn vastgelegd in 42 deelrapporten, waarin de nadruk ligt op de methodiek en de resultaten. Voor elk gebied is een gedetailleerde water- en stoffenbalans opgesteld; op basis van de bijdrage van de verschillende bronnen en de herkomst (antropogeen of natuurlijk) zijn theoretische achtergrondconcentraties van stikstof en fosfor afgeleid (Alterra-rapport 2471.1 t/m 2471.42).

Het afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties voor het boezemsysteem (fase 3) is niet binnen deze studie uitgevoerd. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier heeft een memo opgesteld waarin de aanpak, die in fase 3 is opgesteld, is gevolgd om te komen tot seizoensgemiddelde achtergrondconcentraties in de boezem (J.M. Hermans, 2014).

1.2 Projectdoelstelling

De kennisvragen waar in het hoofdrapport een antwoord op wordt gegeven, zijn:

- Welke bronnen van nutriënten in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier dragen significant bij aan de belasting van het oppervlaktewater?
- Welk deel van deze bronnen kan worden toegeschreven aan antropogene bronnen en welk deel kan worden toegeschreven aan de gebiedseigen achtergrondbelasting?
- Wat is, gegeven het aandeel van de natuurlijke bronnen en de gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009, de theoretische achtergrondconcentratie van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater van het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier?

1.3 Leeswijzer

Een beschrijving van het totale studiegebied en een beschrijving van de methodiek die is toegepast voor het afleiden van theoretische achtergrondconcentraties van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater, komen in hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3 aan de orde. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten weergegeven van de waterbalansen, waarna in hoofdstuk 5 de resultaten van de stikstof- en fosforbalansen worden gepresenteerd. De theoretische achtergrondconcentraties komen vervolgens in hoofdstuk 6 aan de orde. Hoofdstuk 7 geeft een overzicht van de belangrijkste discussiepunten en tot slot worden in hoofdstuk 8 de belangrijkste conclusies en aanbevelingen gegeven.

2 Beschrijving van het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier ligt ten noorden van het Noordzeekanaal in het lage deel van Nederland dat wordt gekenmerkt door de vele polders en droogmakerijen. De polders liggen als gevolg van veenafgravingen, maaivelddaling en zeespiegelrijzing beneden zeeniveau, het waterpeil wordt door bemaling gereguleerd. Het waterbeheer is over het algemeen gericht op het handhaven van een streefpeil. Het overtollige water wordt via de gemalen uitgeslagen (meestal in de winter), water wordt ingelaten vanuit een boezemsysteem (vaak in de zomer). Inlaat vindt plaats voor peilhandhaving en kwaliteitsverbetering (bestrijding algenbloei en verzilting). In Noord-Holland liggen veel 'oude' polders relatief hoog, dit zijn grotendeels veenweidegebieden. Daaromheen liggen de diepere droogmakerijen, ontstaan door droogmaking van meren (welke zijn ontstaan door veenontginning voor de turfwinning en door afslag). De diepe droogmakerijen zijn vaak kwelgebieden, in de veenweidegebieden vindt veelal wegzijging plaats.

2.1 Watersysteem

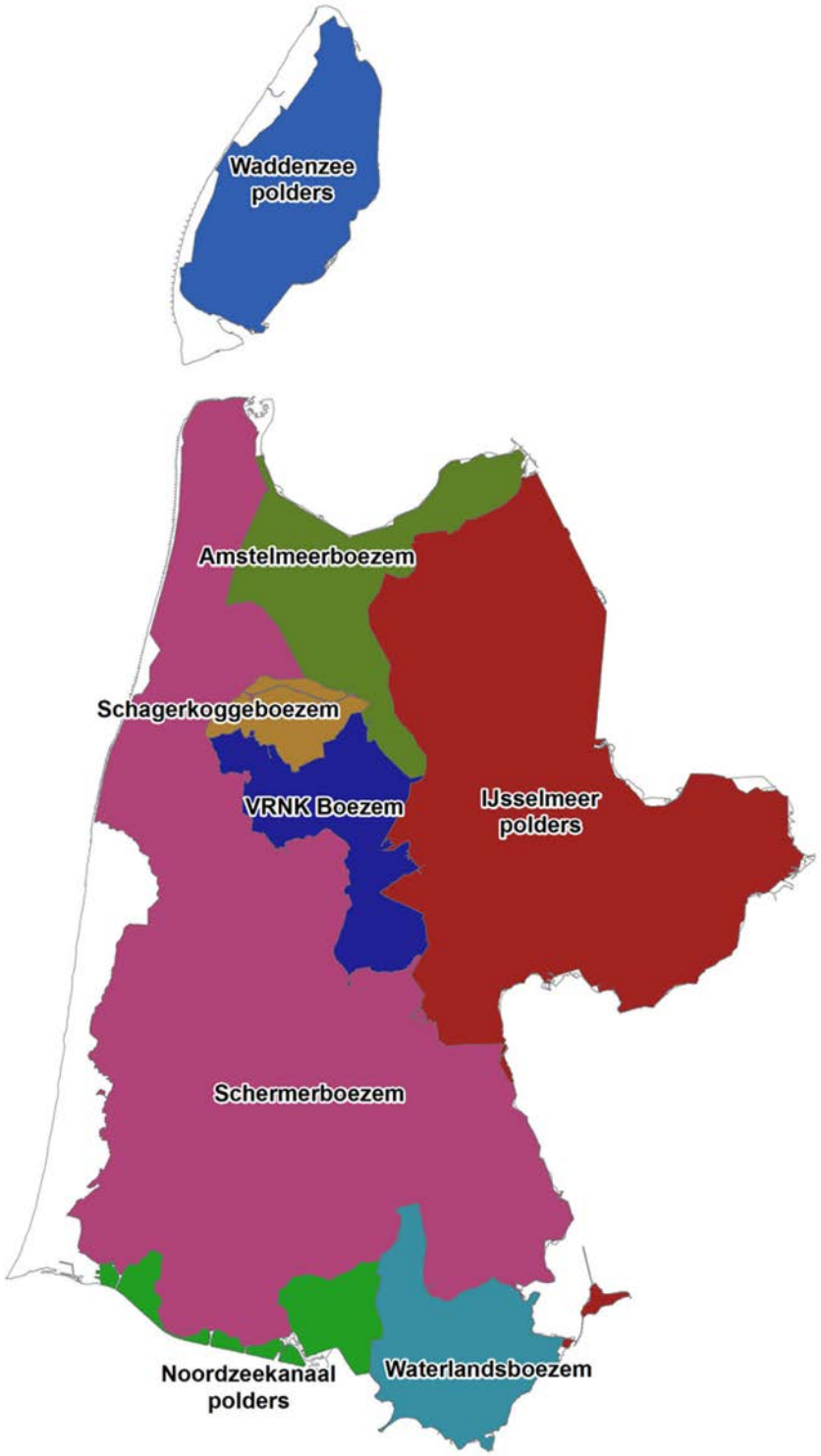
Een beperkt deel van Noord-Holland, ten noorden van het Noordzeekanaal, bestaat uit vrij afwaterende gebieden. Dit betreft de duinstrook tussen Wijk aan Zee en Camperduin, vervolgens een smalle strook van Petten tot Huisduinen en de duinstrook op Texel. Deze duinstroken wateren gedeeltelijk af richting de Noordzee en gedeeltelijk landinwaarts richting de achterliggende polders. De rest van het beheergebied bestaat uit boezemgebieden en polders die direct uitslaan op buitenwater en betreft de polders in West-Friesland en de Wieringermeer (Figuur 2.1), maar ook het Waterlandse en enkele polders langs het Noordzeekanaal. Noord-Holland kent meer boezemgebieden, nl:

- Schermerboezem
- Verenigde Raaksmaat- en Niedorperkoggeboezem (VRNK-boezem)
- Amstelmeerboezem
- Waterlandse boezem
- Schagerkoggeboezem

Inliggende polders van boezemgebieden lozen hun overtollige water, veelal via gemalen, op de boezem in tijden van wateroverschot en laten water in tijdens droogte. Ook kan water worden ingelaten om de waterkwaliteit (zout of lozingen) te verbeteren via doorspoeling. De uitgeslagen hoeveelheden kunnen op basis van registratie of door reconstructie via draaiuren van gemalen worden geschat en zijn gebruikt bij het opstellen van waterbalansen van de polders. Inlaat in polders wordt niet of nauwelijks gemeten, veelal is er een groot aantal inlaatpunten per polder (voor de Beemster zijn er bijvoorbeeld 22 inlaatpunten). De hoeveelheid ingelaten water wordt bij het opstellen van de waterbalans als sluitpost van de balans geschat, waarbij ervan uit wordt uitgegaan – tenzij de praktijk duidelijk anders is – dat alleen in de periode 1 april t/m 30 september wordt ingelaten.

Schermerboezem
Het grootste boezemgebied van Noord-Holland is de Schermerboezem. Deze boezem heeft een streefpeil van -0,50 m t.o.v. NAP, het wateroppervlak van de boezem bedraagt bijna 2.000 ha en het stroomgebied van de Schermerboezem is 83.000 ha. Vanuit het Markermeer wordt water ingelaten op de boezem. De belangrijkste inlaatpunten zijn Schardam, Lutje Schardam (Hornsluis), Edam en Monnickendam. Het Noord-Hollands kanaal is een belangrijk onderdeel van de Schermerboezem, het inlaatwater dat uit oostelijke richting wordt aangevoerd, en verdeelt zich in een noordelijke en zuidelijke stroom.

Het overtollige water van de polders in de Schermerboezem wordt via twee gemalen afgevoerd: het Zaangemaal loost op het Noordzeekanaal en gemaal Helsdeur bij Den Helder loost op de Waddenzee (Figuur 2.2).



Figuur 2.1 *Indeling in boezemgebieden.*

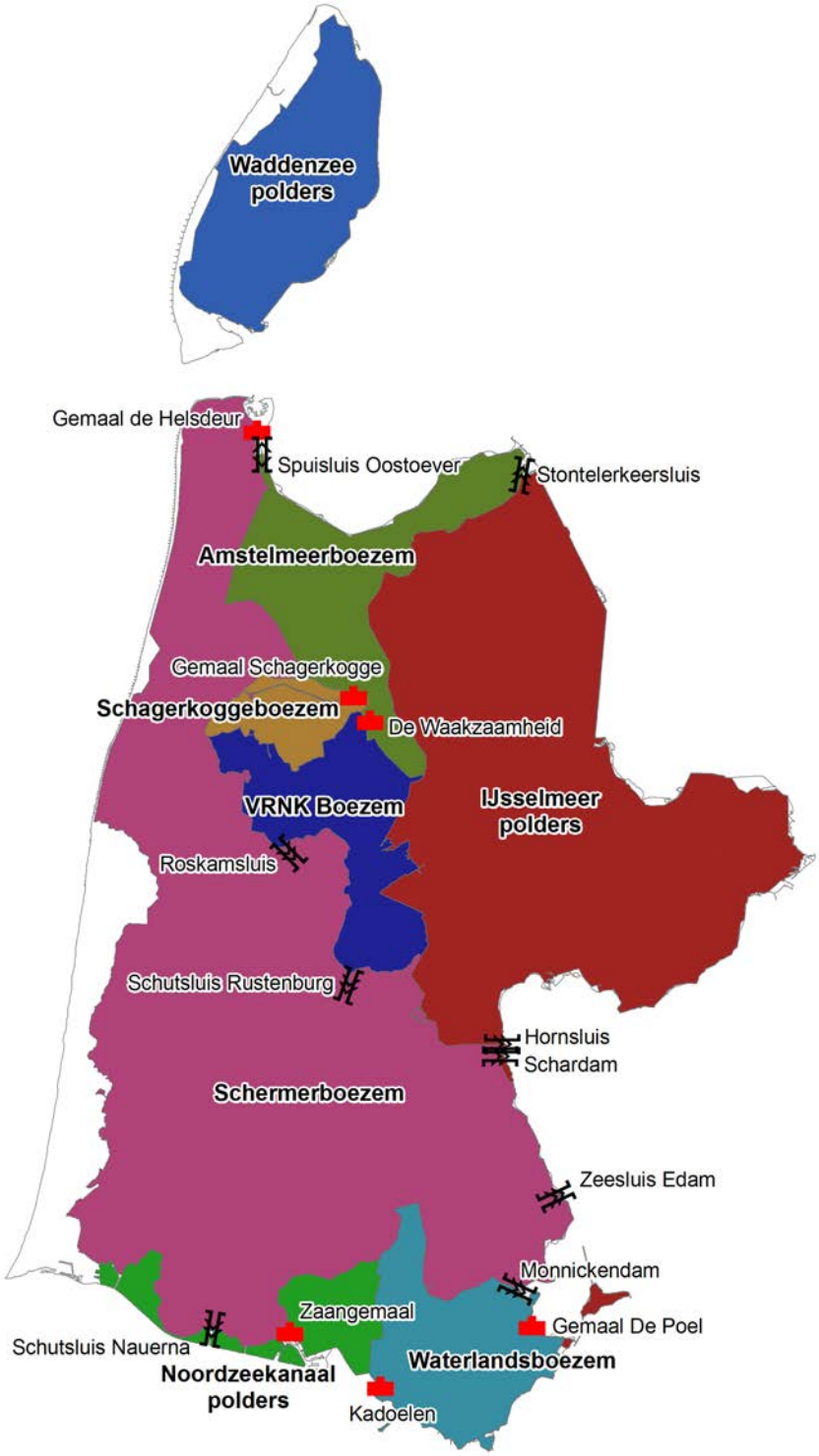
VRNK-boezem

De VRNK-boezem is de kleinste boezem met een streefpeil van -0,60 m t.o.v. NAP, het oppervlak van de boezem bedraagt ruim 160 ha en het afwaterend oppervlak beslaat bijna 10.000 ha. De VRNK-boezem laat via de Roskamsluis en Rustenburg water in en slaat via gemaal De Waakzaamheid water uit op de Amstelmeerboezem.

Amstelmeerboezem
De Amstelmeerboezem heeft een zomerpeil van -0,40 m t.o.v. NAP en een winterpeil van -0,50 m t.o.v. NAP, het oppervlak van de boezem bedraagt ruim 900 ha en het afwaterend oppervlak beslaat ruim 22.000 ha (inclusief VRNK-boezem). Via de Stontelerkeersluis kan water vanuit het IJsselmeer worden ingelaten op de Amstelmeerboezem en ontvangt de Amstelmeerboezem water vanuit de VRNK-boezem. De Amstelmeerboezem voert overtollig water af naar de Waddenzee via de uitwateringssluis Oostoever.

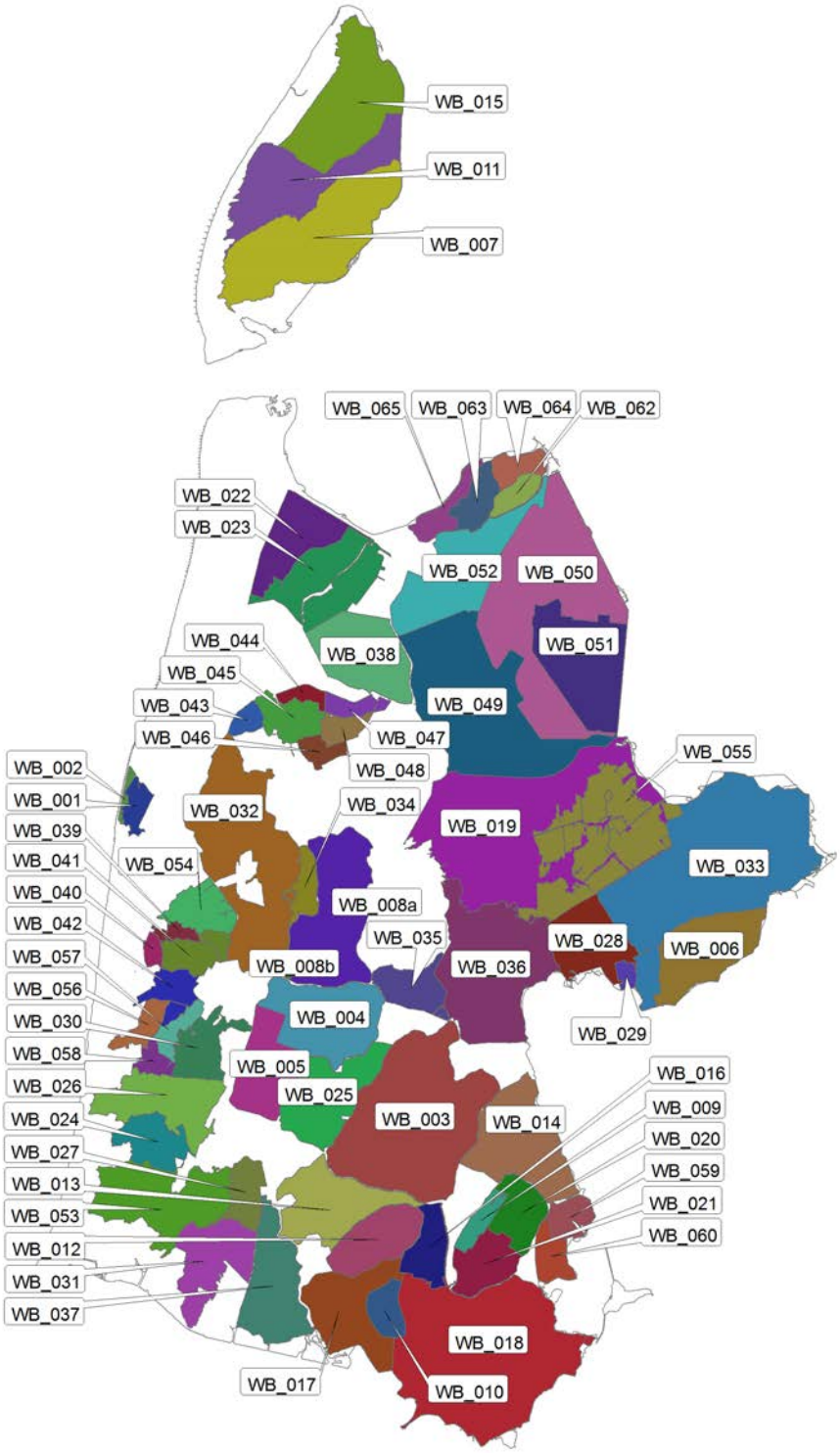
IJsselmeerpolders en Waterlandse boezem
De Wieringermeer loost via gemaal Leemans voor het grootste deel op Waddenzee. Via gemaal Lely komt een beperkt deel op het IJsselmeer. De Waterlandse boezem heeft ook twee gemalen: gemaal Kadoelen loost ongeveer de helft van de afvoer op het Noordzeekanaal, gemaal De poel loost op het Markermeer.

Schagerkoggeboezem
Alle polders van deelgebied Schagerkogge voeren hun water af op de Schagerkoggeboezem. De Schagerkoggeboezem heeft een streefpeil van -0,85 m t.o.v. NAP, het oppervlak van de boezem is 20 ha en het afwaterend oppervlak beslaat bijna 3.200 ha. De Schagerkoggeboezem is een tussenboezem die via het gemaal Schagerkogge uitslaat op de Schermerboezem.



Figuur 2.2 *Belangrijke inlaat- en uitlaatpunten van de boezems in Noord-Holland.*

Voor verschillende polders zijn door het hoogheemraadschap waterbalansen opgesteld. In Figuur 2.3 zijn de waterbalansgebieden weergegeven waarvoor waterbalansen zijn aangeleverd door het waterschap.



Figuur 2.3 *Overzicht van de waterbalansgebieden die zijn meegenomen in dit onderzoek.*

De waterbalansgebieden zijn niet gebied-dekkend; o.a. de duinen, de polders van de VRNK-boezem, Amstelmeer en Alkmaardermeer, polders die uitslaan op het Noordzeekanaal, Marken en enkele andere polders ontbreken, dat geldt ook voor de boezemsystemen zelf. In Bijlage 1 is een vertaaltabel opgenomen voor de relatie tussen het nummer van de waterbalans en de naam van het deelgebied. Voor enkele gebieden is geen achtergrondconcentratie van het oppervlaktewater bepaald, omdat binnen deze polders geen KRW-waterlichamen zijn gelegen.

Ook zijn enkele polders samengenomen, omdat deze waterstaatkundig één geheel vormen, namelijk:

- Waterland+ (WB_016+WB_017+WB_018)
- Purmer+ (WB_009+WB_020+WB_021)
- Bergermeer+ (WB_039+WB_040+WB_041)
- Schagerkogge+ (WB_043+WB_044+WB_045+WB_046+WB_047+WB_048)
- Wieringermeer Oost+ (WB_050+WB_051)
- Wieringermeer West+ (WB_049+WB_052)
- Wieringen+ (WB_062+WB_063)

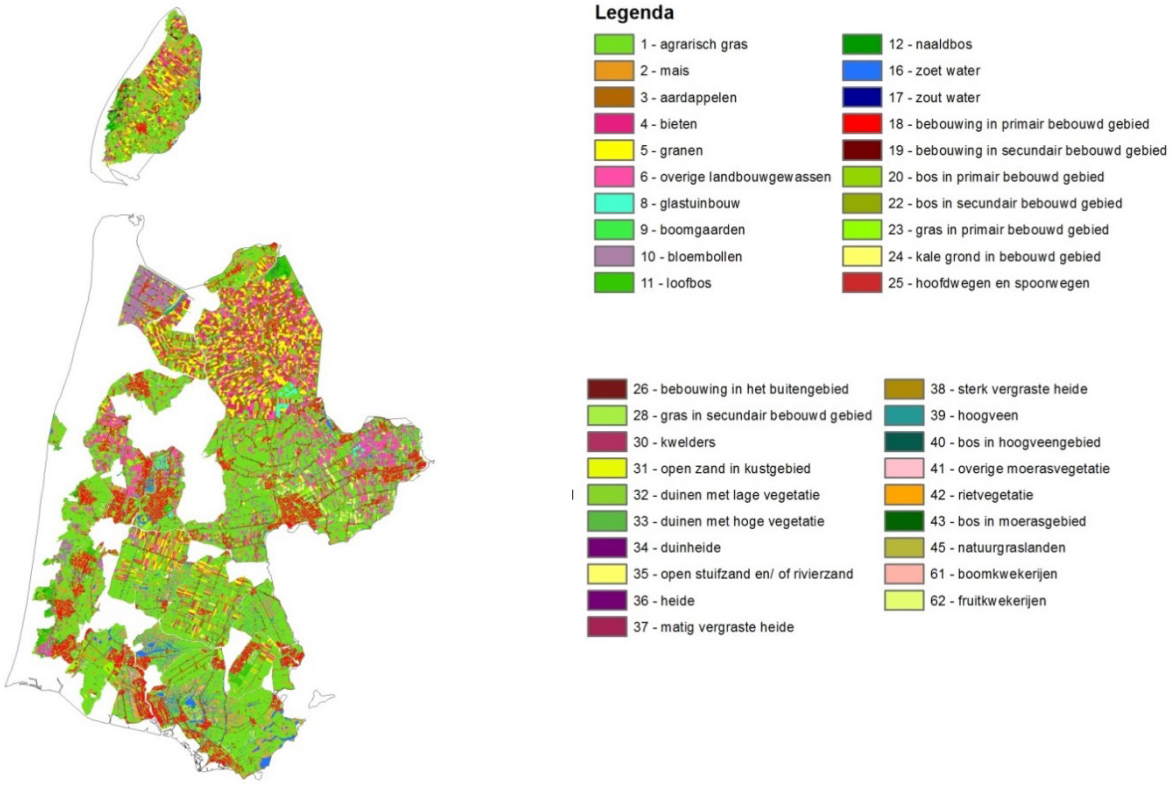
2.2 Gebiedskenmerken

Grondgebruik

Voor het afleiden van het grondgebruik in de 42 deelgebieden zijn twee informatiebestanden beschikbaar: het databestand van HHNK (bron: HHNK) en LGN6 (Hazeu *et al.*, 2010). Beide informatiebestanden zijn in deze studie gebruikt. Het databestand van HHNK is gebruikt bij het opstellen van de waterbalans en het afleiden van de retentie. Het landgebruik op basis van LGN6 is als referentie genomen bij het herschikken van de STONE-plots bij het berekenen van de diffuse uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurgebieden.

LGN6

Het grondgebruik voor het herschikken van de STONE-plots is ontleend aan LGN6. Het bestand geeft het Nederlandse landgebruik voor de jaren 2007/2008 weer. In het bestand worden 39 verschillende typen van landgebruik onderscheiden (Figuur 2.4).



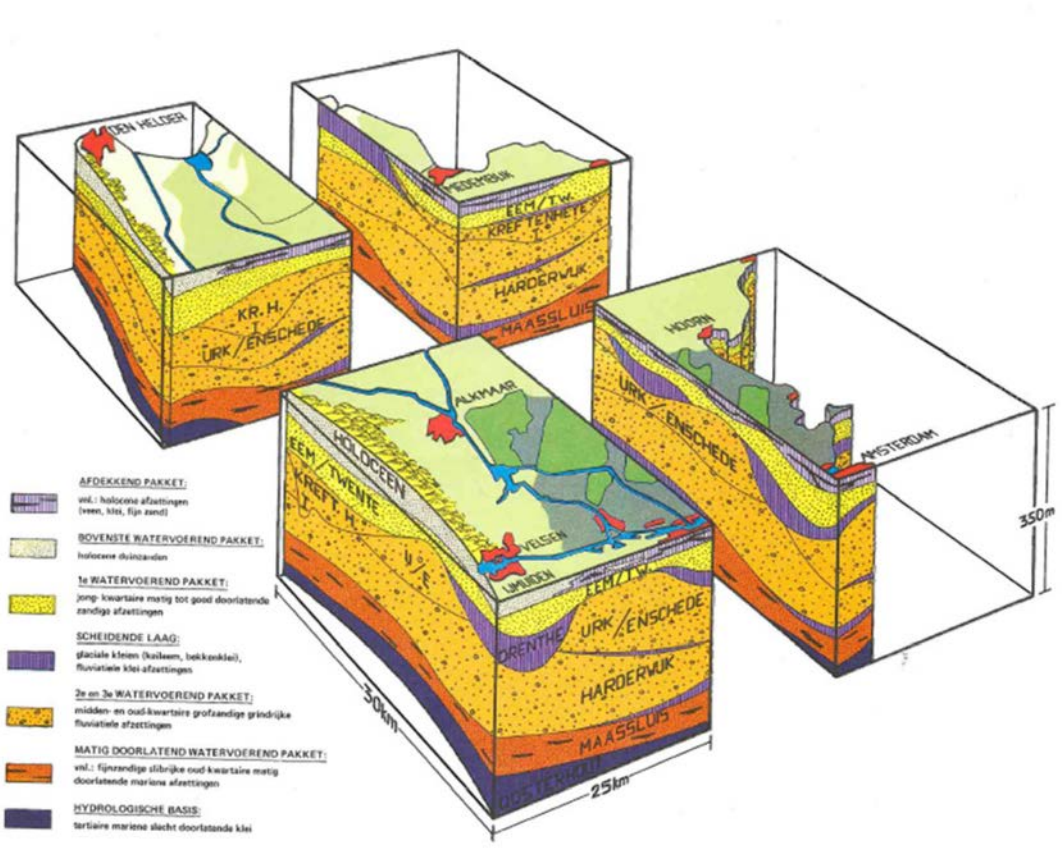
Figuur 2.4 *Landgebruik volgens LGN6 voor de 42 deelgebieden.*

Het gewas met het grootste areaal in Noord-Holland is gras, gevolgd door overige gewassen; dit is een verzameling gewassen met o.a. tuinbouwgewassen, koolgewassen, hennep en koolzaad. Verder beslaan aardappelen, granen en bloembollen ieder meer dan 4,5%. Het aandeel mais is relatief beperkt, evenals het aandeel boomgaarden, boomkwekerijen en fruitkwekerijen.

Volgens LGN6 bestaan de waterbalansgebieden voor 77% uit landelijk gebied en bestaat voor meer dan de helft uit grasland en ruim een derde uit akkerland; verder is er ca. 10% natuur en ruim 3,5% mais.

Vlakkenbestand HHNK
Voor het opstellen van de waterbalansen en het afleiden van de retentie is gebruikgemaakt van een samengestelde landgebruikskaart die een hoger detailniveau heeft. In de waterbalansen zijn de arealen verhard en water nauwkeuriger af te leiden dan uit de LGN6. Op basis van de samengestelde landgebruikskaart wordt een verhard oppervlak afgeleid van 16.000 ha (11,4%) en een oppervlak van 9.400 ha voor open water (6,7%).

Geologie en bodem
Figuur 2.5 geeft de geohydrologische opbouw van de ondergrond in Noord-Holland schematisch weer.



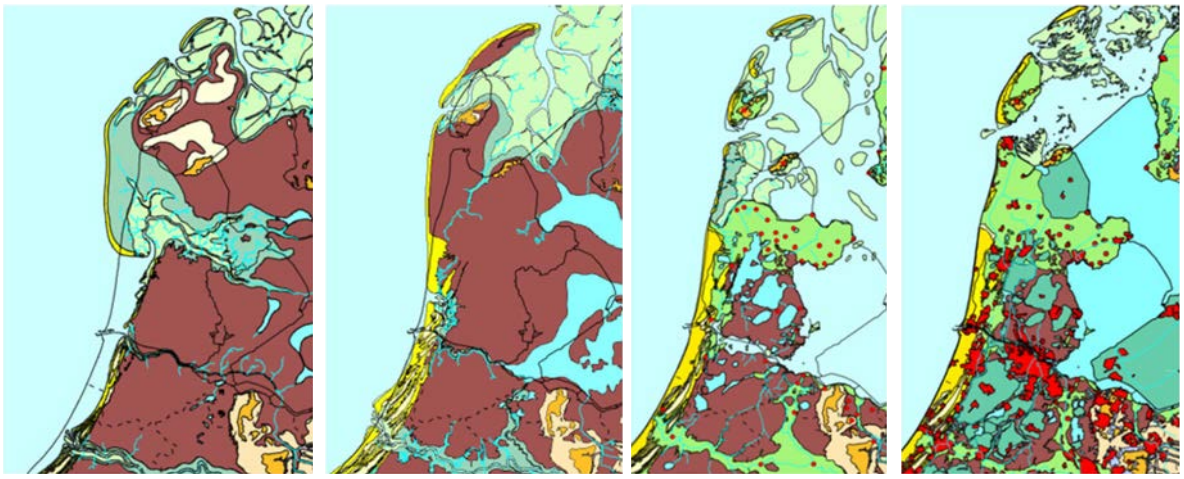
Figuur 2.5 *Geohydrologische doorsnede door de ondergrond van Noord-Holland (Werkgroep Noord-Holland, 1982).*

In Noord-Holland ligt de hydrologische basis op een diepte van ca. 300–350 m -NAP. Daarboven ligt allereerst een pakket slibrijke, fijnzandige mariene afzettingen, behorende tot de Formatie van Maassluis. Deze worden bedekt door grindrijke grofzandige rivierafzettingen, behorende tot de formaties van Harderwijk, Urk, Kreftenheye en Enschede. In de voorlaatste ijstijd, het Saalien, is Noord-Holland bedekt met landijs, in deze periode is door het landijs keileem afgezet, die plaatselijk op Texel en Wieringen dagzoomt. Na het Saalien brak een relatief warmere periode aan, het Eemien, en was Noord-Holland onderdeel van de Eemzee; in deze periode zijn vooral matig tot goed doorlatende zanden afgezet met schelpfragmenten en grind. Op deze warmere tijd volgde wederom een ijstijd, het Weichselien. Nederland is tijdens deze periode niet met ijs bedekt, wel heerste er een toendraklimaat met relatief droge omstandigheden. In deze perioden zijn voornamelijk eolische dekzanden afgezet behorende tot de Formatie van Twente.

Op deze periode volgde wederom een warme periode (het Holoceen) die ca. 10.000 jaar geleden begon en tot heden voortduurt en waarin Noord-Holland voor een deel zijn huidige aanzien kreeg. Bij het begin van het Holoceen was de zeespiegel vele tientallen meters lager dan tegenwoordig, de Noordzee lag droog. Door het warmere en vochtigere klimaat begint de zeespiegel te stijgen en omstreeks 6500 voor Christus komt het huidige Nederland aan de kust te liggen, die bestond uit strandwallen met daarachter gelegen getijdegebieden. In deze periode was het zeegat van Bergen (Figuur 2.6) het belangrijkste zeegat van centraal Noord-Holland, dit bleef ca. 3800 jaar actief. Door de geringe getijdeverschillen werd vooral klei afgezet. Door het stijgen van de grondwaterspiegel ontstonden landinwaarts de eerste laagveengebieden.

Omstreeks 2750 voor Christus begon de kustlijn te veranderen. De zeespiegelstijging was afgenomen tot 20-30 cm per eeuw, de strandwallen begonnen zich uit te bouwen tot een aaneengesloten kustlijn met lage duinen. In de afgesloten getijdebekkens ontstonden grote laagveengebieden. Omstreeks 100 na Christus ontstonden er gaten in de aaneengesloten kustlijn. In Midden-Nederland was inmiddels een groot merengebied ontstaan, midden in het veen, dat naar zee afwaterde via het Oerij. In deze periode ontstond er ook een doorbraak van de centrale meren naar het noorden en ontstond de voorloper van de Zuiderzee.

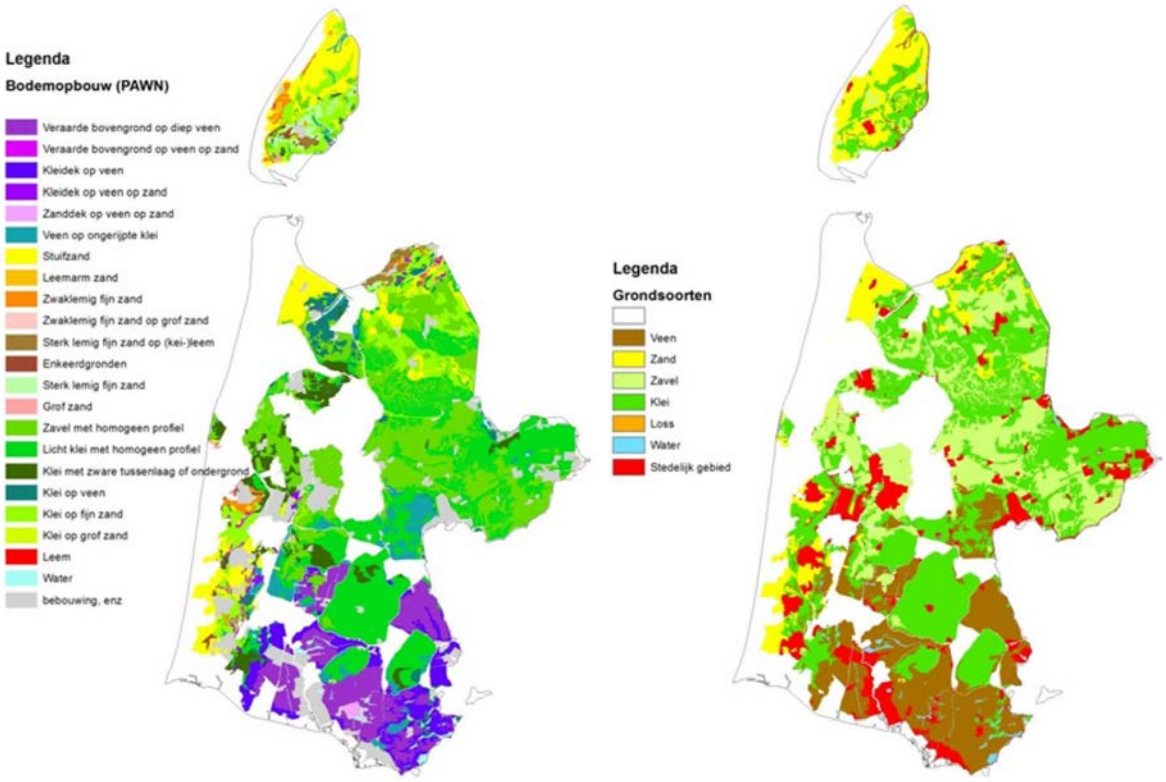
Omstreeks 1500 na Christus was de invloed van de mens op het landschap duidelijk zichtbaar, door o.a. de aanleg van dijken (Westfriese Omringdijk). In Noord-Holland ontstonden enkele grote meren door veenafgravingen en werden de eerste polders aangelegd. Omstreeks 1400 verschenen de eerste watermolens. Vanaf begin 17e eeuw begon de drooglegging van de grote meren (Figuur 2.6), zoals de Beemster (1612), Purmer (1622), Wijde Wormer (1626), Heerhugowaard (1631) en Schermer (1635). Recenter is de Anna Paulownapolder drooggemaakt (1846) en is de Wieringermeer (1930) gewonnen op de Zuiderzee. In 1932 is de Zuiderzee afgesloten, dat binnen enkele jaren verzoette. Door het hierbij gevormde IJsselmeer kwam een nieuwe bron van zoet inlaatwater beschikbaar voor Noord-Holland. De inlaat van het zoete IJsselmeerwater heeft bijgedragen aan de verzoeting van de polder en boezemwateren in Noord-Holland.



Figuur 2.6 *Veranderingen in het landschap van Noord-Holland, situatie 2750 v.Chr. (links), 500 v.Chr. (links midden), 1500 n.Chr. (rechts midden) en heden (rechts). Bron: Vos et al., 2012.*

De geologische ontstaanswijze en vervolgens de mens hebben invloed gehad op de bodemopbouw van Noord-Holland. Omstreeks 500 v.Chr. (Figuur 2.6) was heel Noord-Holland, m.u.v. van duingebied, met veen bedekt. Door geologische processen verdween het veen in het noordelijke deel van Noord-Holland en door veenafgraving verdween het veen ter plaatse van de huidige droogmakerijen, zodat enkel in het zuidelijk deel van Noord-Holland tussen de droogmakerijen veen resteert.
In het noordelijk deel van Noord-Holland komt jonge klei aan de oppervlakte voor, terwijl in de droogmakerijen oude klei aan het maaiveld ligt. Polders die grenzen aan de duinen, liggen gedeeltelijk op duinzandgronden, terwijl de bodem van Anna-Paulownapolder uit wadzanden bestaat. Daarnaast komen op Wieringen en Texel zandgronden voor met keileem in de ondergrond.

In Figuur 2.7 is de bodemopbouw volgens de PAWN-indeling weergegeven, evenals een vertaling naar grondsoorten (zie ook paragraaf 3.4).



Figuur 2.7 *Bodemopbouw volgens de PAWN-indeling (links) en geclusterd naar grondsoort (rechts).*

Het grootste gedeelte van de waterbalansgebieden zijn kleigronden (ca. 43%), gevolgd door zavelgronden (ca. 23%) en veengronden (ca. 21%). Ongeveer 13% is zandgrond (Tabel 2.1).

De kleigronden bestaan voor het grootste deel uit homogene lichte kleigronden (25,8%) en klei op zandgronden (9,3%); de veengronden bestaan vooral uit veengronden met veraarde bovengrond (10,2%), veengronden met kleidek (5,7%) en veengronden met moerige gronden op ongerijpte klei (4,6%). De zandgronden betreffen vooral stuifzandgronden (9,0%).

Tabel 2.1

Bodemopbouw volgens PAWN-indeling in de waterbalansgebieden van HHNK volgens de bodemkaart en de vertaling naar grondsoort.

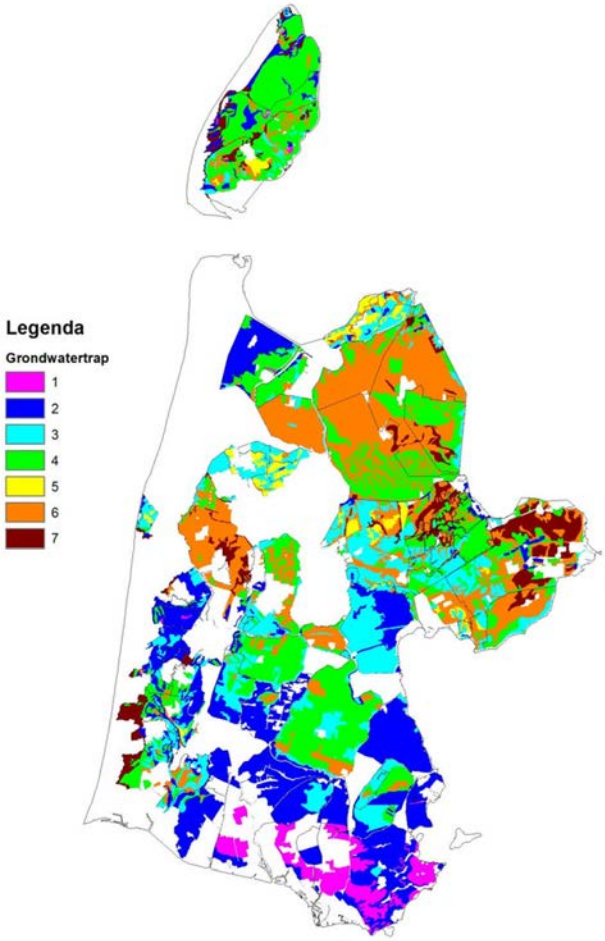
Bodemfysische eenheid	Beschrijving	Bodemkaart	
		ha	%
1	Veengronden met veraarde bovengrond	12642	10.2%
2	Veengronden met veraarde bovengrond en zand in ondergrond	572	0.5%
3	Veengronden met kleidek	7136	5.7%
4	Veengronden met kleidek en zand in de ondergrond	373	0.3%
5	Veengronden met zanddek en zand in de ondergrond	322	0.3%
6	Veengronden met moerige gronden op ongerijpte klei	5670	4.6%
Veen totaal		***26715***	***21.5%***
7	Stuifzandgronden	11187	9.0%
8	Podzolgrond in leemarm, fijn zand	216	0.2%
9	Podzolgrond in zwak lemig, fijn zand	1452	1.2%
10	Podzolgrond in zwak lemig, fijn zand op grof zand	0,0%	0.0%
11	Podzolgrond in sterk lemig, fijn zand op keileem of leem	1058	0.9%
12	Enkeerdgrond in zwak lemig, fijn zand	407	0.3%
13	Beekeerdgrond in sterk lemig, fijn zand	1455	1.2%
14	Podzolgrond in grof zand	219	0.2%
Zand totaal		*15994*	*12.9%*
15	Homogene zavelgronden	28325	22.8%
Zavel totaal		*28325*	*22.8%*
16	Homogene, lichte kleigronden	32064	25.8%
17	Kleigrond, met zware tussenlaag of ondergrond	5931	4.8%
18	Kleigronden op veen	3657	2.9%
19	Klei op zandgronden	11553	9.3%
Klei totaal	***Klei totaal***	*53204*	*42.8%*
		124238[1]	**100%**

Grondwatertrap

Op de bodemkaart is het grondwaterstandsverloop gekarakteriseerd d.m.v. de Gemiddelde Hoogste Grondwatertrap (GHG) en de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG). In Tabel 2.2 zijn voor zeven grondwatertrappen de grondwaterstandtrajecten weergegeven en per grondwatertrap het bijbehorende areaal. In Figuur 2.8 is de grondwatertrap volgens de bodemkaart ruimtelijk weergegeven.

Uit Figuur 2.8 blijkt dat op de veengronden veelal grondwatertrap 1 en 2 voorkomt. De oude droogmakerijen hebben overwegend een grondwatertrap 3 of 4 en de Wieringermeer heeft een grondwatertrap 4 of 6. In het oostelijk deel van West-Friesland en het Geestmerambacht komen diepe grondwaterstanden voor, grondwatertrap 6 en 7. Ook langs de binnenduinrand komen gebieden voor met diepe grondwaterstanden, Gt-klasse 7. De Schagerkogge, Westerkogge en het westelijk deel van West-Friesland liggen veel gronden met grondwatertrap 3. Verder valt de Anna-Paulownapolder op met grondwatertrap 2 en 4, dit zijn gronden met bollenteelt waar de grondwaterstand goed kan worden beheerst. In Tabel 2.2 zijn de arealen per grondwatertrap weergegeven.

[1] Aan 71,9 ha (0,1%) is geen bodemfysische eenheid toegekend; verder is 1362,8 ha (1,0%) water en 14573,2 ha (10,4%) stedelijk gebied volgens de bodemkaart.



Figuur 2.8 *Grondwatertrap volgens de bodemkaart.*

Tabel 2.2

Arealen per grondwatertrap in de waterbalansgebieden van HHNK volgens de bodemkaart en de clustering op basis van de GHG.

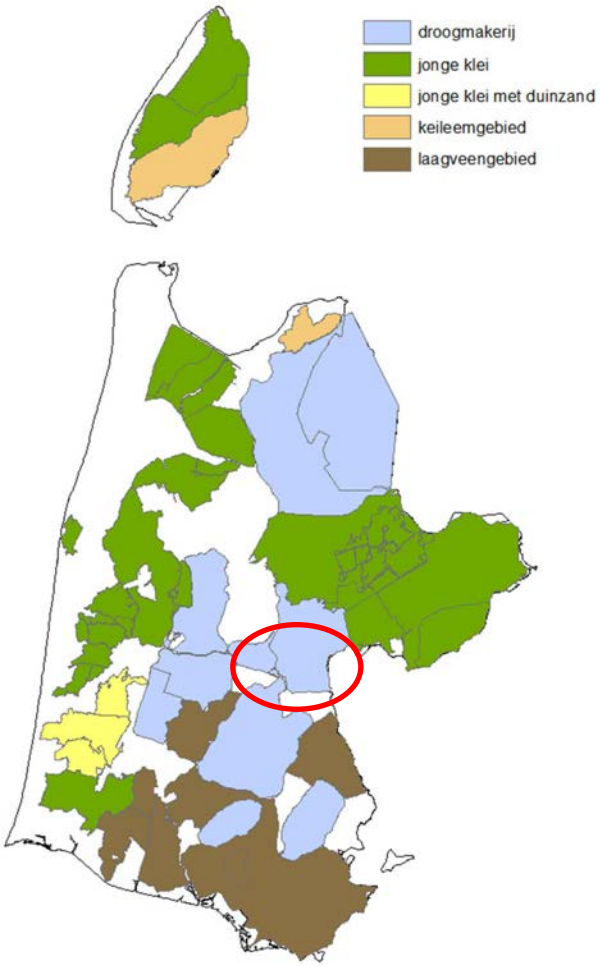
Gt-klasse	GHG cm - mv	GLG cm - mv	Areaal ha	Percentage
1	-	<50	4.568	3,3
2	-	50-80	26.681	19,0
3	<40	80-120	20.116	14,3
5	<40	>120	2.954	2,1
Nat			***54.319***	***38,7***
4	40-80	80-120	31.713	22,6
6	40-80	>120	28.746	20,5
Matig droog			***60.459***	***43,1***
7	>80	>120	7.010	5,0
Droog			***7.010***	***5,0***
onbekend			*18.608*	*13,0*
Totaal			**140.396**	

2.3 Hoofdgebieden

In deze studie zijn water- en stofbalansen opgesteld voor 42 deelgebieden. De resultaten van de 42 deelgebieden zijn beschreven in afzonderlijke deelrapporten en beschikbaar via internet (Alterra-rapport 2475.1 t/m 2475.42). In dit rapport zijn de resultaten van de 42 deelgebieden samengevat.

De deelgebieden zijn hierbij geclusterd in 5 gebieden (Figuur 2.9) :

- Droogmakerijen: 10 deelgebieden
- Jonge klei: 19 deelgebieden
- Jonge klei met duinzand: 3 deelgebieden
- Laagveengebieden: 8 deelgebieden
- Keileemgebieden: 2 deelgebieden



Figuur 2.9 *Indeling van de 42 deelgebieden.*

De clustering van de deelgebieden is uitgevoerd op basis van de geologische opbouw van de ondergrond, waarbij aangenomen is dat de geologische opbouw iets zegt over de diepe ondergrond, de bodem en kwelsituatie. Laagveengebieden bestaan voornamelijk uit veengronden en zijn veelal lichte wegzijgingsgebieden; droogmakerijen bestaan over het algemeen uit oude kleibodems (afzettingen van Calais, Westland-C-profiel) en zijn overwegend kwelgebieden. De deelgebieden Ursem en Westerkogge (rood omcirkeld in de figuur) zijn geen echte droogmakerijen, maar omdat hier overwegend het Westland-C-profiel voorkomt, zijn deze twee gebieden toegekend aan droogmakerijen.

3 Methodiek

3.1 Inleiding en stappenplan

Voor het afleiden van theoretische achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor is een methodiek ontwikkeld die uit verschillende stappen bestaat (Tabel 3.1).

Tabel 3.1
Overzicht van de stappen bij het afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties.

Proces	Werkzaamheden
Stap 1: Waterbalans	I Vaststellen gebiedsindeling II Opstellen waterbalans
Stap 2: Dataverzameling en gebiedsindeling	I Verzamelen en analyseren meetgegevens
Stap 3: Emissies/nutriëntenbalansen	I Analyse studiegebied II Herschikking STONE-plots III Opstellen nutriëntenbalans, inclusief vaststellen retentie IV Regionalisatie nutriëntenbelasting uit- en afspoeling
Stap 4: Plausibiliteit [1]	I Plausibiliteit nutriëntenbalans
Stap 5: Achtergrondconcentraties	I Bepalen herkomst nutriëntenbelasting II Afleiden theoretische achtergrondconcentratie

1) Met plausibiliteit wordt bedoeld de vergelijking tussen in het veld gemeten waarden en de resultaten van de modellen en berekeningen.

De werkwijze voor de verschillende stappen uit Tabel 3.1 wordt in dit hoofdstuk afzonderlijk behandeld.

3.2 Stap 1: Opstellen waterbalans

HHNK heeft waterbalansen opgesteld van alle polders die binnen de 42 deelgebieden vallen. De balansen zijn opgebouwd in een rekensheet waarmee voor verschillende typen grondgebruik per dag wordt berekend welke afvoer of eventueel intrek te verwachten is. De balans maakt onderscheid tussen water, verhard gebied, vrij afwaterend, verharding die afwatert op bemalen riolering en onverhard gebied met verschillende gewastypes (grasland, landbouwgewassen en bos).

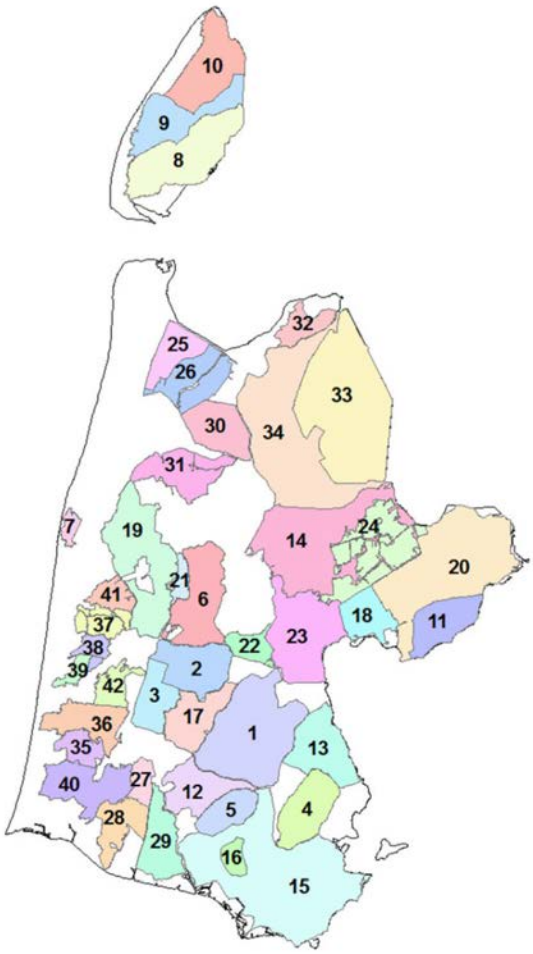
De balansen genereren diverse resultaatfiguren die het beoordelen van de representativiteit mogelijk maken. Belangrijke figuren zijn hierbij de vergelijking tussen de berekende en gemeten afvoer (cumulatief per maand), waterstand en chloridegehalte. Tevens geven de figuren van de watersamenstelling en het grondwaterstandverloop inzicht in de kenmerken van het watersysteem. Door bestudering van de figuren komen significante fouten in aannames of invoergegevens aan het licht en kan worden beoordeeld of een waterbalans een representatieve benadering is van het watersysteem.

Enkele belangrijke aspecten van de waterbalansen worden nader besproken:
- Gebiedsbegrenzing
- Balansperiode
- Balanstermen
- Overige gebiedskenmerken
- Kalibratie

Gebiedsbegrenzing
De begrenzing van de KRW-afwateringseenheden is opgenomen in het GAF90-bestand (Bron: HHNK). Deze gebieden zijn opgebouwd uit kleinere deelafvoergebieden die zijn opgenomen in het GAF70-bestand (Bron: HHNK). Voor het opstellen van waterbalansen is ervoor gekozen om de GAF70-gebieden als uitgangspunt op te nemen. Voor de meeste deelgebieden zijn de GAF70-grenzen aangehouden.

Voor een aantal deelgebieden is het echter niet mogelijk om betrouwbare waterbalansen op te stellen op het niveau van de GAF70-eenheden. De GAF70-eenheden zijn soms erg klein (tot 2,2 ha) en het zijn niet altijd op zich staande hydrologische grenzen. Voor deze gebieden zijn de GAF70-gebieden geclusterd tot één waterbalansgebied. Voor de clustering zijn de volgende criteria gebruikt:
- clustering kan plaatsvinden als de afwaterende eenheden binnen één groter bemalingsgebied vallen;
- clustering kan plaatsvinden als de afwaterende eenheden een gedeelde af- en/of aanvoer hebben waardoor ze niet meer gescheiden zijn.

In het kader van deze opdracht zijn 56 afwaterende eenheden onderscheiden (GAF 70) waarvan 51 bemalingseenheden en 5 vrij afwaterende duingebieden. De afwaterende eenheden zijn vervolgens geclusterd tot 42 deelgebieden (Figuur 3.1 en Bijlage 1).



Figuur 3.1 *Ligging van de 42 deelgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.*

Balansperiode

Voor de waterbalansen is het wenselijk om een langjarige reeks te hebben zodat zowel droge, gemiddelde als natte jaren in de balans zijn opgenomen. Op deze manier kan het waterbeheer in de polder beter worden vastgesteld en worden trends in beheer of gebiedsontwikkeling zichtbaar.
De waterbalansen zijn opgesteld voor de periode 2000-2010 om de volgende redenen:

- groot aantal aaneengesloten jaren waarin trends zichtbaar kunnen zijn;
- beheer in die periode is in veel gevallen uitgevoerd door de huidige peilbeheerder;
- gegevens over het grondgebruik in de gebieden zijn nog relatief onveranderd;
- beste beschikbaarheid van de meetgegevens;
- naar verwachting zijn dit voldoende jaren om betrouwbare uitspraken te kunnen doen.

Balanstermen

De waterbalans bestaat uit verschillende balanstermen (Tabel 3.2).

Tabel 3.2

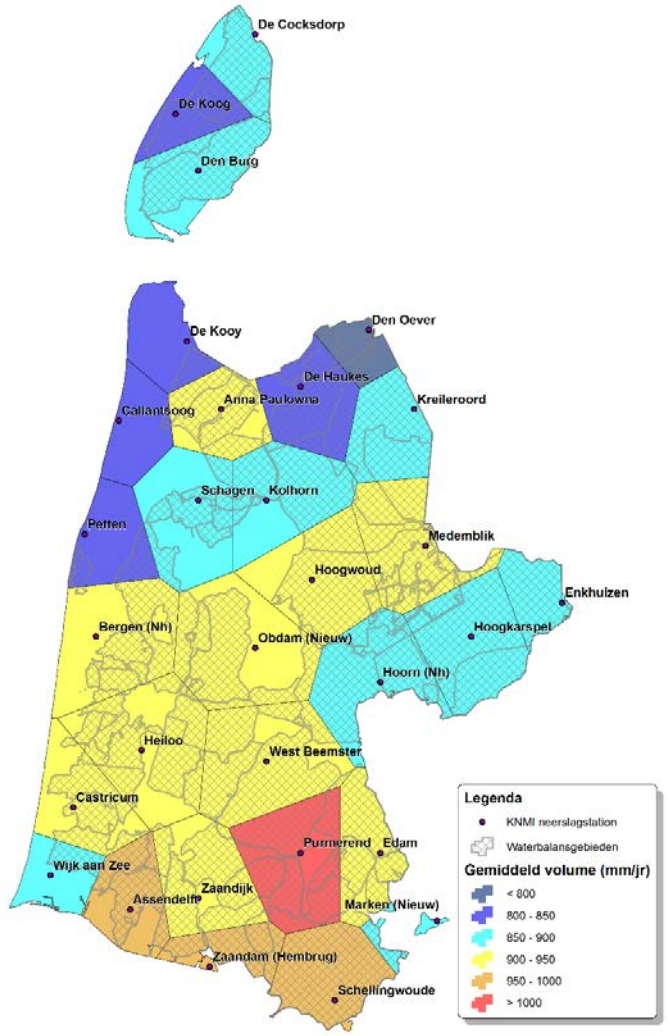
Overzicht van de waterbalanstermen.

	Balansterm	Bron	Aanvullende informatie
Inkomende termen	Neerslag	KNMI-gegevens	Meteostations
	Kwel	Grondwatermodel van Acacia	Inclusief grondwateronttrekkingen
	Puntbronnen	HHNK	-
	Inlaat	Schattingen HHNK	Inschatting door vergelijking berekende en gemeten afvoer; inlaatwater is voor peilhandhaving en doorspoeling
	Gasbronnen	Regionale studie 1982	Indien aanwezig
Uitgaande termen	Riolering	Model (SOBEK RR) berekening	Overstortvolume en afvoer naar RWZI
	Verdamping	KNMI-gegevens	Meteostations
	Wegzijging	Grondwatermodel van Acacia	Inclusief grondwateronttrekkingen
	Uitlaat	Gemaalafvoer	

Inkomende termen

Neerslag

Voor de genoemde periode zijn verschillende neerslagdata beschikbaar: puntneerslagdata van het KNMI en gekalibreerde radarneerslagdata van Meteoconsult. De radardata van Meteo Consult zijn niet beschikbaar voor de gehele periode. Om deze reden zijn KNMI-puntmetingen gebruikt. In het beheergebied van HNNK liggen dertig KNMI-neerslagstations (zie Figuur 3.2 en Tabel 3.3).



Figuur 3.2 *Ligging KNMI stations met gemiddelde neerslagsom (mm/jaar) voor de jaren 2000-2010.*

Tabel 3.3

Overzicht van de KNMI-stations met de gemiddelde neerslagsom voor de periode 2000-2010.

KNMI-neerslagstation	Gemiddelde jaarsom 2000-2010 (mm)	KNMI-neerslagstation	Gemiddelde jaarsom 2000-2010 (mm)
De Kooy	840	Enkhuizen	863
Wijk aan Zee	894	Hoogkarspel	892
De Cocksdorp	882	Bergen	911
De koog	837	Opdam	910
Den Burg	863	Hoorn	875
Den Oever	786	Heiloo	918
De Haukes	832	Westbeemster	927
Anna Paulowna	914	Castricum	935
Callantsoog	831	Purmerend	1004
Kreileroord	851	Edam	928
Kolhorn	873	Zaandijk	948
Schagen	863	Marken	881
Petten	840	Assendelft [1)]	983
Medemblik	910	Zaandam Hembrug	976
Hoogwoud	915	Schellingwoude	967

1) Meetreeks vanaf 01-07-2006

In de buurt van een waterbalansgebied zullen in de meeste gevallen meer neerslagstations liggen. Er wordt echter maar één neerslagstation aan een waterbalansgebied toegekend. Met behulp van Thiessenpolygonen is bepaald welk neerslagstation het grootste aandeel van het waterbalansgebied bestrijkt, die is vervolgens gebruikt voor het hele waterbalansgebied. In Bijlage 2 is een overzicht gegeven van de KNMI-meteostations die zijn gebruikt voor de 42 deelgebieden. Deelgebieden die uit meer waterbalansen bestaan (bijv. De Purmer), kunnen meer KNMI-stations hebben.

Kwel
Voor het hele beheergebied van het hoogheemraadschap zijn twee grondwatermodellen beschikbaar die rekening houden met dichtheidsverschillen door chlorideconcentraties. Het ene grondwatermodel heeft betrekking op het 'vaste land' (Velstra *et al.*, 2013.), het andere is alleen toegepast voor Texel (Biesheuvel, 2012). Met deze grondwatermodellen zijn de verticale kwelstroom en de gemiddelde chlorideconcentratie op dagbasis bepaald per waterbalansgebied voor de periode 2000-2010. Uit deze reeksen is ook een langjarig daggemiddelde bepaald dat kan worden gebruikt voor de waterbalansen buiten de genoemde periode.

Verbeteringen grondwatermodellen HHNK
Voordat de gebiedsgemiddelde kweldrukken zijn afgeleid, is de ruimtelijke resolutie van de rekengrids van beide modellen verkleind. Door deze detailleringsslag is een nauwkeurigere schematisatie verkregen en kan er beter onderscheid worden gemaakt tussen dijkse en diepe kwel. Voor het grondwatermodel van het 'vaste land' is de ruimtelijke resolutie teruggebracht van 250 naar 100 m. Vanwege het grote aantal rekenpunten dat hierdoor wordt verkregen, is het model opgedeeld in 3 deelmodellen. Het rekengrid van het model van Texel is verfijnd van 250 naar 83 m zodat het verder opdelen van het model niet nodig was. Vervolgens zijn beide modellen gekalibreerd op stijghoogtes en gebiedsafvoer.

Vergelijking met reeds beschikbare bronnen
Er bestaan al diverse studies en/of producten die een inschatting geven van de (gebiedsgemiddelde) kweldruk:
- Jaargemiddelde kwel voor enkele gebieden uit de Regionale Studie ICW;
- Provinciale zomer- en wintergemiddelde kwelkaart (alleen voor het 'vaste land');
- Jaargemiddelde kwelkaart volgens Nationaal Hydrologisch Instrument (NHI);
- Jaargemiddelde kwelkaart NAGROM-model van Alterra uit het STONE instrumentarium.

De berekende kweldruk is naast deze bronnen gehouden om zo opvallende verschillen kritisch te kunnen bekijken. In de meeste gevallen wijken de verschillende bronnen niet veel van elkaar af. De absolute verschillen blijven beperkt tot de orde 0,2 mm/d. De modelresultaten van de grondwater-modellen vertonen geen zichtbaar structurele afwijkingen. De Provinciale kwelkaart lijkt wel een structurele afwijking te vertonen. De kwelwaarden zijn wat uitgedempt waardoor de kwel, maar ook de wegzijgingswaarden lager liggen dan de andere bronnen. De vergelijking heeft niet geleid tot nadere aanpassingen aan de grondwatermodellen.

Puntbronnen
Uit de informatie van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier blijkt dat voor de meeste waterbalansgebieden geen lozingen van puntbronnen aanwezig zijn. Er zijn geen grote industriële lozingen bekend en RWZI's lozen het effluent in de meeste gevallen op de boezems. De volgende waterbalansgebieden vormen een uitzondering omdat deze wel onder invloed staan of stonden van effluentlozingen:
- Eijerland: De Cocksdorp (WB_015)
- Waal en Burg en Het Noorden: Everstekoog (WB011)
- Gemeenschappelijke Polders: Oosterend, Oudeschild (WB_007)
- Wieringermeerpolder Afdeling 3: Wieringerwerf (WB_050)
- Vier Noorderkoggen Laag: Wervershoof (WB_055)

De huidige situatie op Texel is veranderd, omdat alleen RWZI Everstekoog resteert, RWZI De Cocksdorp, Oosterend en Oudeschild zijn opgeheven. Bij Vier Noorderkoggen Laag (Wervershoof) wordt het effluent via een korte route direct naar het IJsselmeer afgevoerd; het heeft nauwelijks invloed op het watersysteem binnen Vier Noorderkoggen.

Inlaat
De hoeveelheid ingelaten water in de afzonderlijke polders is een onbekende balanspost. De inlaatpost is gesplitst in bron voor peilbeheer en doorspoelbeheer. De post inlaat voor peilbeheer wordt door de waterbalans berekend. Als het oppervlaktewaterpeil uitzakt tot onder het minimum wordt water ingelaten. Het inlaatwater voor doorspoeling is geschat als een vast zomerdebiet.
Deze post is voor elk jaar apart ingesteld, zodat de afvoer uit de waterbalans vergelijkbaar is met de gemeten afvoer in de zomer.

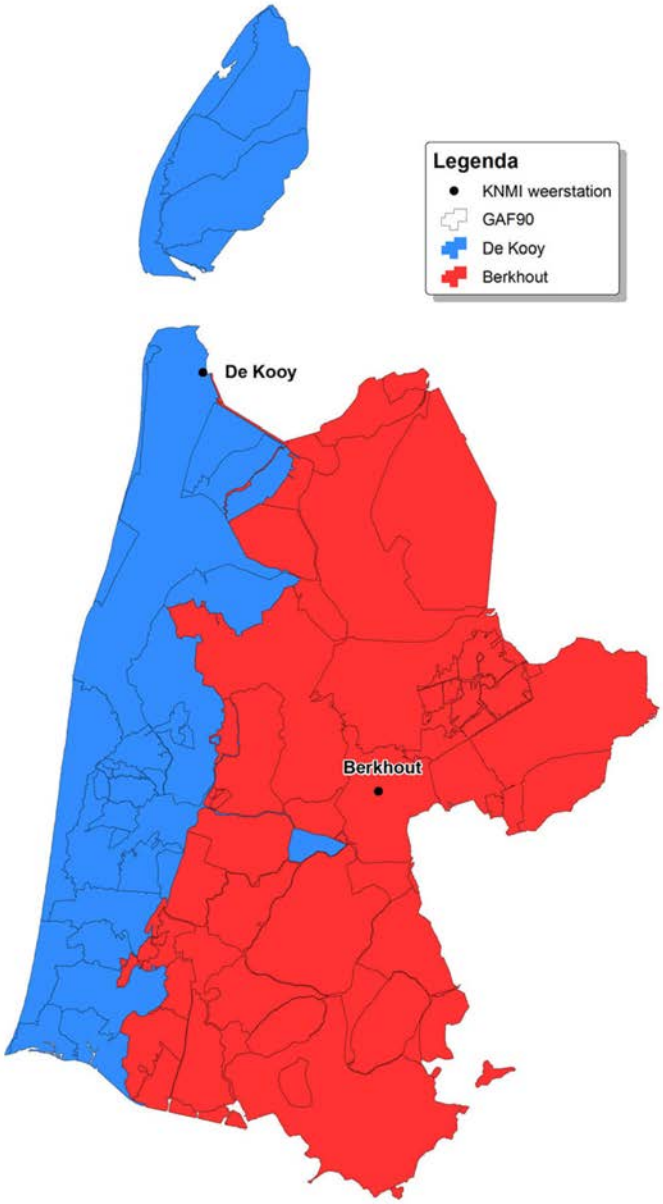
Gasbronnen
In de diepe droogmakerijen kunnen gasbronnen voorkomen (Regionale studie, 1982). Dit zijn natuurlijke of aangelegde wellen waar diep grondwater omhoog borrelt naar het oppervlaktewater. Het gas dat vrijkomt uit het diepe grondwater wordt gewonnen, het opgewelde water wordt vervolgens geloosd op het oppervlaktewater. In het grondwatermodel van Acacia (zie kopje kwel) zijn deze grondwateronttrekkingen verdisconteerd in de gebiedsgemiddelde kwel. Er is verondersteld dat op Texel geen gasbronnen voorkomen. Gasbronnen zijn daarom niet als aparte post meegenomen.

Uitgaande termen

Verdamping
Voor verdamping zijn de gegevens van de volgende drie KNMI-stations beschikbaar:
- Berkhout (vanaf maart 1999)
- Wijk aan Zee (vanaf mei 2001)
- De Kooy (vanaf november 1964)

Uit de data blijkt voor de periode 2002 t/m 2010 dat de verdampingshoeveelheden tussen de stations structureel lijken te verschillen. Op jaarbasis is de verdamping voor station De Kooy het grootst, op de voet gevolgd door Wijk aan Zee, de verdamping voor station Berkhout is het laagst:
- De Kooy: ➔ 626 mm/jaar
- Wijk aan Zee: ➔ 619 mm/jaar
- Berkhout: ➔ 603 mm/jaar

Deze getallen laten zien dat de jaarlijkse verdamping aan de kust hoger is dan meer landinwaarts. Dit komt overeen met studies naar de ruimtelijke verdeling van verdamping in Noord-Holland (http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php). Omdat de verdamping voor station Wijk aan Zee niet voor de gehele balansperiode beschikbaar is, is dit station niet in deze studie meegenomen.
Het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is conform deze gedachte ingedeeld in twee zones waaraan de verdampingsdata van De Kooy of Berkhout is gekoppeld (Figuur 3.3). Aan elk GAF90-gebied is één van beide verdampingsreeksen toegewezen.



Figuur 3.3 *Verdeling verdampingsstations over de KRW-deelgebieden (GAF90).*

De verdampingsdata van de KNMI-weerstations betreffen de Makkink-verdamping. In de waterbalansen wordt deze omgerekend tot de actuele verdamping. Hierbij wordt rekening gehouden met:

- gewasfactoren (open water, agrarische gewassen en bos);
- verdampingsreductie bij lage bodemvochtgehaltes;
- verdampingscapaciteit verhard gebied (beperkt tot bergingsvolume straat).

Wegzijging
Zie onder Kwel.

Uitlaat
Met de clustering van GAF70-gebieden tot waterbalansgebieden is gestreefd om tot afgebakende bemalingseenheden te komen. Dit is gedaan om per waterbalansgebied een maalstaat beschikbaar te hebben voor de kalibratie. Niet voor alle gebieden is een debietreeks beschikbaar (bijvoorbeeld gestuwde gebieden). Daarnaast zijn de historische maalstaten niet altijd eenvoudig beschikbaar.

Overige gebiedskenmerken

Grondgebruik
In paragraaf 2.2 is aangegeven dat bij het opstellen van de waterbalansen gebruikgemaakt is van het databestand van HHNK. Het grondgebruik in een waterbalansgebied is onderverdeeld in drie onderscheidende types: water, verhard en onverhard gebied. Deze oppervlakken hebben namelijk een duidelijk onderscheidende neerslag-afvoerkarakteristiek die in de waterbalans kan worden geschematiseerd.

In sommige gevallen is het onverharde gebied nader opgedeeld:
- Onverhard agrarisch (als meer dan 15% agrarisch grondgebruik aanwezig is). Voor deze gronden is aangenomen dat ze beter zijn gedraineerd dan grasland en veel makkelijker grondwater kunnen aanvullen. De verdamping van deze gronden is bepaald met een gewasfactor waardoor er meer verdamping in het groeiseizoen optreedt en minder in het plant- en oogstseizoen in vergelijking tot grasland.
- Onverhard bosgebied (als meer dan 15% bosgrond aanwezig is). Voor deze gronden is de verdamping bepaald met een gewasfactor waardoor er meer verdamping optreedt ten opzichte van grasland, met name in de zomer.
- Onverhard stedelijk (als meer dan 15% onverhard gebied aanwezig is in stedelijk gebied). Voor deze gronden is aangenomen dat ze beter gedraineerd zijn dan agrarische graslanden en dat de drooglegging ook iets groter is.
- Onverharde duinzone (voor de polders die een vrij afwaterend duingebied kennen). Voor deze gronden is aangenomen dat ze een veel grotere drooglegging hebben, een veel kleinere drainagecapaciteit en geen water kunnen onttrekken uit de polder.

Het stedelijk gebied is nader opgedeeld als stedelijke kernen aanwezig zijn. Voor een ingeschat percentage van de verharding is aangenomen dat deze is aangesloten op een bemalen rioleringsstelsel. Voor dit areaal is vervolgens met een modelberekening (SOBEK Rainfall Runoff) ingeschat hoeveel regenwater er wordt verpompt naar de RWZI en hoeveel er overstort op het oppervlaktewater.

De analyse van het grondgebruik is uitgevoerd op een samengestelde grondgebruikkaart van het hoogheemraadschap. Deze kaart is verkregen door verschillende vlak-dekkende kaarten te combineren:
- Water: Watervlakkenbestand van HHNK
- Huizen: Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG) van het kadaster
- Agrarisch gebruik: Basisregistratie percelen (BRP) mei 2011
- Natuur: Provinciale natuurkaart 2012
- Top10NL 2011 Gebouwen (TYPEGEBOUW = ‘kas, warenhuis’)
- Top10NL 2011 Wegdelen
- Top10NL 2011 Terreinen

Riolering
Afstroming van verhard gebied met VGS of gemengde riolering (overstort) is een proces dat op kleine tijdschaal plaatsvindt. Omdat de waterbalansen op dagbasis worden uitgerekend, kan dit proces niet in de waterbalans worden bepaald. Voor de riolering is daarom per balansgebied een overstortreeks bepaald buiten de waterbalans met de neerslagafvoermodule van het rekenpakket SOBEK. Deze overstortreeks is vervolgens als puntbron per dag ingevoerd in m3/ha.

Voor de SOBEK-berekening zijn neerslagreeksen op uurbasis nodig. De oorspronkelijke reeksen zijn echter op dagbasis en dus zijn de neerslagreeksen eerst omgezet naar uurreeksen.
Dit is gedaan door het dagvolume over de dag te verdelen volgens de buivorm op de betreffende dag bij KNMI-station De Bilt. De buivorm is alleen toegepast als in De Bilt meer dan 2 mm neerslag is gemeten. Voor de overige dagen is een standaard buivorm gebruikt. De standaardvorm is gekozen uit Figuur 3.4 (uit de reeks van De Bilt).

Figuur 3.4 *Buivorm voor vertaling dagreeks van neerslag naar uurreeks.*

De standaard buivorm is de verdeling van een bui die is gemeten op KNMI-weerstation De Bilt. De buivorm is geselecteerd uit 7 willekeurig gekozen buiverlopen van buien met meer dan 25 mm neerslag per etmaal. Bij de meest geclusterde bui viel bijna 90% van het etmaalvolume in het tijdsbestek van 1 uur. Bij de meest gelijkmatig verdeelde bui viel maximaal 28% van het etmaalvolume binnen 1 uur.

Voor het neerslagstation Obdam (dagreeks) zijn 7 uurreeksen gegenereerd, uitgaande van de 7 verschillende standaard buivormen. Vervolgens is gekeken hoeveel uren er in de periode van 2000 tot en met 2010 voorkwamen met meer dan 10 mm neerslag. Als de meest geclusterde buivorm werd aangehouden, liep dat op tot 99 keer. Voor de meest gelijkmatig verdeelde buivorm kwam dat uit op 33 keer. Uiteindelijk is de buivorm gekozen waarbij het aantal het meest overeenkwam met de uurreeks De Bilt, waarin over de genoemde periode 35 uren voorkomen met meer dan 10 mm neerslag.

In de waterbalansen is alleen voor de volgende gebieden aangenomen dat ze gerioleerd zijn (Tabel 3.4).

Tabel 3.4

Overzicht van de waterbalansgebieden waarvoor aangenomen is dat ze voor een groot gedeelte gerioleerd zijn.

Waterbalansgebied	Omschrijving
Beemster	90% ofwel 366 ha gemengd gerioleerd
Schermer-Noord	75% ofwel 97 ha gemengd gerioleerd
Schermer-Zuid	75% ofwel 65 ha gemengd gerioleerd
Gemeenschappelijke polders	50% ofwel 176 ha gemengd gerioleerd
Heerhugowaard	124 ha gemengd en 24 ha VGS
Wormer- en Jisperveld	75% ofwel 110 ha gemengd gerioleerd
Zeevang	75% ofwel 132 ha gemengd gerioleerd
Purmerland Oost	90% ofwel 119 ha VGS
Waterland	90% ofwel 759 ha gemengd gerioleerd
Oostzaan	75% ofwel 386 ha gemengd gerioleerd
Vier Noorderkoggen	75% ofwel 600 ha gemengd gerioleerd
Castricummerpolder	50% ofwel 100 ha gemengd gerioleerd
Groot Limmerpolder	50% ofwel 60 ha gemengd gerioleerd
Oosterzijpolder	50% ofwel 80 ha gemengd gerioleerd
Damlanderpolder	50% ofwel 20 ha gemengd gerioleerd
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	50% ofwel 200 ha gemengd gerioleerd
Verenigde polders	50% ofwel 60 ha gemengd gerioleerd
Baafjespolder	10% ofwel 10 ha gemengd gerioleerd
Oosterpolder Hoorn	50% ofwel 391 ha gemengd gerioleerd
Grootslag	25% ofwel 368 ha gemengd gerioleerd

Drooglegging
Voor de verdamping is het vochtgehalte in de bodem belangrijk. Dit is sterk afhankelijk van de drooglegging in een gebied. De drooglegging heeft tevens invloed op de capaciteit van de bodem om water vast te houden. Deze laatste term is echter minder van belang, omdat die capaciteit alleen overschreden wordt in het neerslagafvoerpatroon tijdens hevige neerslag.

Omdat verdamping wel een belangrijke term is bij waterbalansen en het meeste water in de zomer verdampt, is de mediaan van de zomerdrooglegging per gebied bepaald. Hiervoor zijn het Actuele Hoogtebestand Nederland (AHN1, 5x5 m) gebruikt en het peil dat in de zomer is te verwachten. Het peil in de zomerperiode volgt uit het peilgebiedenbestand en is afhankelijk van het type peilbeheer:
1. Voor gebieden met een zomerpeil: zomerpeil;
2. Voor gebieden met een vast peil: vast peil;
3. Voor gebieden met een flexibel peil: ondergrens.

Kalibratie
De afvoergegevens van de poldergemalen zijn als verificatiedata gebruikt. Door de berekende en gemeten afvoer met elkaar te vergelijken is de ontbrekende post 'inlaatwater voor doorspoeling' ingeschat als een constant debiet over de zomermaanden (vanaf 1 april tot 1 oktober).

Bij sommige waterbalansen gaf bestudering van de verschillende resultaatfiguren aanleiding om de uitgangsgegevens bij te stellen. Dan kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het kiezen van een hoger aandeel gerioleerde verharding of het meenemen van onderlinge relatie tussen polders (in serie geschakelde polders of alternatieve afwateringsrichting voor de noodafvoer).

In de meeste gevallen was dat niet nodig en is voor een betere fit, indien nodig, gekalibreerd door onderstaande factoren anders in te stellen:
1. Inlaat
2. Bodemparameters
    a. Bergingscoëfficiënt bodem
    b. Drainageweerstand onverhard gebied ➔ water
    c. Infiltratieweerstand water ➔ onverhard gebied
3. Gewasfactorverdamping
4. Chlorideconcentratie

Voor deze factoren is een gevoeligheidsanalyse gedaan op basis waarvan een standaardwaarde is gekozen. De factoren zijn beperkt bijgesteld als dat leidde tot een betere fit van de berekende afvoerflux en de gemeten afvoer bij de gemalen. De resultaten van de kalibratie komen in hoofdstuk 4 aan de orde.

3.3 Stap 2: Dataverzameling en data-analyse

In stap 2 zijn de waterkwantiteit- en waterkwaliteitgegevens van het oppervlaktewater in de verschillende deelgebieden van het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier verzameld en geanalyseerd. De waterkwaliteitgegevens worden gebruikt voor:

- afleiden van de inkomende vracht via het inlaatwater;
- afleiden van de nutriëntenvracht dat via de gemalen wordt uitgeslagen;
- afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties (nader toegelicht in paragraaf 3.6);
- het toetsen van de nutriëntenbalansen.

Inkomende vracht via inlaatwater
De inkomende vracht (inlaat vanuit boezemsysteem) wordt bepaald door de hoeveelheid inlaatwater te vermenigvuldigen met de gemeten nutriëntenconcentraties in het boezemwater.
De hoeveelheid inlaatwater is over het algemeen niet goed bekend en is berekend met de waterbalansmodule. De berekende (en gemeten) waterafvoer zijn op dagbasis beschikbaar.

Voor de kwaliteit van het inlaatwater zijn meest geschikte meetlocaties gezocht. De nutriëntenconcentraties worden over het algemeen tweewekelijks of maandelijks gemeten en zijn voor de totale balansperiode (2000-2009) beschikbaar. Om de meetwaarden van de nutriëntenconcentraties op te schalen in tijd, wordt een lineaire interpolatie gedaan tussen twee meetwaarden om op die wijze een dagelijkse nutriëntenconcentratie te bepalen.

Uitgaande vracht (voornamelijk) via de gemalen
Het bepalen van de uitgaande vracht gaat op dezelfde wijze als voor de inkomende vracht. De uitgaande vracht wordt berekend door de ***berekende*** waterafvoer te vermenigvuldigen met de ***gemeten*** nutriëntenconcentraties nabij het gemaal. In deze studie is ervoor gekozen om geen gebruik te maken van waterafvoeren die zijn afgeleid op basis van de maalstaten.

De gemeten waterafvoeren zijn namelijk niet altijd voor de volledige balansperiode beschikbaar, vaak zitten er ‘gaten’ in de meetreeks en in een aantal gevallen is er twijfel over de juistheid van de meting (bijvoorbeeld een geregistreerde afvoer van nul, terwijl er wel een debiet zou moeten zijn). Bijkomend voordeel is dat de berekende afvoer in ‘balans’ is met de opgelegde kwelflux plus de berekende inlaathoeveelheden in de waterbalansmodule.

3.4 Stap 3: Opstellen nutriëntenbalans

Voor het opstellen van nutriëntenbalansen voor de afwateringseenheden zijn vier onderdelen onderscheiden:

- onderdeel I: analyse studiegebied
- onderdeel II: herschikking STONE-plots
- onderdeel III: opstellen nutriëntenbalans
- onderdeel IV: regionalisatie nutriëntenbelasting uit- en afspoeling

De onderdelen maken deel uit van het modelinstrumentarium ECHO (Kroes *et al.*, 2011) dat is ontwikkeld om stofbalansen op te stellen voor regionale toepassingen, waarin tevens de betrouwbaarheid van emissies, waaronder de uit- en afspoeling van nutriënten zijn gekwantificeerd (zie kader).

ECHO is ontwikkeld door Alterra. De methode 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. ECHO biedt transparant inzicht in de stoffenbalans, de betrouwbaarheid van de berekende uit- en afspoeling, ontrafelt de herkomst en stuurbaarheid van de nutriëntenbronnen, verbetert de landelijke geschematiseerde rekenplots van STONE met regionale informatie, berekent de achtergrondbelasting en kan ook ingezet worden om effecten van maatregelen te kwantificeren. ECHO levert voor waterlichamen of afvoergebieden een water- en stoffenbalans met inzicht in de:

- in- en uitgaande nutriëntenvrachten op basis van metingen (debieten en concentraties);
- uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurbodems (regionale optimalisatie STONE-plots);
- bronnen achter de uit- en afspoeling (aandeel bemesting, kwel, depositie);
- overige punt- en diffuse bronnen uit de Emissieregistratie, aangescherpt met regionale gegevens;
- retentie van nutriënten in het oppervlaktewater;
- mismatch tussen berekende en uit metingen afgeleide N- en P-vrachten;
- onzekerheden in de uit metingen afgeleide vrachten en in de berekende vrachten.

Onderdeel I: analyse studiegebied

Een van de bronnen die bijdragen aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater is de uit- en afspoeling van nutriënten vanuit het landelijk gebied. De nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit het landelijk gebied (uit- en afspoeling) is berekend met het STONE-instrumentarium (versie STONE 2.4, Wolf *et al.*, 2003). 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 dateert van 2000 (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 gridcellen van 250*250 m die dezelfde unieke combinatie van eigenschappen hebben. 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, kationenadsorptiecapaciteit (CEC);
- indeling naar overige kenmerken: o.a. meteorologische kenmerken.

Omdat de huidige schematisatie dateert uit 2000 en omdat het een landelijke schematisatie betreft, is het goed mogelijk dat deze niet overeenkomt met de regionale of lokale situatie voor een deelgebied binnen het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Om inzicht te krijgen of er verschillen zijn tussen de regionale of lokale kenmerken van het gebied en de huidige STONE-schematisering, is een aantal ruimtelijke kenmerken van de deelgebieden binnen het beheergebied geanalyseerd. De volgende kenmerken zijn in ogenschouw genomen:
- landgebruik
- bodemtype
- hydrologische toestand

Voor het huidig landgebruik is gebruikgemaakt van het LGN6-bestand (Hazeu *et al.*, 2010). Het LGN6 bestand onderscheidt 39 landgebruikstypen. Het is een grid-bestand met een ruimtelijke resolutie van 25*25 meter met als referentiejaar 2007/2008. In het bestand worden de belangrijkste landbouwgewassen, bos, water, natuur en stedelijke klassen onderscheiden. Voor deze studie zijn de landgebruikstypen geclusterd tot zes landgebruiksvormen: grasland, akkerbouw, maïs, natuur, stedelijk gebied en open water.

Om inzicht te krijgen in de verschillen in bodemtype is gebruikgemaakt van de bodemkaart 1:50000. 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.

De bodemkaart 1:50000 wordt 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 Gt-klassen (Tabel 3.5).

Tabel 3.5
Overzicht van grondwatertrappenindeling voor de Bodemkaart van Nederland (1:50000).

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

De grondwatertrappen zijn op basis van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) geclusterd in drie groepen:
- nat: Gt-klasse I, II, III, V en V*
- matig droog: Gt-klasse IV en VI
- droog: Gt-klasse VII en VII*

Onderdeel II: herschikking STONE-plots (ECHO)
Op basis van de resultaten uit onderdeel I wordt een zodanige ruimtelijke herverdeling gemaakt van de STONE-plots dat deze beter aansluiten bij het landgebruik, bodemtype en hydrologische toestand (waaronder kwel) van het deelgebied binnen het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Dit wordt bewerkstelligd door rekenplots uit de landelijke schematisering die niet representatief blijken te zijn, te vervangen door rekenplots die beter aansluiten bij de regiospecifieke informatie over bodemtypen, grondwatertrappen en landgebruik. Deze methodiek wordt de ruimtelijke herschikking van STONE-plots genoemd.

Bij de ruimtelijke herschikking van STONE-plots worden op basis van gedetailleerde kaartgegevens van het landgebruik (LGN6), bodemtype en grondwatertrappen (beide 1:50000 bodemkaart) nieuwe rekeneenheden gemaakt met een basisgrootte van 25*25 m. Voor iedere rekeneenheid worden de kenmerken landgebruik, bodem en grondwatertrap geclusterd naar de kenmerken van een STONE-plot. Voor het landgebruik betekent dit dat de verschillende landgebruiksvormen van LGN6 geclusterd worden naar de vier landgebruiksvormen van STONE: grasland, mais, akkerbouw en natuur. De bodemtypen van de 1:50000 bodemkaart worden geclusterd naar de 21 bodemfysische eenheden van STONE. De verschillende grondwatertrappen van de 1:50000 bodemkaart worden geclusterd naar de 7 grondwatertrappen van STONE. Op deze wijze kan voor iedere nieuwe rekeneenheid in de verschillende deelgebieden binnen het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier een STONE-plot geselecteerd worden.

Onderdeel III: opstellen nutriëntenbalans
Tabel 3.6 geeft een overzicht van de (belangrijkste) balanstermen en bijbehorende informatiebronnen die bij het opstellen van een nutriëntenbalans zijn gehanteerd. Vervolgens zijn de verschillende balanstermen kort toegelicht. De nutriëntenbalansen zijn opgesteld voor de periode 2000-2009. De nutriëntenbelasting voor het jaar 2010 is niet opgesteld, omdat de data uit de Emissieregistratie, die Alterra heeft gebruikt, alleen de belasting tot 2009 weergeeft.

Tabel 3.6
Overzicht van de balanstermen die gebruikt zijn bij het opstellen van een nutriëntenbalans.

Balanstermen	Bron
Inkomende vracht	
Uit- en afspoeling	STONE (versie 2.4)
Landbouw overig [1]	Emissieregistratie (versie 2009)
Atmosferische depositie [2]	
RWZI's	
Industriële lozingen	
Overige bronnen [3]	
Inkomende vracht via inlaatwater	Nutriëntenconcentraties inlaatwater
	Inlaathoeveelheden op basis van de waterbalans
Directe kwel naar het oppervlaktewater [4]	Kwelconcentraties uit STONE 2.4
	Kwelflux op basis van de waterbalans
Gasbronnen	Regionale studie, 1982
Retentie in het oppervlaktewater	Alterra (EMW, 2012, Van Boekel *et al.*, 2012)
Uitgaande vracht via gemalen	Nutriëntenconcentraties in het studiegebied
	afvoeren op basis van de waterbalans

1) landbouw overig: meemesten sloten, glastuinbouw, overige landbouwemissies.
2) dit betreft **alleen** de depositie op open water. De atmosferische depositie op het land zit verdisconteerd in de uit- en afspoeling.
3) overige bronnen: huishoudelijke, ongerioleerde lozingen, verkeer, vervoer, etc.
4) dit betreft **alleen** de directe kwel naar open water. De kwel onder landbouw en natuurgronden zit verdisconteerd in de uit- en afspoeling.

Het bepalen van de inkomende vracht via inlaatwater en de uitgaande vracht via de gemalen is in paragraaf 3.3 behandeld.

Uit- en afspoeling nutriënten landelijk gebied
De nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit het landelijk gebied (uit- en afspoeling) is berekend met het STONE-instrumentarium (versie STONE 2.4). Bij het berekenen van de uit- en afspoeling voor de verschillende deelgebieden binnen het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier worden drie stappen onderscheiden:
1. berekeningen van de uit- en afspoeling op basis van de huidige STONE-schematisatie;
2. berekeningen van de uit- en afspoeling op basis van een nieuwe STONE-schematisatie waarbij STONE-plots zijn geselecteerd die beter overeenkomen met het landgebruik, bodemtype en hydrologische toestand voor de verschillende deelgebieden;
3. berekeningen van de uit- en afspoeling met nieuwe STONE-plots die zijn aangemaakt op basis van regionale data, waaronder de neerslag, kwelflux en kwelconcentraties.

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 (RWZI's, industriële lozingen) en diffuse bronnen (verkeer, landbouw) voor de periode vanaf 1990. De bronnen van de Emissieregistratie zijn voor het opstellen van de nutriëntenbelasting geclusterd tot vijf groepen:

- landbouw overig: meemesten sloten, glastuinbouw, overige landbouwemissies;
- atmosferische depositie open water;
- RWZI's;
- industriële lozingen;
- overige bronnen: verkeer, huishoudelijk afval, overige emissies.

Directe kwel
Voor het schatten van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater via de directe kwel is informatie over het areaal open water, de kwel of wegzijgingsflux en de kwelconcentraties noodzakelijk. Voor het schatten van het areaal open water en de gebiedsgemiddelde kwel- of wegzijgingsflux wordt gebruikgemaakt van de gegevens uit de waterbalansmodule. Voor de nutriënten zijn de concentraties overgenomen die in STONE 2.4 zijn gebruikt. Voor deelgebieden met een netto wegzijging is aangenomen dat er geen directe kwel naar het oppervlaktewater optreedt.

Gasbronnen
Gasbronnen zijn niet apart meegenomen bij het opstellen van de nutriëntenbalans. Het effect van de gasbronnen is verdisconteerd in de c-waarde en daarmee in de kwel. Hierbij is verondersteld dat de gemiddelde nutriëntenconcentraties in gasbronwater niet wezenlijk verschillen van de nutriëntenconcentraties van het kwelwater.

Retentie
Naast de bronnen van nutriënten wordt ook de retentie geschat. Retentie in het oppervlaktewater staat voor het 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). Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De retentie op nutriënten, die vanuit het landsysteem uitspoelen naar het oppervlaktewater, is voor vrij afwaterende gebieden afhankelijk van de 'specifieke afvoer'. Aangezien geen van de 42 deelgebieden geclassificeerd is als een 'vrij afwaterend gebied', is dit uitgangspunt niet aan de orde.
- Er wordt onderscheid gemaakt in retentie voor stikstof en fosfor voor de uit- en afspoeling vanuit het landelijk gebied.
- De retentie van stikstof in de veen- en kleipolders varieert per polder. De retentie is afhankelijk van de onderliggende retentieprocessen denitrificatie, netto-opname (zomerhalfjaar) en afgifte (winterhalfjaar) van nutriënten door waterplanten.
- Voor de fosforretentie in poldersystemen en de stikstofretentie in zandige polders zijn dezelfde retentiefactoren aangehouden die zijn gehanteerd bij de ex-ante-evaluatie landbouw en KRW (Van der Bolt *et al.*, 2008, van Gerven *et al.*, 2009, Van Boekel *et al.*, 2012).
  Voor de uit- en afspoeling is een vaste retentiefactor gebruikt van 50% en voor de andere bronnen is een vaste retentiefactor van 20% aangehouden. Ook voor 'overgangsgebieden' (deel polder, deel vrij afwaterend) worden deze retentiefactoren aangehouden.

De grootte van deze retentieprocessen is voor stikstof afgeleid uit metingen (PLONS-project, www.plons.wur.nl). In Bijlage 3 is aangegeven op welke wijze de retentie is geschat voor poldersystemen. Op basis van de eigenschappen van de polders is de capaciteit van het oppervlaktewatersysteem bepaald om stikstof vast te leggen, uitgedrukt in gram per m^2 waterbodem. De zo berekende absolute stikstofretentie is van toepassing voor alle nutriëntenbronnen in polders met voornamelijk klei of veen in de ondergrond.

De gebruikte retentiefactoren van 50% voor de diffuse bronnen is afgeleid van schattingen voor grotere stroomgebieden (Kronvang *et al.*, 2004). De diffuse bronnen belasten vooral het ontwateringssysteem met grote verblijftijden en daardoor grote retentie en komen vervolgens in het afwateringssysteem met hogere stroomsnelheden, kleinere verblijftijden en kleinere retentie. Puntlozingen lozen rechtstreeks op het afwateringssysteem, de retentie van de vrachten uit de puntbronnen zal kleiner zijn dan de retentie voor de diffuse bronnen. De gemiddelde retentie voor puntbronnen is geschat op 20%. De retentie binnen een stroomgebied zal dus altijd tussen de 20% en 50% liggen, afhankelijk van het aandeel van de puntbronnen en diffuse bronnen in de belasting. De toegepaste retentiefactoren zijn onafhankelijk van de condities binnen de deelgebieden en zijn dus schaalonafhankelijk.

In Tabel 3.7 is de situatie geschetst wanneer een deelgebied overwegend een klei- of veenpolder is. Voor stikstof is een gebiedsspecifieke retentie afgeleid, voor fosfor worden vaste retentiefactoren gebruikt. Wanneer een deelgebied overwegend uit zandgronden bestaat en/of het een overgangsgebied betreft, zijn voor stikstof dezelfde retentiefactoren toegepast als voor fosfor. Voor een nadere toelichting bij de vastgestelde retentiewaarden wordt naar Bijlage 3 verwezen.

Tabel 3.7

Inschatting van de retentie per emissiebron voor polders met overwegend veen of klei.

Emissiebron	Stikstof	Fosfor
Uit- en afspoeling	Gebiedsspecifiek	0,5
Landbouw overig [1]		0,2
Atmosferische depositie [2]		0,2
Industriële lozingen		0,2
Overige bronnen [3]		0,2
Inlaat		0,2
Directe kwel [4]		Geen retentie

1) landbouw overig: meemesten sloten, glastuinbouw, overige landbouwemissies.

2) dit betreft **alleen** de depositie op open water. De atmosferische depositie op het land zit verdisconteerd in de uit- en afspoeling.

3) overige bronnen: huishoudelijke, ongerioleerde lozingen, verkeer, vervoer, etc.

4) dit betreft **alleen** de direct kwel naar open water. De kwel onder landbouw en natuurgronden zit verdisconteerd in de uit- en afspoeling.

Onderdeel IV: regionalisatie nutriëntenbelasting via de uit- en afspoeling (stap 4)

In fase 2 van het project 'Monitoring Stroomgebieden' zijn voor vier gebieden nutriëntenbalansen opgesteld (Woestenburg en Van Tol-Leenders, 2011). De plausibiliteit van de nutriëntenbalansen voor de vier stroomgebieden zijn in deze studie in beeld gebracht door gebruik te maken van metingen in het oppervlaktewater.

Een van de belangrijkste aanbevelingen uit deze systeemanalyse is een regionalisatie van de modelinvoer voor het STONE-instrumentarium (Siderius *et al.*, 2007; Kroes *et al.*, 2006; Jansen *et al.*, 2006; Roelsma *et al.*, 2006).

In de studie voor het afleiden van de theoretische achtergrondconcentratie zijn de aanbevelingen uit 'Monitoring Stroomgebieden' overgenomen. Per afwateringseenheid is de uit- en afspoeling van nutriënten opnieuw met STONE (in feite de rekenmodellen SWAP en ANIMO) berekend, waarbij gebiedsspecifieke gegevens worden gebruikt (regionalisatie). Hierbij zijn de volgende data meegenomen:

- meteorologische gegevens (neerslag, verdamping);
- onderrand (wegzijging, kwel);
- nutriëntenconcentraties van het (diepe) grondwater (kwelkwaliteit).

3.5 Stap 4: Plausibiliteit nutriëntenbalans

De nutriëntenbalans wordt in deze studie als basis gebruikt voor het afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties. De plausibiliteit van de nutriëntenbalans is in beeld gebracht door de met ECHO berekende uitgaande vracht te vergelijken met de uitgaande vracht die is afgeleid op basis van de berekende waterafvoer en gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater voor de verschillende deelgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. De berekende uitgaande vracht is als volgt berekend (formule 1):

$$L_{uit\ berekend} = (1-R_{inlaat}) * L_{inlaat} + (1-R_{RWZI}) * L_{RWZI} + (1-R_{ER}) * L_{ER} + (1-R_{STONE}) * L_{STONE} + L_{kwel} \quad 1)$$

Waarin:

- $L_{uit\ berekend}$ gemiddelde (jaarlijkse) berekende uitgaande vracht;
- L_{STONE} de berekende uit- en afspoeling uit het landelijk gebied (STONE 2.4);
- L_{RWZI} belasting van nutriënten uit RWZI's (Emissieregistratie 2009);
- L_{ER} belasting van nutriënten uit industriële bronnen, stedelijk gebied, atmosferische depositie open water, scheepvaart en overige bronnen (Emissieregistratie 2009);
- L_{inlaat} inkomende vracht via inlaatwater;
- L_{kwel} belasting van nutriënten via directe kwel naar oppervlaktewater;
- L_{org} organisch materiaal (bladeren, maaisel) dat rechtstreeks in de waterlopen valt (hoe groot de bijdrage van deze bron is in stroomgebieden met begroeiing van bodem en met struiken langs de waterloop wordt nog verkend (Schoumans *et al.*, 2008)). In deze studie is deze balansterm daarom nog niet meegenomen;
- R_{STONE} geschatte retentie van nutriënten in het landelijk gebied (sloten en haarvaten);
- R_{inlaat} geschatte retentie van nutriënten dat via inlaatwater wordt aangevoerd;
- R_{RWZI} geschatte retentie van nutriënten vanuit RWZI's;
- R_{ER} geschatte retentie van nutriënten vanuit overige bronnen (Emissieregistratie 2009).

Aanvulling meetreeksen

De plausibiliteit van de stoffenbalans is in beeld gebracht voor de periode 2000-2009. Voor het afleiden van de uitgaande vracht op basis van metingen (nutriëntenconcentraties) en berekeningen (waterafvoer) zijn gemeten nutriëntenconcentraties nodig voor de totale periode (2000-2009). In de praktijk bleek dat voor de meeste meetlocaties voor deze periode geen volledige meetreeks beschikbaar te zijn (bijv. voor maar 1 jaar) en dat lineaire interpolatie niet mogelijk is. Om voor ieder deelgebied over een volledige meetreeks voor de gewenste periode te beschikken is voor deze studie een methode ontwikkeld om op basis van meetlocaties met een complete meetreeks andere meetreeksen die incompleet zijn, aan te vullen.

Voor het aanvullen van bestaande meetreeksen zijn de beschikbare meetreeksen toegekend aan hoofdgebieden. Hierbij is de indeling die in paragraaf 2.3 is beschreven als uitgangspunt gehanteerd:

1. Droogmakerijen: 10 deelgebieden;
2. Laagveengebieden: 8 gebieden
3. Jonge klei: 18 gebieden
4. Jonge lei met duinzand (Duinstrook): 3 gebieden
5. Bollengebied: 2 deelgebieden
6. Overig: deelgebied gemeenschappelijke polders

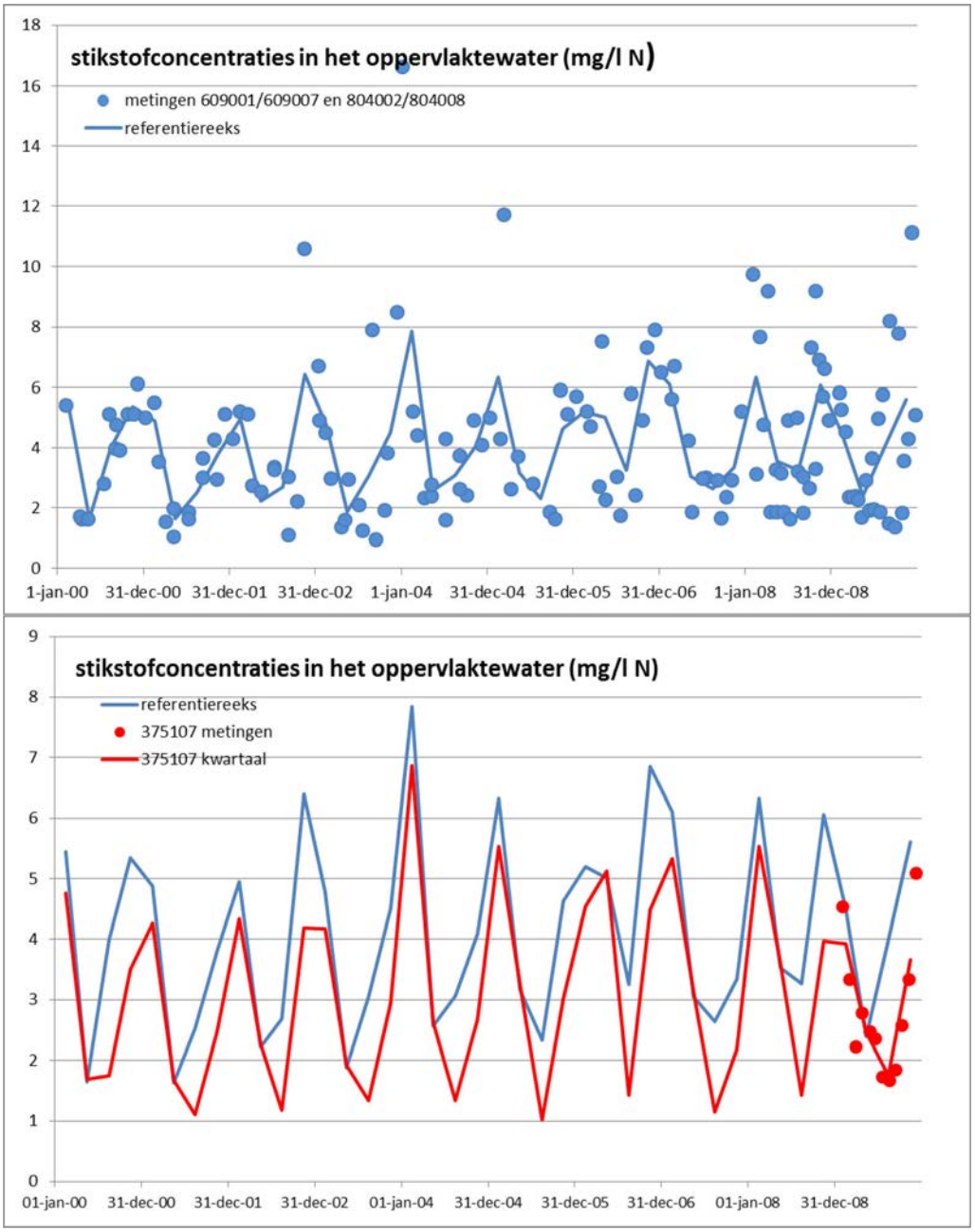
De verschillen in indeling die gehanteerd is in paragraaf 2.3 (en ook in de andere hoofdstukken) zijn:

- Voor de deelgebieden Anna Paulownapolder Hoog en Anna Paulownapolder Laag is een apart groep aangemaakt omdat 1) het landgebruik gedomineerd wordt door de bollenteelt (en daarmee afwijkt van de overige gebieden binnen deelgebied Jonge klei) en 2) in het gebied twee meetpunten beschikbaar zijn met een volledige meetreeks;
- Hoofdgebied *keileem* wordt niet meer onderscheiden. Deelgebied Gemeenschappelijke polders heeft een volledige meetreeks en hoeft daarom niet opgevuld te worden. Deelgebied Wieringen is toegekend aan hoofdgebied *Jonge klei.*

Per hoofdgebied is gezocht naar het deelgebied met de meest complete meetreeks. De waarnemingen van deze meetreeks worden in de tijd opgeschaald naar gemeten kwartaalgemiddelde nutriënten-concentraties. Er is in deze studie gekozen voor een kwartaalgemiddelde concentratie omdat:

- Er niet voor een specifieke meetdatum van de meetlocatie van de meest complete meetreeks een uitspraak gedaan kan worden voor het aanvullen van de meetreeks van een andere meetlocatie. Voor het kwartaalgemiddelde is de voorspellingskans groter.
- Een aantal meetlocaties maar één meting per kwartaal heeft.

Door gebruik te maken van de gemeten kwartaalgemiddelde concentraties van de meest complete meetreeks kan een schatting gemaakt worden van de kwartaalgemiddelde concentraties van de meetlocatie waarvoor geen meting is uitgevoerd. In Figuur 3.5 is grafisch weergegeven op welke wijze de gemeten nutriëntenconcentraties zijn gebruikt om een incomplete meetreeks aan te vullen. De meetreeks van de meetlocaties 609001/609007 en 804002/804008 wordt opgeschaald naar gemeten gemiddelde kwartaalconcentraties, de zogenaamde referentiereeks (bovenste figuur). Voor meetlocatie 375107 (zie onderste Figuur 3.5), waarvoor alleen voor het jaar 2009 een meetreeks beschikbaar is, wordt deze referentiereeks gebruikt om een schatting te geven van de kwartaalconcentraties in de periode 2000-2008. De methodiek van het aanvullen van incomplete meetreeksen heeft als veronderstelling dat de (jaarlijkse) trend in gemeten concentraties van de verschillende meetlocaties hetzelfde is.



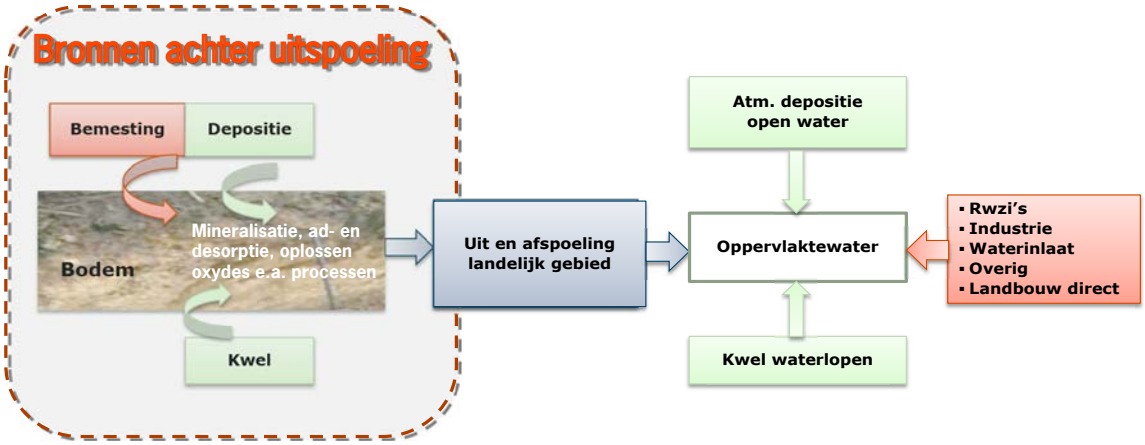
Figuur 3.5 *Methodiek voor het aanvullen van incomplete meetreeksen.*

3.6 Stap 5: Afleiden theoretische achtergrondconcentraties

In de vorige paragrafen is de werkwijze toegelicht om tot een plausibele nutriëntenbalans te komen voor de verschillende deelgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Op basis van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater kan de theoretische achtergrondconcentratie voor stikstof en fosfor worden afgeleid. Met de theoretische achtergrondconcentratie wordt het volgende bedoeld:

> De theoretische achtergrondconcentratie is de theoretisch afgeleide stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater die verwacht kan worden indien er alleen sprake is van natuurlijke nutriëntenbronnen en de bijdrage van antropogene bronnen buiten beschouwing wordt gelaten.

Herkomst nutriëntenbelasting oppervlaktewater
Op basis van deze definitie is het nodig om de bronnen in te delen in *antropogeen* versus *natuurlijk.* In Figuur 3.6 zijn de **belangrijkste** bronnen/emissieroutes weergegeven die bijdragen aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, waarbij voor de uit- en afspoeling de achterliggende bronnen zijn weergegeven.



Figuur 3.6 *Overzicht van de belangrijkste bronnen/emissieroutes naar het oppervlaktewater.*

De bronnen uit Figuur 3.6 zijn ingedeeld in antropogeen en natuurlijk door gebruik te maken van de indeling die in overleg met de Nutriëntenwerkgroep Rijn-West is vastgesteld (Tabel 3.8) (Schipper *et al.*, 2012).

Tabel 3.8
Onderverdeling in antropogene en natuurlijke nutriënten bronnen.

Categorie	Type bron	Bronnen/emissieroutes
Antropogeen	Puntbron	RWZI's
	Puntbron	Industriële lozingen
	Punt + diffuse bron	Landbouw overig
	Punt + diffuse bron	Overige bronnen
	Punt bron	Inlaat
	Diffuse bron	Bemesting (actueel en historisch)
Natuurlijk	Diffuse bron	Atmosferische depositie
	Diffuse bron	Kwel
	Diffuse bron	Uitspoeling van eerder geïnfiltreerd oppervlaktewater
	Diffuse bron	Natuurlijke nalevering (mineralisatie, uitloging) bodem
	Diffuse bron	Natuurgebieden

Antropogene puntbronnen en diffuse bronnen
De herkomst van stoffen is duidelijk voor puntbronnen die een antropogene achtergrond hebben waaronder RWZI's, industriële lozingen, landbouw overig en overige bronnen (huishoudelijk afval, verkeer). Waterinlaat is ook toegekend aan de categorie antropogeen, maar kan gezien worden als een arbitraire aanname, omdat de nutriënten die via het inlaatwater worden aangevoerd ook (deels) een natuurlijke achtergrond kunnen hebben.

Atmosferische depositie en kwel
De atmosferische depositie (open water) en de directe bijdrage van kwel aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater zijn toegekend aan de categorie natuurlijk.
Voor atmosferische depositie is dit voor stikstof een arbitraire aanname, omdat de N-depositie voor een belangrijk deel antropogeen is (ammoniakemissies veehouderij, industrie, verkeer, energiecentrales). Ook de kwaliteit van het kwelwater kan verslechterd zijn door menselijke invloed, hoewel veel kwelsystemen een lange verblijftijd in de bodem hebben zodat een verslechterde kwaliteit (hoge gehalten sulfaat, kalium, alkaliteit, sporemetalen) pas na zeer lange tijd tot uitdrukking komt.

Bronnen achter de uit- en afspoeling
De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor vanuit landbouw- en natuurgebieden is de resultante van verschillende achterliggende bronnen en verschillende fysisch-geochemische processen (Figuur 3.6).
De bronnen achter de uit- en afspoeling vanuit het landelijk gebied zijn:
- atmosferische depositie op het land;
- bemestingsoverschot (historisch en actueel);
- kwel;
- natuurlijke nalevering bodem (geogeen);
- uit- en afspoeling vanuit natuurgebieden;
- in een vorig zomerseizoen geïnfiltreerd oppervlaktewater. In laag-Nederland kunnen in het winterseizoen nutriënten uitspoelen naar het oppervlaktewater die in het voorgaande zomerseizoen vanuit hetzelfde oppervlaktewater zijn geïnfiltreerd.

Omdat het wenselijk is de invloed van bemesting op de uit- en afspoeling te weten, is het nodig deze achterliggende bronnen te ontrafelen.

In deze studie is gekozen om de herkomst van bronnen te bepalen op basis van methode die is toegepast en nader toegelicht in de achtergrondrapportage *Bronnen van diffuse nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Evaluatie Meststoffenwet 2012:* (Groenendijk *et al.*, 2012).

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- de bemesting in het verleden die vanaf grofweg 1940 heeft plaatsgevonden, wordt opgevat als antropogeen;
- kwel en atmosferische depositie op het landelijk gebied worden opgevat als natuurlijk (ook al geldt dat de atmosferische depositie van stikstof door menselijke bronnen is verhoogd door ammoniakemissies veehouderij, industrie, verkeer, energiecentrales);
- de (versnelde) mineralisatie door verbetering van de ontwatering wordt niet beschouwd als antropogeen, omdat de ontwatering voor het bewoonbaar maken van ons lage land ver teruggrijpt en gezien kan worden als een niet omkeerbare ingreep;

Afleiden theoretische achtergrondconcentratie

Nadat de herkomst van nutriënten voor de uit- en afspoeling is bepaald, kunnen theoretische achtergrondconcentraties worden afgeleid op basis van gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater (formule 2).

$C_a = C_{gem} * f_{nat}$ waarin: 2)

C_a: de theoretische achtergrondconcentratie;
C_{gem}: de gemiddelde gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009;
f_{nat}: relatieve bijdrage van de natuurlijke nutriëntenbronnen aan de belasting van het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009.

Voor het bepalen van de gemiddelde gemeten stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater zijn niet alle meetpunten gebruikt. Alleen meetpunten waarvoor metingen beschikbaar zijn in de periode 2000-2009 en die gelegen zijn in het betreffende deelgebied zijn meegenomen. Meetpunten buiten het tijdvak (periode voor 2000) en meetpunten buiten het deelgebied (bijvoorbeeld in de ringvaart of boezem) zijn niet meegenomen bij het berekenen van de gemiddelde stikstof- en fosforconcentraties.

4 Resultaten waterbalans

4.1 Kalibratie

Zoals in paragraaf 3.2 is aangegeven, zijn de volgende factoren belangrijk voor het kalibreren van de balans:

1. Inlaat
2. Bodemparameters
   a. Bergingscoëfficiënt bodem
   b. Drainageweerstand onverhard gebied ➔ water
   c. Infiltratieweerstand water ➔ onverhard gebied
3. Gewasfactor verdamping
4. Chlorideconcentratie

Voordat deze factoren zijn gebruikt in de kalibratie is bekeken wat het effect is op de resultaten van de waterbalans. Dit noemen we de gevoeligheidsanalyse. Uit de gevoeligheidsanalyse is voor de bodemparameters een standaardwaarde gekozen die in eerste instantie voor alle balansen is gebruikt. Die parameters zijn vervolgens alleen bijgesteld als de gebiedseigenschappen en balansresultaten hiertoe aanleiding gaven. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse worden hieronder beschreven.

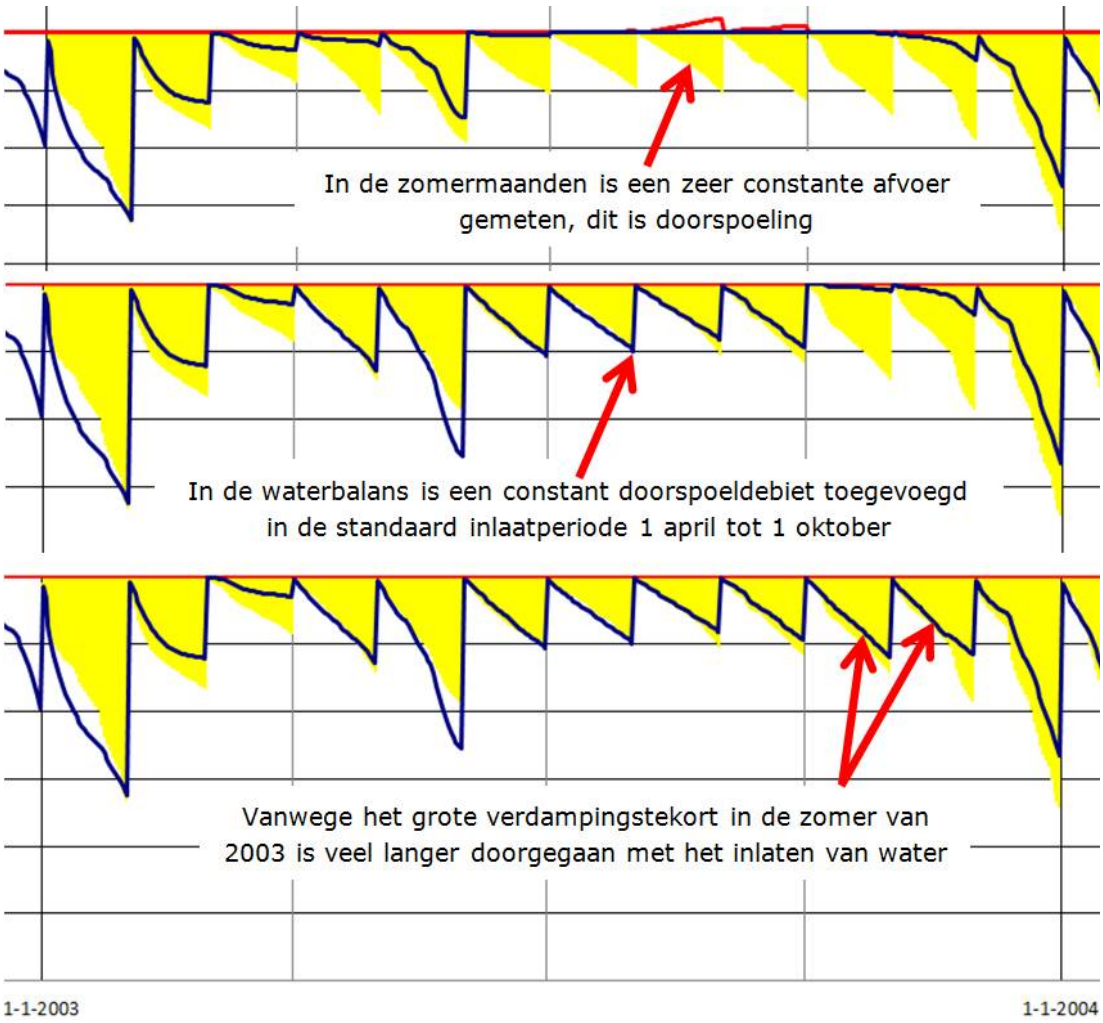
Gevoeligheidsanalyse

1. Inlaat
De inlaat is ingeregeld per jaar als een constant debiet tussen 1 april en 1 oktober. Om de inlaat in te schatten, is gekeken naar het afvoerpatroon in de zomer. In alle polders wordt meer water ingelaten dan gebruikt wordt voor de (grond)water aanvulling, waardoor in de droge zomermaanden sprake is van een vrij constante basisafvoer, ook wel doorspoeldebiet genoemd. Voor de jaren dat afvoermetingen van het poldergemaal beschikbaar zijn, is op basis van het debiet een inlaatdebiet geschat. Voor de jaren zonder afvoergegevens is uitgegaan van een gemiddeld inlaatdebiet.

In sommige gevallen is de inlaatperiode duidelijk anders of is door extreme droogte zichtbaar dat tijdelijk meer water is ingelaten. In deze gevallen is afgeweken van de standaard inlaatperiode en het constante debiet.

Figuur 4.1 toont de berekende polderafvoer cumulatief over een maand (met de blauwe lijn). De gele gestapelde grafiek is de gemeten polderafvoer. Het betreft driemaal hetzelfde waterbalansgebied met andere aannames voor de inlaat:

1. In de eerste afvoergrafiek is alleen water ingelaten ten behoeve van peilbeheer;
2. In de tweede afvoergrafiek is uitgegaan van een constant doorspoeldebiet in de periode 1 april tot 1 oktober;
3. In de derde afvoergrafiek is de doorspoelperiode verlengd tot 20 november.



Figuur 4.1 *Berekende polderafvoer (cumulatief over een maand) voor drie verschillende aannames voor de inlaat. Berekende (blauwe lijn) en uit metingen afgeleide (geel gearceerd).*

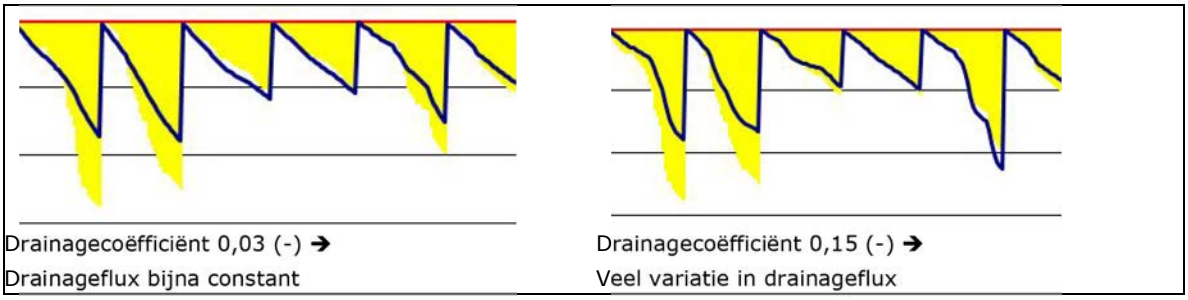
2. Bodemparameters

Bergingscoëfficiënt bodem

De bergingscoëfficiënt is de beschikbare ruimte in de bodem om te bergen. Deze verschilt sterk in de tijd, afhankelijk van grondsoort, ontwatering, gewas, voorgeschiedenis, etc. In de waterbalans is de bergingscoëfficiënt beperkt van invloed door de simplistische benadering van de geohydrologie. Initieel is uitgegaan van de waarde 0,15 (-) voor alle waterbalansgebieden en is in het vervolg niet meer bijgesteld.

Drainageweerstand

Uitspoeling van grondwater (drainage) vindt plaats als het actuele volume grondwater groter is dan het opgegeven evenwichtsvolume. Het gedraineerde volume per dag is gelijk aan het product van het overschot (m^3) en de drainagecoëfficiënt (-). Een grote drainagecoëfficiënt leidt ertoe dat water snel uitstroomt en de uitspoeling min of meer het neerslagpatroon volgt. Als een kleine coëfficiënt wordt toegepast, vlakt het afvoerpatroon sterk af. In Figuur 4.2 wordt daarvan een voorbeeld gegeven.

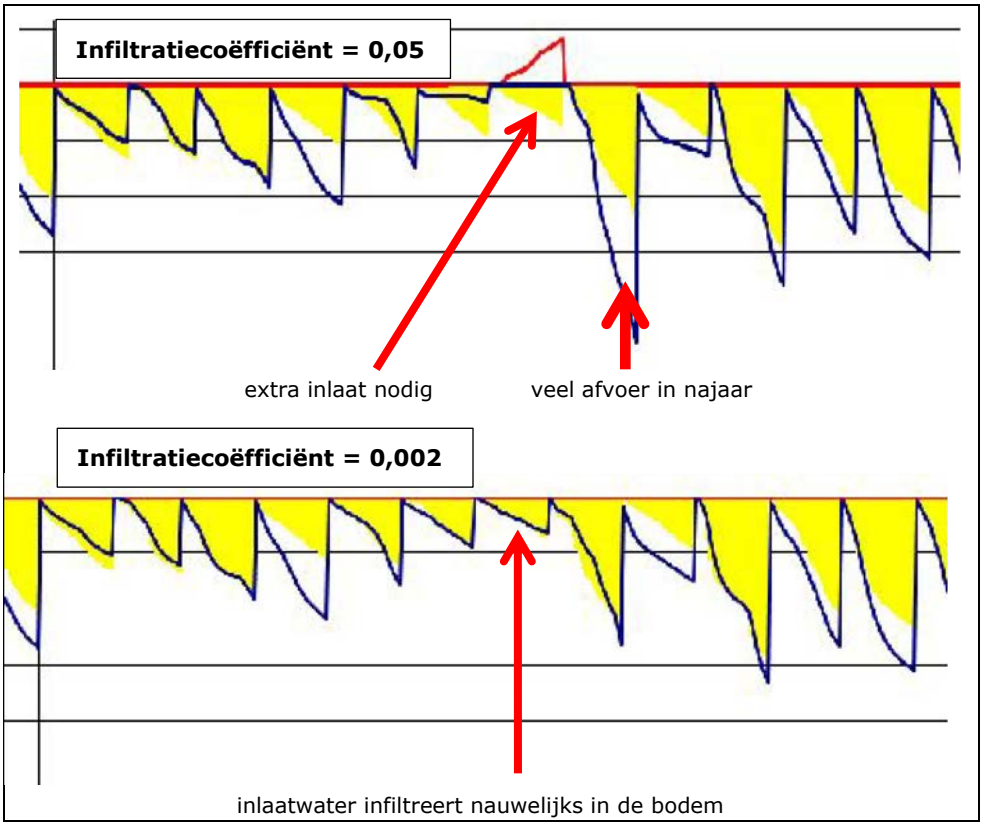


Figuur 4.2 *Variatie in drainageflux bij verschillende infiltratiecoëfficiënten. De blauwe lijn is de berekende drainageflux, de geel gearceerde de uit metingen afgeleide totale afvoer.*

In de linkerfiguur (drainagecoëfficiënt 0,03) benadert de berekende afvoer een constante afvoer, in de rechter (drainagecoëfficiënt 0,15) is veel meer variatie in de dagafvoer zichtbaar. Op basis van onderstaand figuur is een initiële drainagecoëfficiënt van 0,15 (-) gekozen voor niet-gedraineerde grond en 0,225 (-) voor gedraineerde grond.

<u>Infiltratieweerstand</u>
Infiltratie van oppervlaktewater naar grondwater vindt plaats als de grondwaterstand uitzakt tot onder streefpeil. In de waterbalans is het criterium dat het actuele grondwatervolume kleiner moet zijn dan het evenwichtsvolume. Als er veel infiltratieweerstand is, kan het grondwatervolume ver uitzakken in droge perioden, zodat afvoer in opvolgende natte perioden tijdelijk uitblijft. Het grootste effect is zichtbaar in de najaarsafvoer of de afvoer na een hevige zomerbui.

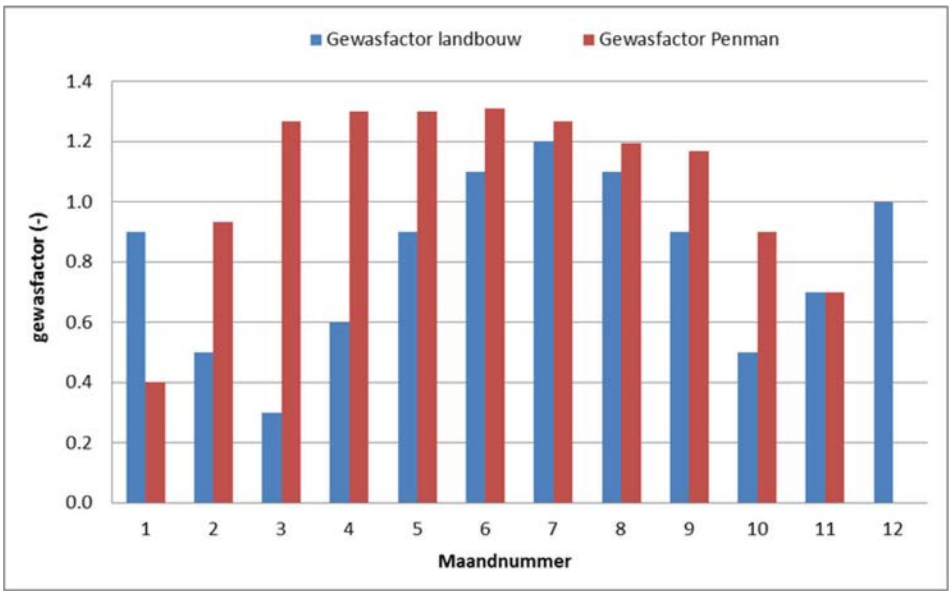
In Figuur 4.3 zijn berekende (blauwe lijn) en gemeten (gele vlak) cumulatieve maandafvoeren over het jaar 2006 te zien. In de bovenste figuur (infiltratiecoëfficiënt 0,05) wordt veel inlaatwater gebruikt voor de aanvulling van het uitzakkende grondwater. Na neerslag treedt snel afvoer van grondwater op. In de onderste figuur is een infiltratiecoëfficiënt van 0,002 (-) gebruikt.



Figuur 4.3 *Variatie in drainageflux bij verschillende infiltratiecoëfficiënten. De blauwe lijn is de berekende drainageflux, de geel gearceerde de uit metingen afgeleide totale afvoer.*

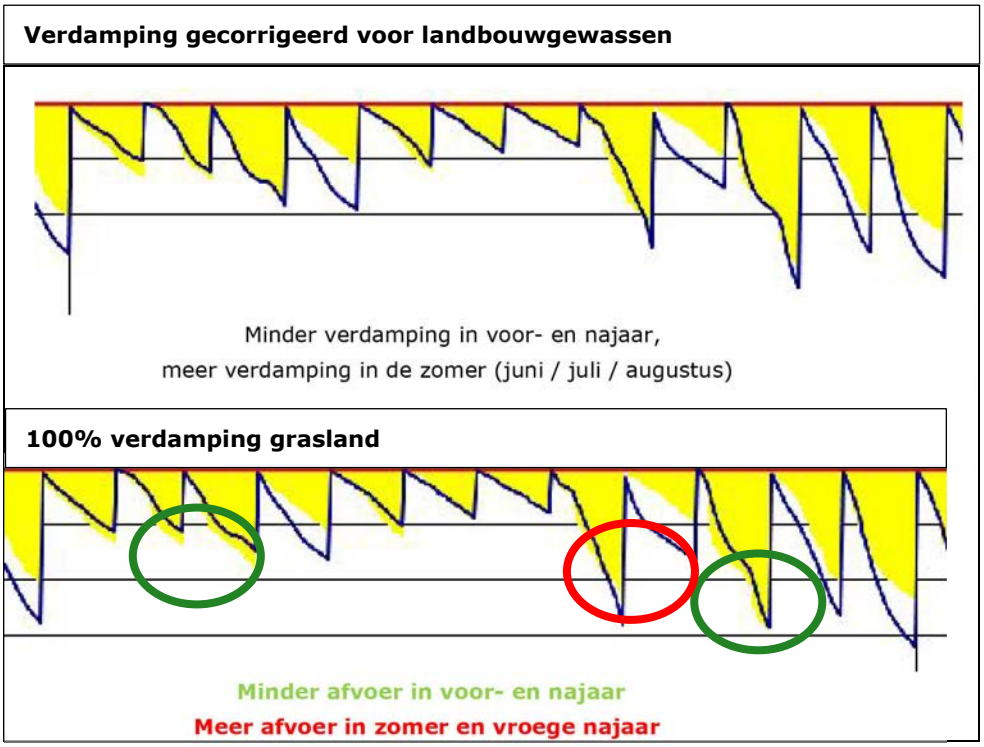
Op basis van bovenstaand figuur is een initiële infiltratiecoëfficiënt van 0,002 (-) gekozen bij alle waterbalansgebieden voor percelen zonder landbouw. Voor de percelen met landbouw is 0,004 (-) aangehouden, omdat hier in droge perioden vaak grondwateraanvulling plaatsvindt via beregening.

3. Gewasfactor verdamping
De potentiële verdamping verschilt tussen de gewastypen. Voor landbouwgewassen geldt in het algemeen dat deze in de zomer meer verdampen dan gras. Vroeg in het groeiseizoen en na de oogst ontstaat er echter een situatie waarin de landbouwpercelen minder verdampen dan grasland.
De potentiële verdamping kan worden uitgedrukt als een factor ten opzichte van de verdamping van gras (verdampingsfactor). Omdat op de schaal van de waterbalansgebieden sprake is van veel soorten landbouwproducten is een samengestelde reeks gemaakt (Figuur 4.4). De reeks vertoont de eerder beschreven relatie tot de verdamping van grasland en is gebaseerd op het verloop van gewasfactoren van diverse landbouwgewassen.



Figuur 4.4 *Gewasfactoren voor de omrekening van de referentie gewasverdamping naar de potentiële verdamping van open water (Penman) en landbouwgewassen.*

In Figuur 4.5 is een balans opgesteld over 2006 voor een gebied met 67% akkerbouwgronden. In de bovenste figuur is de balans getoond waarbij de samengestelde gewasfactor is toegepast. In de onderste figuur is de verdamping van gras toegepast op het gehele gebied.



Figuur 4.5 *Variatie in drainageflux gebruikmakend van verschillende gewasfactoren voor landbouwgronden.*

De invloed van de gewasfactor is niet heel groot, maar geeft in bovenstaand voorbeeld wel een betere fit tussen de berekende en gemeten afvoer. Op basis van Figuur 4.5 is besloten dat het zinvol is om rekening te houden met de gewasfactoren.

4. Chlorideconcentratie
Op basis van de watersamenstelling en aannames voor chlorideconcentraties voor de verschillende bronnen is de gemiddelde chlorideconcentratie in het water berekend. Door deze te vergelijken met de gemeten concentratie bij het gemaal is gecontroleerd of de verhouding tussen inlaat en kwel ongeveer klopt.
Per gebied is de gemiddelde chlorideconcentratie van de kwel berekend met het grondwatermodel. Voor alle andere bronnen is een standaardconcentratie aangehouden (aannames HHNK) omdat die over het algemeen niet veel varieert:

- Inlaat: 250 mg/l
- Neerslag: 6 mg/l
- Verhard: 50 mg/l
- Uitspoeling: 250 mg/l
- Oppervlakkige afstroming: 25 mg/l

De berekende chlorideconcentratie is sterk afhankelijk van de gemiddelde waterdiepte. Bij een grote gemiddelde diepte is het totale watervolume groot en fluctueert de watersamenstelling en dus de concentratie opgeloste stoffen minder.

De gemiddelde waterdiepte verschilt sterk per gebied, maar is voor alle gebieden aangenomen op 0,50 m. Voor de waterbalans is de gemiddelde diepte niet van belang (hier zijn andere posten gebruikt, zie hoofdstuk 3.2 Opstellen waterbalans).

4.2 Berekende waterbalansen

De waterbalans voor de 42 gebieden zijn door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier opgesteld voor de periode 2000-2010. In de achtergrondrapporten zijn de bijdrage van de verschillende termen voor de periode 2000-2009 gerapporteerd. Het jaar 2010 is niet opgenomen omdat bij aanvang van de studie de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor voor de bronnen uit de Emissieregistratie t/m 2009 berekend/bekend zijn en voor het jaar 2010 niet.

De 42 deelgebieden zijn geclusterd in vijf hoofdgebieden:
- Droogmakerijen: 10 deelgebieden
- Jonge klei: 19 deelgebieden
- Jonge klei met duinzand: 3 deelgebieden
- Laagveengebieden: 8 deelgebieden
- Keileemgebieden: 2 deelgebieden

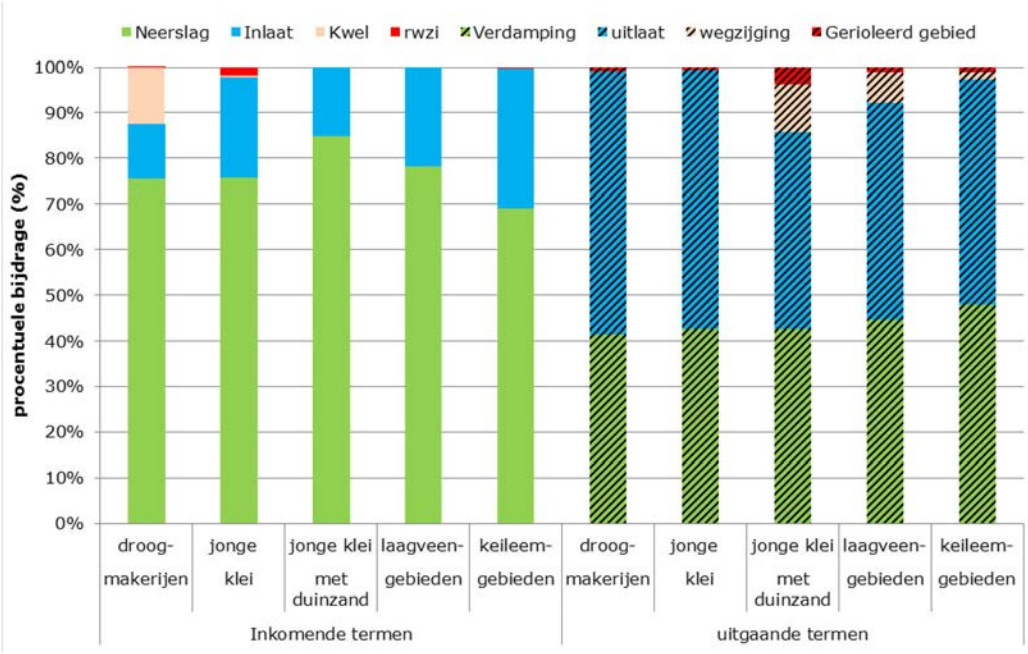
De gemiddelde bijdrage van de balanstermen aan het inkomende en uitgaande debiet zijn voor de vijf hoofdgebieden samengevat (Figuur 4.6). In Bijlage 4 zijn de resultaten van de waterbalans per polder uitgesplitst.

De neerslag is voor alle hoofdtypen de belangrijkste inkomende post (70-85%). Het overige deel is voornamelijk inlaatwater, variërend van 12% voor droogmakerijen tot 31% voor de keileemgebieden. De bijdrage van kwel is met name voor de droogmakerijen van belang (12%).

De bijdrage van RWZI's is zeer beperkt. Hierbij moet echter in ogenschouw genomen worden dat er in de meeste deelgebieden geen RWZI aanwezig is, waardoor overall gezien een lage bijdrage wordt berekend. Alleen voor de deelgebieden Wieringermeer-Oost (aandeel RWZI effluent 1%), Waal, Brug en het Noorden (5%), polder Eijerland (1%), Gemeenschappelijke polders (1%) en Vier Noorderkoggen Laag (24%) is voor de onderzochte periode (2000-2009) een RWZI aanwezig (anno 2015 zijn alleen de RWZI's in de deelgebieden Waal, Burg en het Noorden, Wieringermeer-Oost en Vier Noorderkoggen Laag nog in werking).

De bijdrage van de RWZI is ook op polderniveau klein, met uitzondering van deelgebied Vier Noorderkoggen Laag. Hierbij moet echter opgemerkt worden dat de invloed van de lozing van de RWZI betrekkelijk gering is voor het gebied. Dit vanwege de ligging van de lozing van de RWZI, betrekkelijk dicht bij het uitslagpunt (gemaal) van de polder, en vanwege het maalregime van het gemaal waardoor het effluent van de RWZI slechts in beperkte mate het gebied in kan stromen.

Het grootste gedeelte van de waterafvoer vindt plaats via de gemalen (43-58%), gevolgd door de verdamping (41-48%). De wegzijging en de afvoer via de riolering vormen gemiddeld een kleine post in de balans, maar in sommige polders is deze post wel significant. Met name de wegzijging speelt voor de deelgebieden binnen het hoofdtype *Jonge klei met duinzand* (7-14%) en de laagveengebieden (0-12%) een rol.



Figuur 4.6 *Gemiddelde bijdrage van de verschillende termen aan de waterbalans voor de periode 2000-2009 voor de vijf hoofdgebieden.*

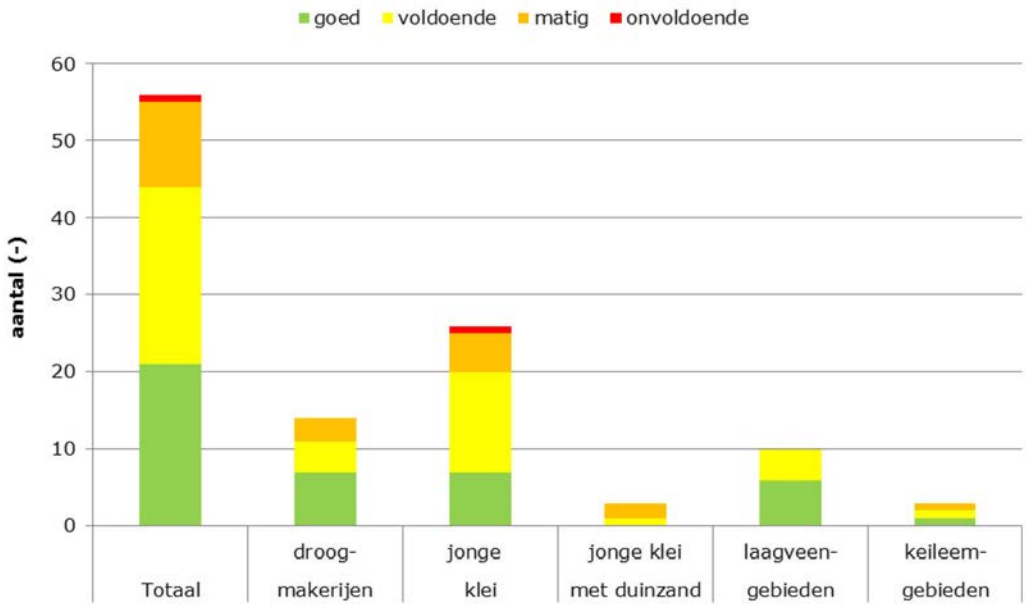
4.3 Betrouwbaarheid

De waterbalansen die zijn verkregen op basis van de gekozen invoergegevens zijn na kalibratie door HHNK beoordeeld op betrouwbaarheid. De beoordeling vindt plaats op het niveau van de 56 afwateringseenheden waar de 42 deelgebieden van zijn afgeleid.

Als de gemeten afvoer goed wordt benaderd in zowel winter als zomer krijgt het de status *goed*. Als er sprake is van een kleine structurele onder- of overschatting of incidenteel maanden voorkomen waarin de afvoer niet goed overeenkomt, wordt de status *voldoende* toegekend. Bij grotere afwijkingen kunnen de balansen worden geclassificeerd als *matig* of *onvoldoende*.
In Bijlage 5 is per waterbalansgebied de betrouwbaarheid weergegeven; in Figuur 4.7 zijn de resultaten geclusterd naar de vijf hoofdgebieden.

Bijna 40% (21 stuks) van de waterbalansgebieden heeft de status *goed*, 41% heeft de status *voldoende* (23 stuks), voor 20% (11 stuks) is de betrouwbaarheid van de waterbalans matig en 1 waterbalansgebied heeft de status *onvoldoende*.

Wanneer ingezoomd wordt op de vijf hoofdgebieden, blijkt dat voor hoofdgebied *Droogmakerijen* en de *Laagveengebieden* het merendeel van de deelgebieden de status *goed* heeft, voor hoofdgebied *Jonge klei* is de betrouwbaarheid van de meeste deelgebied *matig*. Geen van de deelgebieden met duinzand heeft een betrouwbare waterbalans, waarbij opgemerkt moet worden dat het aantal gebieden in dit hoofdgebied klein is (3 stuks).



Figuur 4.7 *Overzicht van de betrouwbaarheid van de waterbalansen voor de 56 waterbalansgebieden gegroepeerd naar de verschillende type hoofdgebieden.*

5 Resultaten nutriëntenbalans

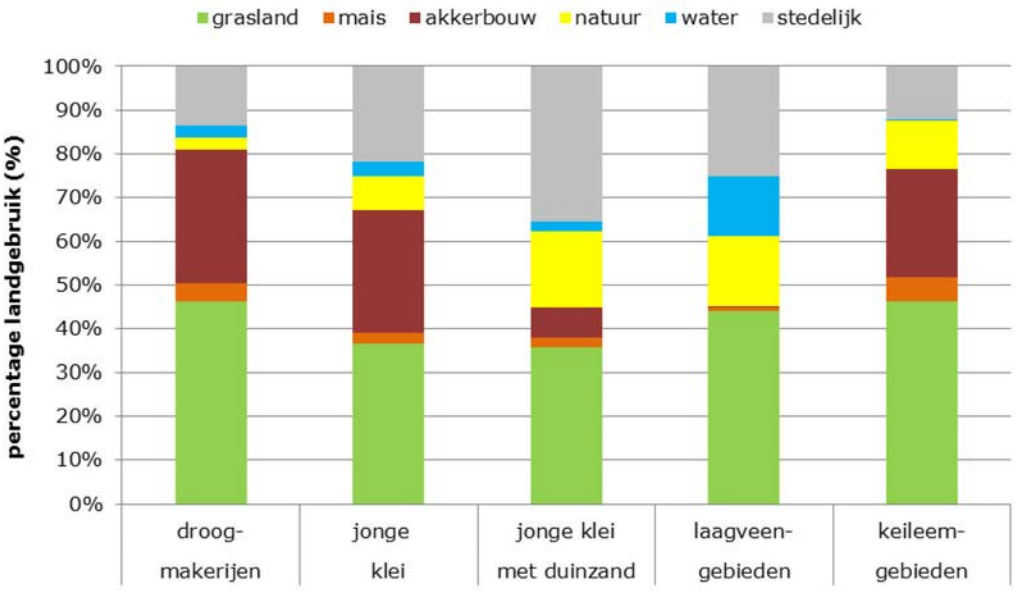
5.1 Gebiedsanalyse

Voor de analyse van de gebieden is een aantal kenmerken van de 42 deelgebieden vastgesteld door middel van verschillende informatiebestanden:

- oppervlakteverdeling (landgebruik op basis van LGN6 en HHNK);
- bodemtype op basis van de 1:50000 bodemkaart, vertaald naar PAWN-bodemeenheden;
- hydrologische toestand (grondwatertrappen);
- percentage open water (HHNK).

In de verschillende deelrapporten (Alterra-rapport 2475.1 t/m 2475.42) is per deelgebied uitgewerkt hoe de verhoudingen van het landgebruik, bodemtype en grondwatertrappen op basis van deze bestanden overeenkomen met de verhoudingen in de STONE-schematisatie. In dit hoofdrapport wordt alleen de referentiesituatie per type hoofdgebied gepresenteerd; voor de vergelijking met de STONE-schematisatie wordt verwezen naar de afzonderlijke deelrapporten. In Bijlage 6 zijn de kenmerken per deelgebied weergegeven.

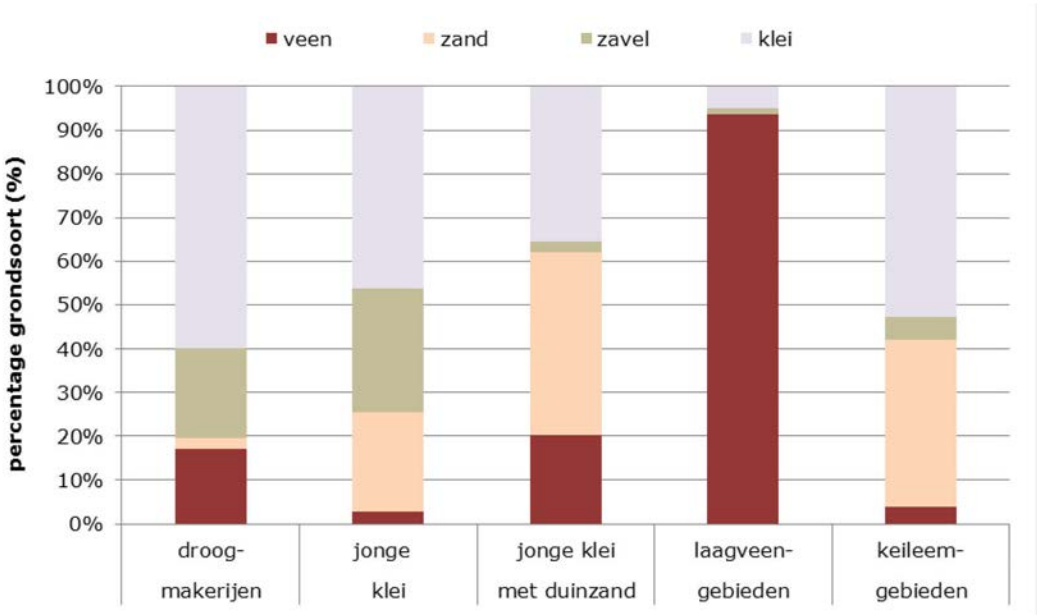
Landgebruik
Op basis van LGN6 is het aandeel van het landgebruik van de 42 deelgebieden van het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier in kaart gebracht (Figuur 2.4). De gemiddelde areaalverdeling voor de verschillende hoofdgebieden is weergegeven in Figuur 5.1.



Figuur 5.1 *Verdeling landgebruik volgens LGN6 voor de 42 deelgebieden, geclusterd naar type hoofdgebied.*

Gemiddeld gezien is het dominante landgebruik voor de verschillende type hoofdgebieden grasland, uitzondering hierop zijn de deelgebieden binnen het hoofdgebied *jonge klei met duinzand* waarin stedelijk gebied dominant is. In *droogmakerijen*, *jonge klei* en *keileemgebieden* is akkerbouw het meest voorkomende type landgebruik naast grasland. In de gebieden met duinzand en de *laagveengebieden* is het areaal natuur relatief veelvoorkomend. In vergelijking met andere hoofdgebieden is het percentage open water in *laagveengebieden* groot.

Bodemtype
Het bodemtype (grondsoort) in de 42 deelgebieden is afgeleid op basis van de 1:50000 bodemkaart en geclusterd naar de vijf hoofdgebieden (Figuur 5.2).



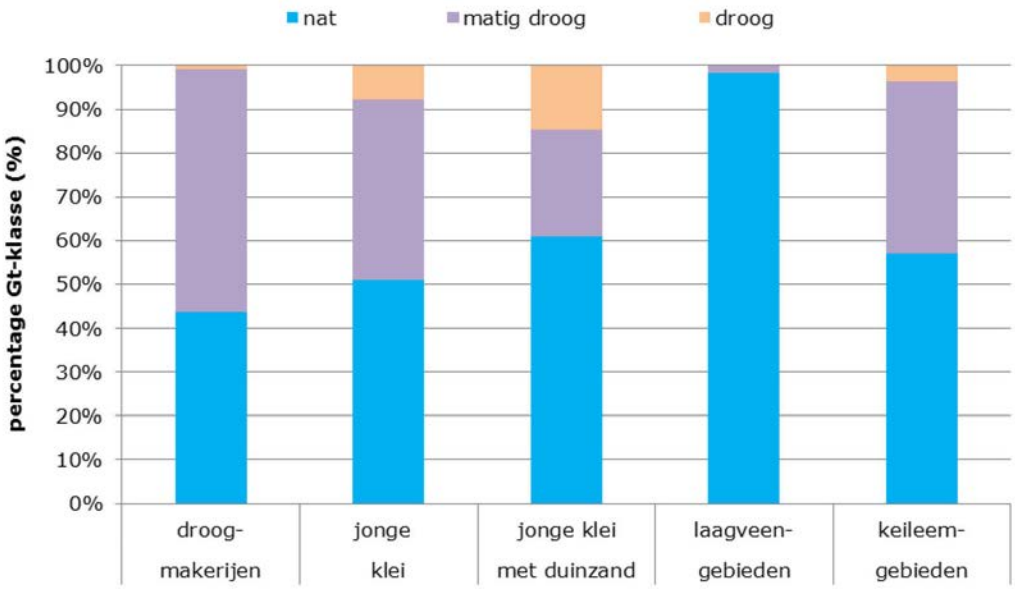
Figuur 5.2 *Verdeling grondsoort volgens de 1:50000 voor de 42 deelgebieden, geclusterd naar type hoofdgebied.*

De droogmakerijen en jonge kleigebieden bestaan voornamelijk uit kleigronden, gevolgd door zavelgronden. Ook voor de keileemgebieden is de dominante grondsoort klei, maar in tegenstelling tot de andere twee kleigebieden is het areaal zavel beperkt, en bestaat een groot gedeelte uit zandgronden. De laagveengebieden bestaan voor meer dan 90% uit veengronden. Voor de gebieden met duinzand is ruim 40% zand en ca. 35% klei.

Hydrologische toestand (Gt-klassen)
De grondwatertrappenindeling in zeven Gt-klasse voor de 42 deelgebieden is bepaald op basis van de 1:50000 bodemkaart. De Gt-klassen zijn op basis van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) geclusterd in drie groepen:

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

De laagveengebieden zijn vrijwel volledig nat, 98% heeft een natte Gt-klasse. Gemiddeld gezien heeft ook het merendeel van de deelgebieden binnen de jonge kleigebieden (met en zonder duinzand) en keileemgebieden een natte Gt-klasse (51%-61%). Het resterende deel binnen deze hoofdgebieden is overwegend matig droog. Voor de droogmakerijen is het grootste gedeelte matig droog (56%), het overige deel is voornamelijk nat. Voor alle hoofgebieden is gemiddeld gezien het areaal droge gronden beperkt, alleen voor de jonge kleigronden met duinzand is het percentage droge gronden relevant (15%).

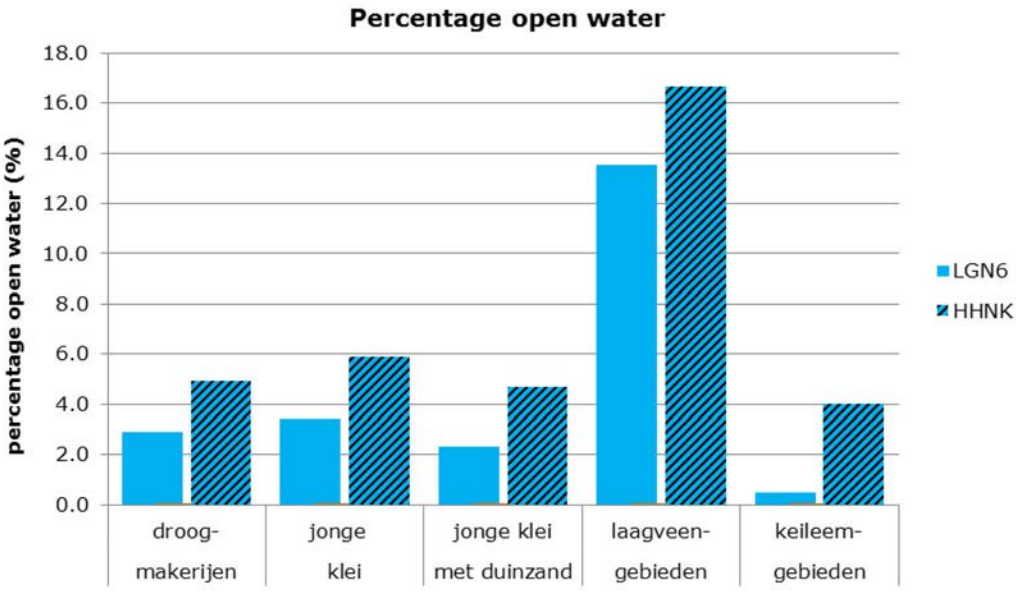


Figuur 5.3 *Verdeling Gt-klasse volgens de 1:50000 voor de 42 deelgebieden, geclusterd naar type hoofdgebied.*

Percentage open water

Naast informatie over het landgebruik, grondsoort en Gt-klasse wordt in de herschikkingsprocedure gebruikgemaakt van het percentage open water. Voor het afleiden van het percentage open water zijn twee bronnen beschikbaar: LGN6 en schattingen door het hoogheemraadschap. De schatting door het hoogheemraadschap is gebaseerd op basis van gebiedskennis en recente luchtfoto's; hierbij zijn ook de kleinere watergangen meegenomen die vaak in de LGN6 niet worden vermeld.

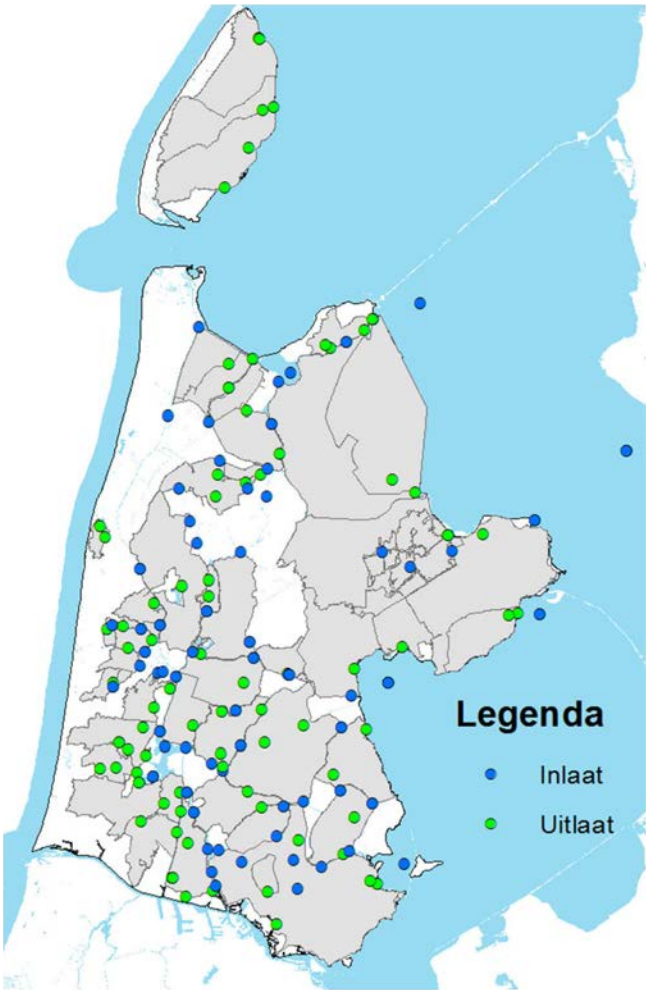
Uit de analyse blijkt dat het percentage open water op basis van LGN6 structureel lager ligt dan het percentage open water dat door het hoogheemraadschap is ingeschat (Figuur 5.4, Bijlage 6). Voor het schatten van de retentie is gebruikgemaakt van het percentage open water dat door het hoogheemraadschap is geschat.



Figuur 5.4 *Vergelijking van het percentage open water op basis van LGN6 en op basis van inschatting van het hoogheemraadschap.*

5.2 Dataverzameling en data-analyse nutriënten

Voor het afleiden van de inkomende en uitgaande nutriëntenvracht (stikstof en fosfor) is gebruikgemaakt van de berekende debieten en de nutriëntenconcentraties van representatieve meetpunten. In de verschillende deelrapporten (Alterra-rapport 2475.1 t/m 2475.42) is per deelgebied een overzicht gegeven van de geselecteerde meetpunten. Voor het afleiden van de uitgaande vracht zijn in totaal 87 meetpunten geselecteerd, voor het bepalen van de inkomende vracht zijn 103 meetpunten geselecteerd (Figuur 5.5 en Bijlage 7).



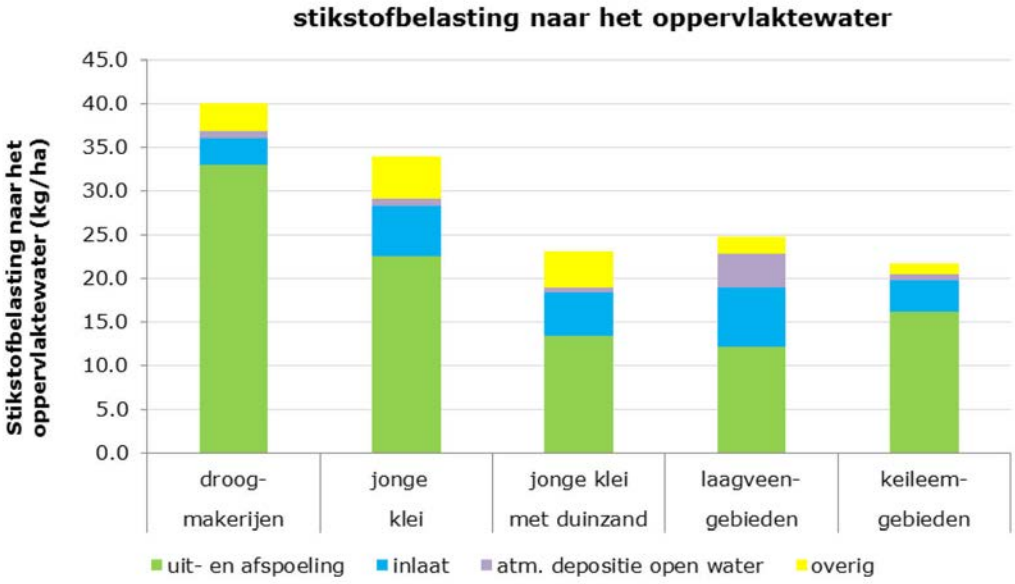
Figuur 5.5 *Overzicht van de geselecteerde meetpunten voor het afleiden van de inkomende en uitgaande stikstof- en fosforvracht vanuit de 42 deelgebieden.*

Voor het afleiden van de inkomende en uitgaande vracht voor de periode 2000-2009 zijn meetgegevens voor de gehele periode noodzakelijk. Uit de analyse van de meetpunten blijkt dat voor de meetpunten die representatief worden geacht voor de kwaliteit van het ingelaten water voldoende informatie voorhanden is. Voor het afleiden van de uitgaande vracht is voor de meeste meetpunten echter onvoldoende informatie beschikbaar en zijn de meetreeksen uitgebreid, zoals beschreven in paragraaf 3.3.

5.3 Berekende nutriëntenbalans

In paragraaf 3.4 zijn de verschillende stappen beschreven die zijn uitgevoerd om onder andere uit- en afspoelingcijfers af te leiden. Via de herschikkingsprocedure zijn rekenplots uit de landelijke schematisering, die niet representatief blijken te zijn, vervangen door rekenplots die beter aansluiten bij de regiospecifieke informatie over bodemtypen, grondwatertrappen en landgebruik. Vervolgens zijn nieuwe berekeningen ingezet met regionale informatie over de neerslag en de kwelfluxen met bijbehorende stikstof- en fosforconcentraties. In dit hoofdrapport wordt alleen het eindresultaat per hoofdgebied beschreven. Voor de verschillen in berekende uit- en afspoeling tussen de verschillende stappen wordt verwezen naar de achtergrondrapporten (van Boekel *et al*., 2013/2014; Alterra-rapporten 2475.1-2475.42).

Stikstof en fosforbelasting naar het oppervlaktewater
De gemiddelde bijdrage van de verschillende bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater is in Figuur 5.6 weergegeven.



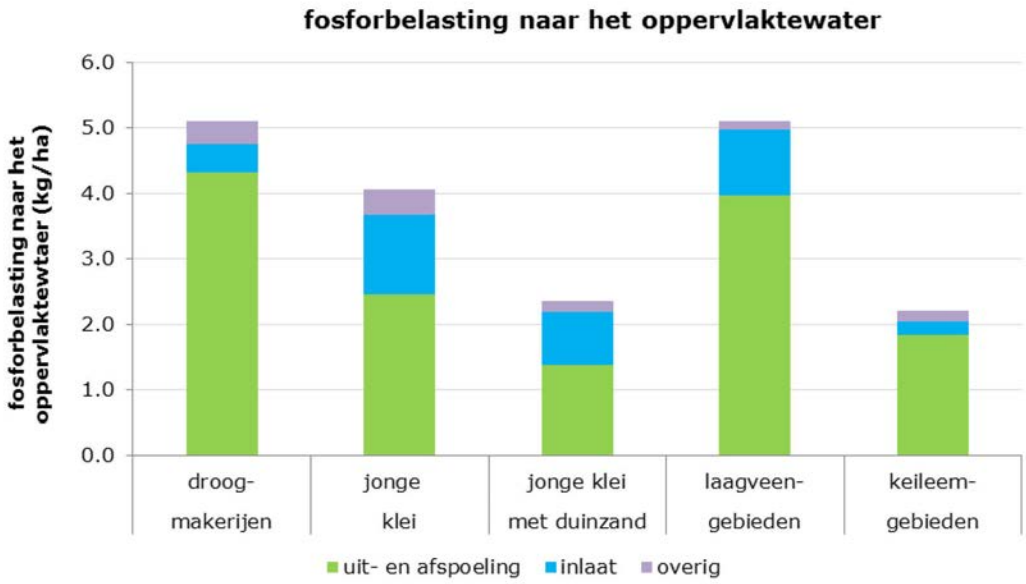
Figuur 5.6 *Bijdrage van verschillende bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de verschillende bronnen voor de periode 2000-2009 voor de verschillende type hoofdgebieden.*

De uit- en afspoeling draagt gemiddeld het meeste bij aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater, variërend van 49% (laagveengebieden) tot 82% (droogmakerijen). Naast de uit- en afspoeling is de bijdrage van inlaatwater van belang (8-28%). Voor laagveengebieden is ook de bijdrage van de atmosferische depositie op open water significant (16%). De hoge bijdrage houdt verband met het hoge percentage open water (zie Figuur 5.3). De bijdrage van de andere bronnen (RWZI's, overige landbouwemissies, directe kwel naar oppervlaktewater, industriële lozingen en overige bronnen) ligt tussen de 6-18%. Afhankelijk van het deelgebied kan de bijdrage van deze bronnen echter beduidend hoger liggen (zie Bijlage 8).

Uit de figuur blijkt ook dat de gemiddeld hoogste stikstofvracht wordt berekend voor droogmakerijen (40,0 kg/ha N), gevolgd door de deelgebieden binnen hoofdgebied *jonge klei*. De laagste gemiddelde stikstofvracht wordt berekend voor de keileemgebieden (21,8 kg/ha N).

Fosfor

Net als voor stikstof is het grootste gedeelte van de fosforbelasting afkomstig van de uit- en afspoeling (58-85%), gevolgd door de bijdrage van inlaatwater (8-34%). De bijdrage van de andere bronnen is beperkt (Figuur 5.7).

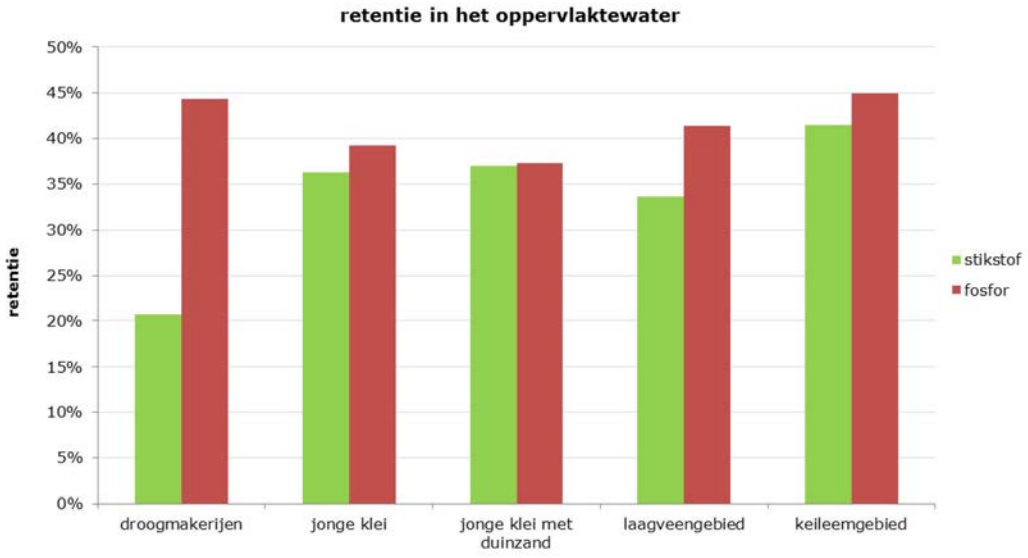


Figuur 5.7 *Bijdrage van verschillende bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de verschillende bronnen voor de periode 2000-2009 voor de verschillende type hoofdgebieden.*

De gemiddelde fosforvracht naar het oppervlaktewater is het hoogst voor de droogmakerijen en laagveengebieden (beide 5,1 kg/ha P). De gemiddelde fosforbelasting voor jonge klei met duinzand 2,4 kg/ha P en keileemgebieden (2,2 kg/ha P) is meer dan een factor 2 lager.

Retentie

Naast het berekenen van de totale inkomende stikstof- en fosforvracht is per deelgebied ook de retentie in het oppervlaktewater afgeleid (Figuur 5.8 en Bijlage 8).



Figuur 5.8 *Retentie in het oppervlaktewater voor fosfor en stikstof voor de verschillende type hoofdgebieden.*

Gemiddeld is de fosforretentie voor de vijf hoofdgebieden hoger dan de stikstofretentie, met name voor de droogmakerijen is het verschil groot (21% voor N versus 44% voor P). Omdat de retentie voor stikstof en fosfor echter op verschillende manieren zijn afgeleid, is een zuivere vergelijking niet mogelijk.

Stikstofretentie
De methode die is toegepast voor het afleiden van de stikstofretentie is afhankelijk van de grondsoort (zie paragraaf 3.4). Voor zandige polders en overgangsgebieden zijn vaste retentiefactoren gehanteerd (50% voor de uit- en afspoeling, 20% voor de andere bronnen), waardoor de retentie altijd tussen de 20% en 50% ligt.
De stikstofretentie voor polders die overwegend uit klei of veen bestaan, zijn berekend op basis van retentieprocessen die zijn afgeleid uit metingen (PLONS-project, www.Plons.wur.nl). In deze methode is de stikstofretentie afhankelijk van het percentage open water en van de grondsoort. Hierbij geldt het volgende: 1) de retentiecapaciteit voor kleigronden is groter dan voor veengronden en 2) hoe hoger het percentage open water, hoe hoger de retentiecapaciteit.

Uit een vergelijking tussen beide methode is gebleken dat de stikstofretentie op basis van de metingen uit het PLONS-project resulteert in significant lagere stikstofretenties.

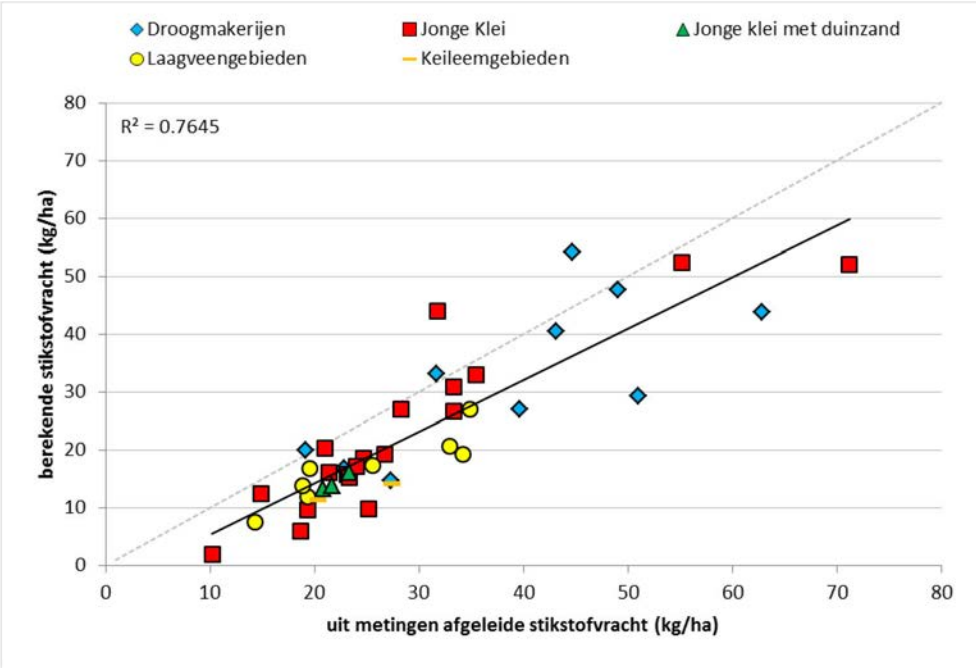
Voor het hoofdgebied droogmakerijen is de stikstofretentie het laagst (21%; range 7-42%) en kan verklaard worden door 1) het lage percentage open water en 2) doordat de droogmakerijen volledig uit kleipolders bestaan en de retentieprocessen uit het PLONS-project zijn toegepast. Voor de hoofdgebieden *Jonge klei, Jonge klei met duinzand en keileemgebied* is het percentage open water ook laag, maar omdat deze gebieden gedeeltelijk of geheel uit zandige polders en/of overgangsgebieden bestaan, zijn voor deze gebieden de vaste (hogere) retentiewaarden gebruikt. Voor het afleiden van de retentie voor laagveengebieden is alleen gebruikgemaakt van de retentieprocessen uit het PLONS-project, maar omdat het percentage open water voor deze gebieden beduidend hoger is dan voor de andere gebieden (zie ook Figuur 5.4), worden relatief hoge retentiewaarden afgeleid.

Fosforretentie
Voor het afleiden van de fosforretentie is alleen gebruikgemaakt van de vaste retentiefactoren. De retentie varieert hierdoor tussen de 20-50%, afhankelijk van de verhouding tussen de bijdrage van de uit- en afspoeling en de overige bronnen. De hoofdgebieden droogmakerijen en keileemgebieden hebben de hoogste retentie (beide 45%: range 38-48% droogmakerijen en 43-47% keileem-gebieden). Dit komt overeen met de resultaten uit Figuur 5.7 waaruit blijkt dat de fosforbelasting voor deze deelgebieden bijna volledig door de uit- en afspoeling wordt bepaald. Het hoofdgebied jonge klei met duinzand kent daarentegen de laagste fosforretentie (37%; range 35-41%).

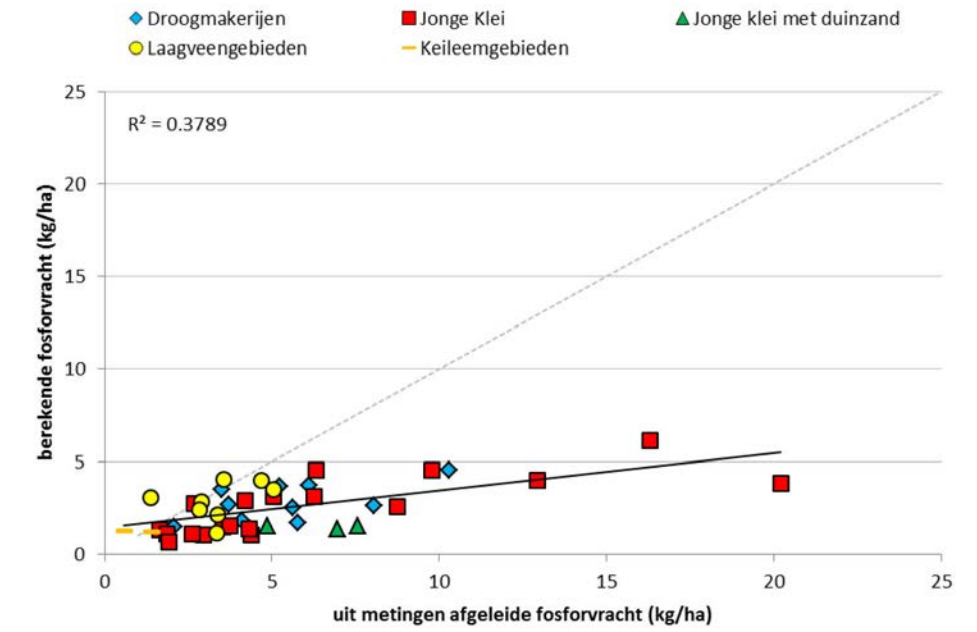
5.4 Plausibiliteit stoffenbalans

De stoffenbalans vormt, samen met de waterbalans, de basis voor het afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties. In paragraaf 4.3 is de betrouwbaarheid van de waterbalans aan de orde geweest. In deze paragraaf wordt de plausibiliteit van de stoffenbalans besproken.

Om inzicht te krijgen in de plausibiliteit van de stoffenbalans is de berekende uitgaande stikstof- en fosforvracht bij de uitstroompunten van de deelgebieden (bij de gemalen) vergeleken met een stikstof- en fosforvracht die wordt afgeleid op basis van berekende (gemaal)afvoeren en gemeten nutriëntenconcentraties nabij de uitlaatpunten. De berekende uitgaande nutriëntenvracht is afgeleid op basis van de berekende inkomende vracht minus de geschatte retentie in het oppervlaktewatersysteem. In Figuur 5.9 en Figuur 5.10 is voor de 42 deelgebieden de berekende stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater uitgezet tegen de uit metingen afgeleide stikstof- en fosforvracht.



Figuur 5.9 *Vergelijking tussen de uit metingen afgeleide stikstofvracht en berekende stikstofvracht nabij de uitstroompunten van de 42 deelstroomgebieden.*



Figuur 5.10 *Vergelijking tussen de uit metingen afgeleide fosforvracht en berekende fosforvracht nabij de uitstroompunten van de 42 deelstroomgebieden.*

Een lineaire regressie van de gemiddelde uit metingen afgeleide en berekende uitgaande nutriënten-vracht voor de 42 deelstroomgebieden voor de periode 2000-2009 levert een regressiecoëfficiënt van bijna 0,80 op; voor fosfor wordt een regressiecoëfficiënt berekend van bijna 0,40.

Op basis van de regressiecoëfficiënten kan geconcludeerd worden dat de berekende stikstofvracht goed overeenkomt met de uit metingen afgeleide stikstofvracht, en dat de berekende fosforvracht minder goed overeenkomt. Echter, wanneer naar de absolute waarden gekeken wordt, valt op dat zowel voor stikstof als voor fosfor de uitgaande nutriëntenvracht structureel wordt onderschat. Voor 38 van de 42 deelgebieden wordt de stikstofvracht onderschat, voor fosfor is dit voor 37 van de 42 deelgebieden het geval.

Op basis van de beschikbare informatie is het niet eenvoudig om een eenduidige verklaring te geven voor de structurele onderschatting van de stikstof- en fosforvracht. Verschillende factoren spelen een rol bij het tot stand komen van de berekende en uit metingen afgeleide stikstof- en fosforvracht. Mogelijke oorzaken zijn:

1) Overschatting van het berekende debiet
Bij debietmetingen kan het voorkomen dat een fout gemaakt wordt, die bij herhaling van de meting weer aanwezig is met dezelfde grootte en werkend in dezelfde richting (systematische fout). Om de systematische fouten bij stuwen en gemalen te onderzoeken, controleert Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) sinds enkele jaren de afvoerrelaties van stuwen en gemalen met een debietboot. Bij de controles van de gemalen bleek dat het debiet bij ca. 80% van de onderzochte gemalen systematisch met ca. 10-20% wordt overschat in vergelijking met debietmetingen van de debietmeetboot. Bij enkele gemalen werd een afwijking tot 40% geconstateerd (Mulder *et al.*, 2012).

In het onderzoek van HHNK is de waterafvoer voor alle afzonderlijke gebieden bepaald op basis van gemaalcijfers. Op basis van de ervaring uit het onderzoek van HDSR is het dus aannemelijk dat de berekende debieten van de gemalen in het beheergebied van HHNK ook worden overschat met 10-20% en daarmee ook de uitgaande stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de hoeveelheid inlaatwater hierdoor ook wordt overschat, aangezien dit een restpost is in de waterbalans.

2) Overschatting nutriëntenvracht door methode opvullen meetreeksen
Voor de meeste deelgebieden zijn alleen metingen beschikbaar voor het jaar 2008 en/of 2009, de meetreeksen zijn opgevuld door gebruik te maken van meetpunten waarvoor een volledige meetreeks beschikbaar is voor de periode 2000-2009 (zie paragraaf 3.5). De gemiddelde nutriëntenconcentraties voor de jaren 2008/2009 van de meetpunten met een volledige meetreeks zijn (overwegend) lager dan de voorgaande jaren.

Omdat verondersteld is dat de jaarlijkse trend in gemeten nutriëntenconcentraties van de verschillende meetlocaties binnen een hoofdgebied hetzelfde is, resulteert dit voor de jaren 2000-2007 altijd in hogere nutriëntenconcentraties en dus in een hogere nutriëntenvracht naar het oppervlaktewater.

Wanneer de veronderstelling dat de jaarlijkse trend in de hoofdgebieden voor alle meetlocaties gelijk is, onjuist is, leidt dit mogelijk tot een overschatting van de uit metingen afgeleide nutriëntenvracht voor de periode 2000-2007. Op basis van de beschikbare data kan echter niet met zekerheid gesteld worden dat de toegepaste methode significant tot hogere nutriëntenvrachten leidt. Aanvullende analyses van meetnetten zijn hiervoor noodzakelijk.

3) Modelberekeningen met STONE
- *Bindingscapaciteit ondergrond:*
  Op basis van huidige inzichten kan de structurele onderschatting van de P-vracht verklaard worden doordat in STONE de bindingscapaciteit van fosfor in kalkrijke zandgronden te hoog is ingeschat waardoor een lagere P-uitspoeling berekend wordt.

- *Voorkomen bollenteelt:*
  Voor een aantal deelgebieden bestaat een (groot) gedeelte van het landbouwgebied uit bollenteelt. In de huidige STONE-schematisering zijn geen STONE-plots beschikbaar met specifiek bollenteelt als landgebruik. Berekeningen met SWAP en ANIMO voor gebieden met een hoog percentage bollengronden (bijvoorbeeld Anna Paulownapolder Hoog) laat een uit- en afspoeling van fosfor zien van ca. 2,5 kg/ha P. Recentelijk is door het hoogheemraadschap van Rijnland onderzoek uitgevoerd naar de uit- en afspoeling vanuit bollengronden (Onderzoeksproject bollensector (KRW)-99979). Op basis van metingen worden fosforvrachten gemeten van ruim 40 kg/ha P en liggen daarmee fors hoger (ca. een factor 16) dan de berekende fosforvracht in deze studie. De fosforvracht naar het oppervlaktewater voor gebieden met een (significant) aandeel bollengronden wordt hierdoor onderschat. Of dit ook geldt voor de berekende stikstofvracht is niet bekend.

Naast de structurele overschatting als gevolg van bovengenoemde punten, is het bij het interpreteren van de resultaten ook noodzakelijk om rekening te houden met onzekerheden t.a.v. de concentratie-metingen in het oppervlaktewater en de modelberekeningen met ECHO. Omdat er in dit onderzoek niet voor gekozen is om een onzekerheids- en gevoeligheidsanalyse uit te voeren, is gebruikgemaakt van resultaten uit een eerder onderzoek (van Boekel *et al.*, 2011).

Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de onzekerheden met betrekking tot de uit metingen afgeleide nutriëntenvracht en de modelberekeningen met ECHO. Voor de verschillende inputs van de water- en nutriëntenbalans zijn de onzekerheden gekwantificeerd (Tabel 5.1). De parameters van de verdelingen zijn verkregen op basis van literatuurstudie en, indien noodzakelijk, aangevuld met analytische berekeningen.

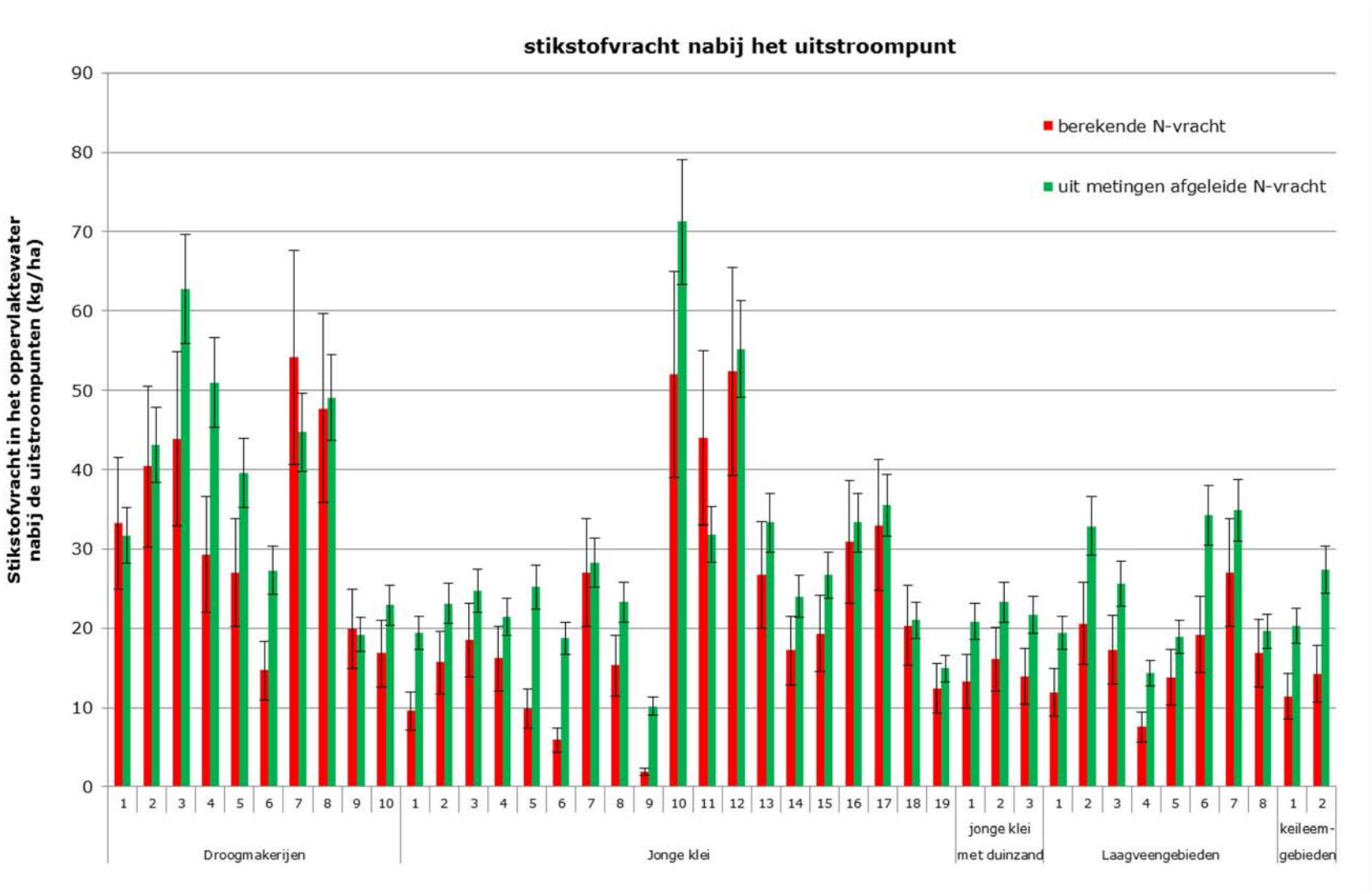
Tabel 5.1

Onzekerheidskenmerken voor de verschillende balanstermen die zijn toegepast in de onzekerheids-analyse voor de ex-ante-evaluatie Landbouw en KRW (Boekel et al., 2011). Sigma staat voor de standaarddeviatie en cv is de variatiecoëfficiënt.

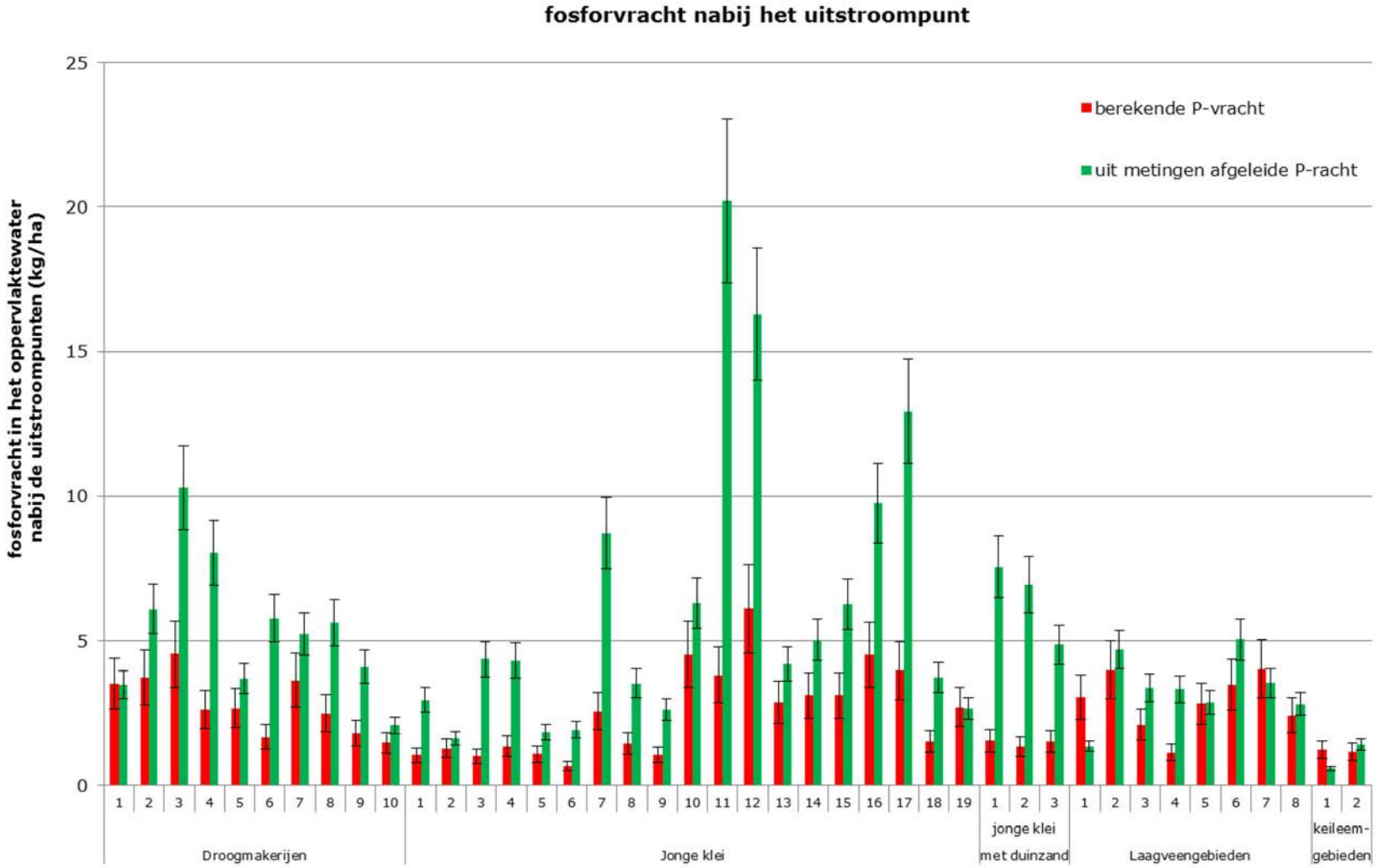
Term	Verdeling van de fout	σ	cv (%)	referentie
Retentie diffuse bronnen (zomer)	Beta	0,09		Analytisch (Taylorbenadering)
Retentie diffuse bronnen (winter)	Beta	0,06		
Retentie puntbronnen	Beta	0,018		
Waterafvoer bodemsysteem (zomer)	Gaussisch		70	Op basis van metingen / berekeningen (EMW 2007) voor twee vrij afwaterende systemen (Drentsche Aa en Schuitenbeek)
Waterafvoer bodemsysteem (zomer	Gaussisch		50	
Emissie N bodemsysteem	Gaussisch		100	STONE-expert
Emissie P bodemsysteem	Gaussisch		150	
Concentratie N oppervlaktewater	Gaussisch		4 * 2 = 8	Tweemaal de analytische fout zoals gerapporteerd door Rode & Suhr (2007)
Concentratie P oppervlaktewater	Gaussisch		6 * 2 = 12	
Puntbronnen AZI N	Gaussisch		20	Emissieregistratie/ expertkennis
Puntbronnen AZI P	Gaussisch		20	
Puntbronnen industrie N	Gaussisch		50	
Puntbronnen industrie P	Gaussisch		50	

Het gebied waar deze onzekerheidsanalyse voor is uitgevoerd, bestond voor een belangrijk deel uit vrij afwaterende gebieden. Daarom kunnen de resultaten ervan alleen op globaal niveau een indicatie geven over de onzekerheidsmarge van de met ECHO voor HHNK berekende en uit metingen afgeleide uitgaande vrachten. Voor de uit metingen afgeleide uitgaande vracht komt uit de genoemde studie een onzekerheidsmarge naar voren van 11% voor stikstof en 14% voor fosfor. Opgemerkt moet worden dat de onzekerheid t.a.v. de debietmetingen hierin nog niet verdisconteerd is. Wanneer ook rekening gehouden wordt met deze onzekerheid, zullen hogere onzekerheidsmarges berekend worden. Voor de berekende nettobelasting (totale emissies naar water minus de retentie) wordt een onzekerheidsmarge van 25% voor stikstof en fosfor aangehouden.

Het resultaat van deze indicatieve schatting van onzekerheden is weergegeven in Figuur 5.11 en 5.12. De rode staafjes geven de uit metingen afgeleide uitgaande vracht weer en de groene staafjes de berekende uitgaande vracht. De zwarte haardraden geven een indicatieve onzekerheidsmarge weer. De gebieden zijn hierbij ingedeeld in de vijf type gebieden, de namen van de bijbehorende deelgebieden staan in Bijlage 1.



Figuur 5.11 *Vergelijking tussen de uit metingen afgeleide stikstofvracht en berekende stikstofvracht nabij de uitstroompunten van de 42 deelstroomgebieden inclusief onzekerheidsmarge.*



Figuur 5.12 *Vergelijking tussen de uit metingen afgeleide fosforvracht en berekende fosforvracht nabij de uitstroompunten van de 42 deelstroomgebieden inclusief onzekerheidsmarge.*

De verschillen tussen de berekende en uit metingen afgeleide nutriëntenvracht kunnen waarschijnlijk niet alleen toegeschreven worden aan de structurele onderschatting van de stikstof- en fosforvracht in combinatie met de onzekerheden van de verschillende balanstermen. Daarom is een globale analyse van de 42 deelgebieden uitgevoerd. Hieruit blijkt dat, naast de reeds genoemde structurele onderschatting van de berekende vracht, het verschil mogelijkerwijs verklaard kan worden door een overschatting van de stikstofretentie.

De gemiddelde stikstofretentie van deelgebieden waarvoor het verschil tussen de uit metingen afgeleide vracht en de berekende vracht binnen de bandbreedte van de onzekerheidsmarges liggen, is 17% en daarmee beduidend lager dan de stikstofretentie van de overige deelgebieden met een verschil buiten de onzekerheidsmarges (gemiddelde retentie van 35%). Door de hogere retentie wordt een lagere stikstofvracht nabij de uitlaatpunten berekend en zal het verschil tussen berekende en uit metingen afgeleide stikstofvracht verder toenemen. Op basis van de globale analyse blijkt dat er geen verband is tussen de geschatte fosforretentie en het verschil tussen de uit metingen en berekende uitgaande vracht.

Opgemerkt moet worden dat het gaat om een globale analyse; voor gedetailleerdere verklaringen zal elk deelgebied apart bekeken moeten worden waarbij kennis die bij het hoogheemraadschap en regionale waterbeheerders aanwezig is, noodzakelijk is om juiste conclusies te kunnen trekken.

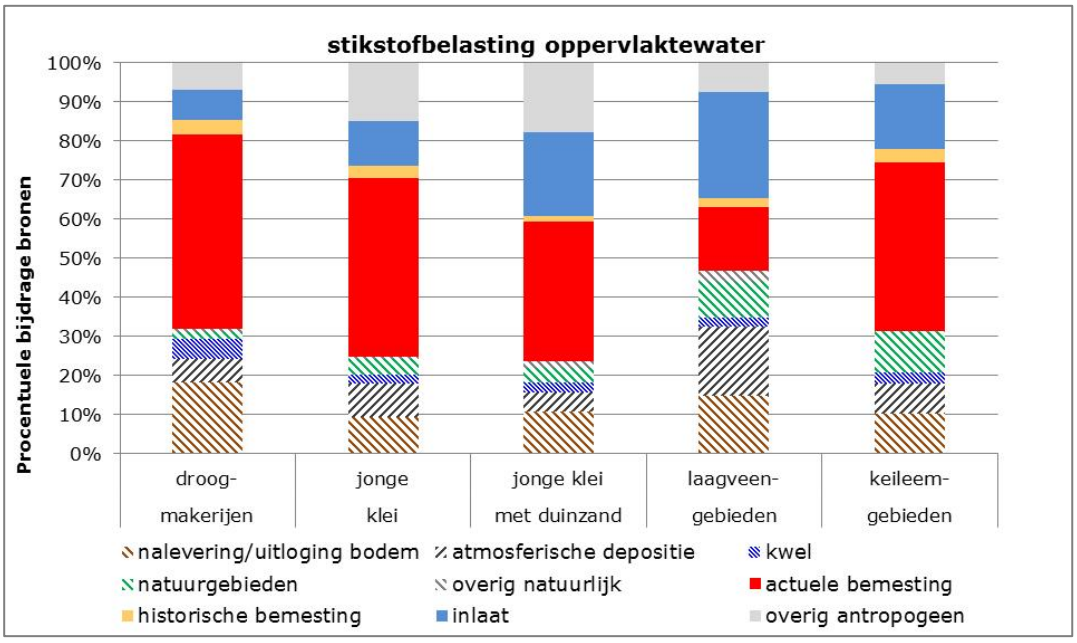
De berekende nutriëntenbalansen zijn als basis gebruikt voor het afleiden van de bijdrage van ‘natuurlijke’ bronnen aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Onjuistheden in de nutriëntenbalansen (o.a. de systematische onderschatting) werken door in het eindresultaat (theoretische achtergrondconcentraties). In hoofdstuk 7 (discussiepunten) wordt een globale doorkijk gegeven in hoeverre de relatieve bijdrage van de natuurlijke bronnen aan de nutriëntenbelasting beïnvloed wordt door de systematische onderschatting van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater.

6 Afleiden theoretische achtergrondconcentraties

6.1 Herkomst bronnen

Stikstof
Het onderscheid tussen antropogene en natuurlijke bronnen vormt de basis voor het afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties. De uitgangspunten bij de verdeling in antropogeen / natuurlijk zijn in paragraaf 3.6 toegelicht. Voor meer informatie wordt verwezen naar de notitie van Alterra (Peter Schipper *et al.*, 2012) die is opgesteld in opdracht van de Nutriëntenwerkgroep Rijn-West.

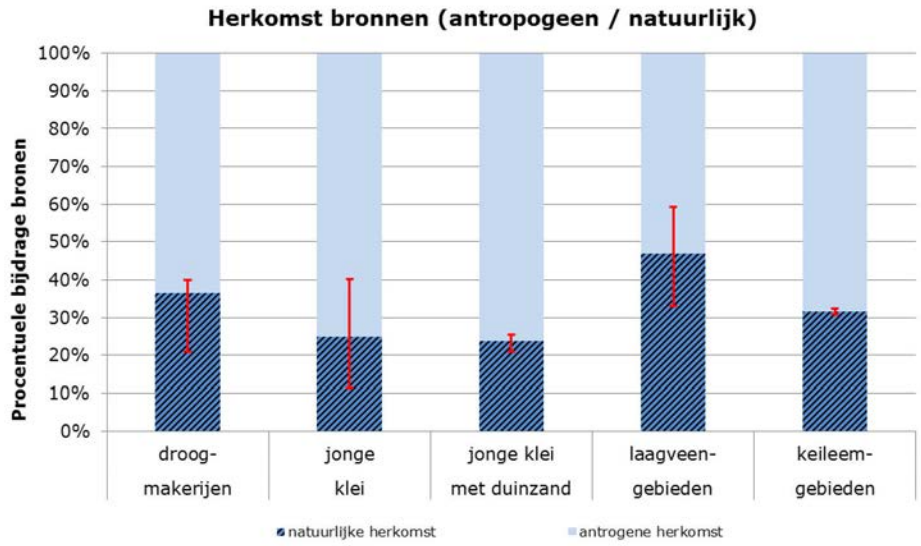
Het resultaat van de met ECHO uitgevoerde analyse van de herkomst van de stikstofbelasting is weergegeven in Figuur 6.1.



Figuur 6.1 *Bijdrage van verschillende bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009, onderverdeeld op basis van de herkomst voor de vijf type hoofdgebieden. De natuurlijke bronnen zijn gearceerd weergegeven.*

Uit Figuur 6.1 kan worden afgeleid dat actuele bemesting, nalevering vanuit de bodem en inlaat de belangrijkste bronnen voor de stikstofbelasting vormen. Ook is duidelijk dat het totale aandeel natuurlijke bronnen in 4 van de 5 type gebieden iets minder dan een derde is (24-32%). Alleen in de laagveengebieden is door de relatief hoge atmosferische depositie (door veel open water) en natuurlijke nalevering vanuit de bodem het aandeel natuurlijk bijna de helft (47%). De resultaten van de 42 deelgebieden afzonderlijk zijn opgenomen in Bijlage 9.

In Figuur 6.2 is de gemiddelde bijdrage van de natuurlijke en antropogene stikstofbronnen weergegeven per hoofdgebied, met daarbij de spreiding van de deelgebieden binnen de hoofdcategorie.

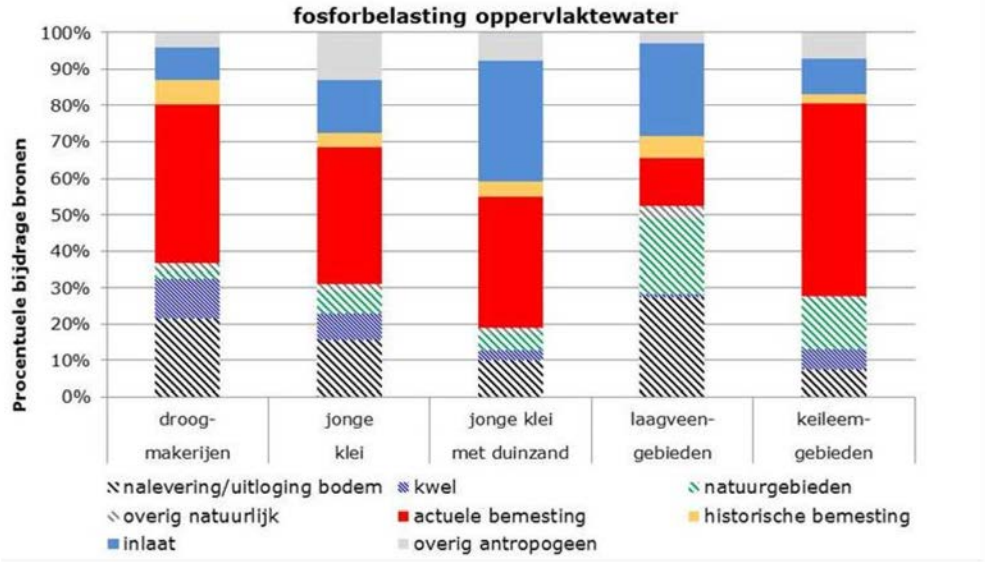


Figuur 6.2 *Aandeel van de antropogene en natuurlijke bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009 voor de verschillende type hoofdgebieden en de spreiding (rode balk) daarvan binnen de hoofdgebieden (10 droogmakerijen, 19 jonge klei-, 3 jonge klei met duinzand-, 8 laagveen- en 2 keileemgebieden).*

De gemiddelde bijdrage van de natuurlijke bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de hoofdgebieden ligt tussen de 24% (jonge klei met duinzand) en 47% (laagveengebieden). Binnen een hoofdgebied is de spreiding vrij groot. De bijdrage van natuurlijke bronnen aan de stikstofbelasting voor hoofdgebied *jonge* klei varieert bijvoorbeeld tussen de 11% en 40%. In Bijlage 10 is de herkomst van de stikstofbelasting voor de afzonderlijke deelgebieden weergegeven.

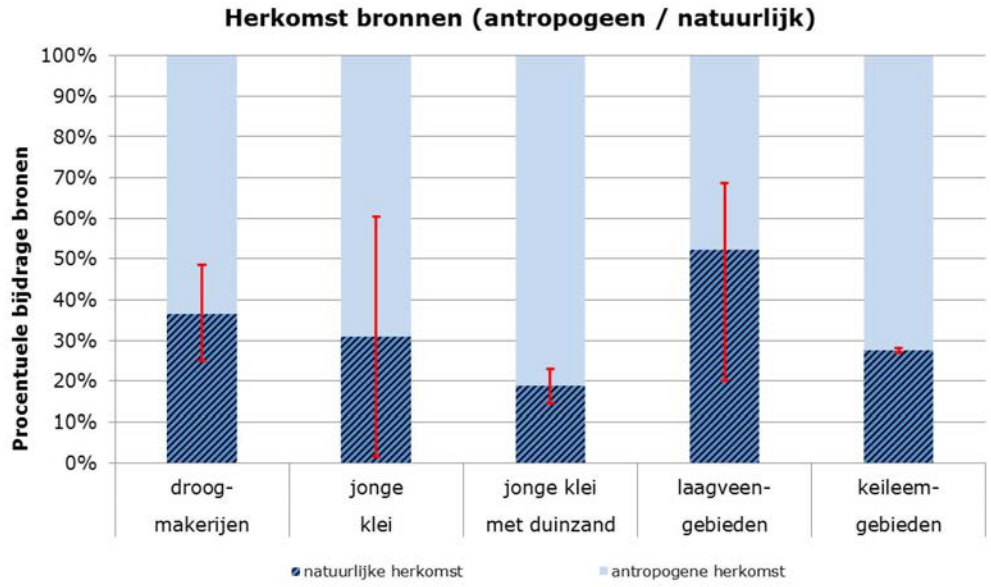
Fosfor

Het resultaat van de met ECHO uitgevoerde analyse van de herkomst van de fosforbelasting is weergegeven in Figuur 6.3. Voor fosfor vormen actuele bemesting, nalevering vanuit landbouwgronden en inlaatwater net als voor stikstof een belangrijke bron voor de belasting van het oppervlaktewater. Atmosferische depositie speelt bij fosfor geen rol. De fosforbelasting vanuit natuurgebieden in de laagveen- en keileemgebieden is ook van belang.



Figuur 6.3 *Bijdrage van verschillende bronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009, onderverdeeld op basis van de herkomst voor de vijf type hoofdgebieden.*

In Figuur 6.4 is de gemiddelde bijdrage van de natuurlijke en antropogene fosforbronnen weergegeven per hoofdgebied, met daarbij de variatie binnen het hoofdgebied. De natuurlijke bronnen bedragen bij elkaar ook ongeveer een derde (19-37%), alleen in de laagveengebieden iets meer dan de helft (52%). De variatie in de herkomst van de fosforbelasting is groter dan die voor stikstof.



Figuur 6.4 *Aandeel van de antropogene en natuurlijke bronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009 voor de verschillende type hoofdgebieden en de spreiding daarvan binnen de hoofdgebieden (10 droogmakerijen, 19 jonge klei-, 3 jonge klei met duinzand-, 8 laagveen- en 2 keileemgebieden).*

De verhouding tussen het aandeel van de antropogene en natuurlijke bronnen voor fosfor wisselt vooral sterk voor de gebieden in hoofdgebied *Jonge Klei* en het *laagveengebied* (zie ook Bijlage 10). De deelgebieden binnen het hoofdgebied *Jonge klei* met een lage bijdrage van de natuurlijke bronnen zijn juist de gebieden met veel bollenteelt, voor hoofdgebied *laagveengebieden* zijn dit de gebieden waar de bijdrage van inlaatwater aan de fosforbelasting hoog is.

Zoals hierboven is aangeven, zijn overall gezien de actuele bemesting, nalevering vanuit landbouwgronden en inlaat de belangrijkste bronnen voor de belasting van het oppervlaktewater.

Tabel 6.1 geeft voor de deelgebieden een overzicht van de meest dominante nutriëntenbronnen.

Tabel 6.1

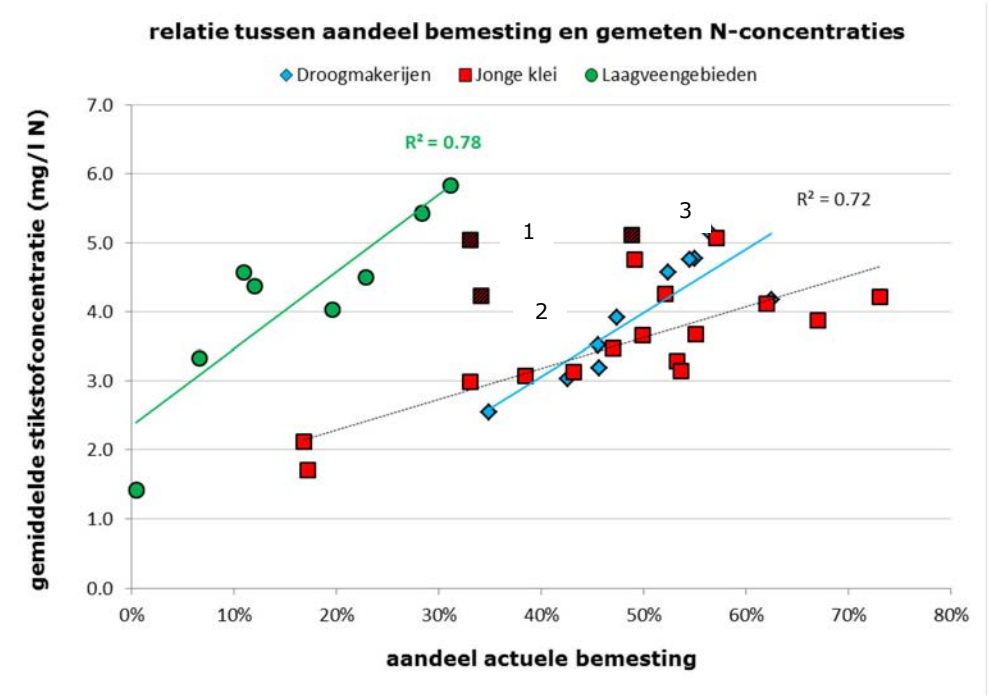
Overzicht van de meest dominante nutriëntenbronnen voor de 42 deelgebieden.

Gebied	stikstof				fosfor			
	Actuele bemesting	Inlaat	Bodem	Overig	Actuele bemesting	Inlaat	Bodem	Andere bronnen [1)]
Droogmakerijen	10	-	**-**	**-**	9	-	1	-
Jonge klei	15	3	-	1	14	4	-	1 [1)]
Laagveengebieden	3	3	-	2	-	2	4	2
Jonge klei met duinzand	2	1	-	-	1	2	-	-
Keileemgebieden	1	1	-	-	2	-	-	-
Totaal	**31 (74%)**	**8 (19%)**	**-**	**3 (7%)**	**26 (62%)**	**8 (19%)**	**5 (12%)**	**3 (7%)**

1) Dit betreft o.a. atmosferische depositie, uit- en afspoeling vanuit natuurgebieden en overige bronnen.

Uit Tabel 6.1 komt naar voren dat wanneer naar de individuele deelgebieden wordt gekeken, in 31 van de 42 deelgebieden de actuele bemesting de grootste bijdrage levert aan de stikstofbelasting. Voor fosfor zijn dit 26 deelgebieden. Opvallend is dat de nalevering vanuit de bodem voor geen enkel deelgebied de grootste bijdrage levert aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater. Voor fosfor is de nalevering vanuit de landbouwbodems voor 5 deelgebieden de grootste bron.

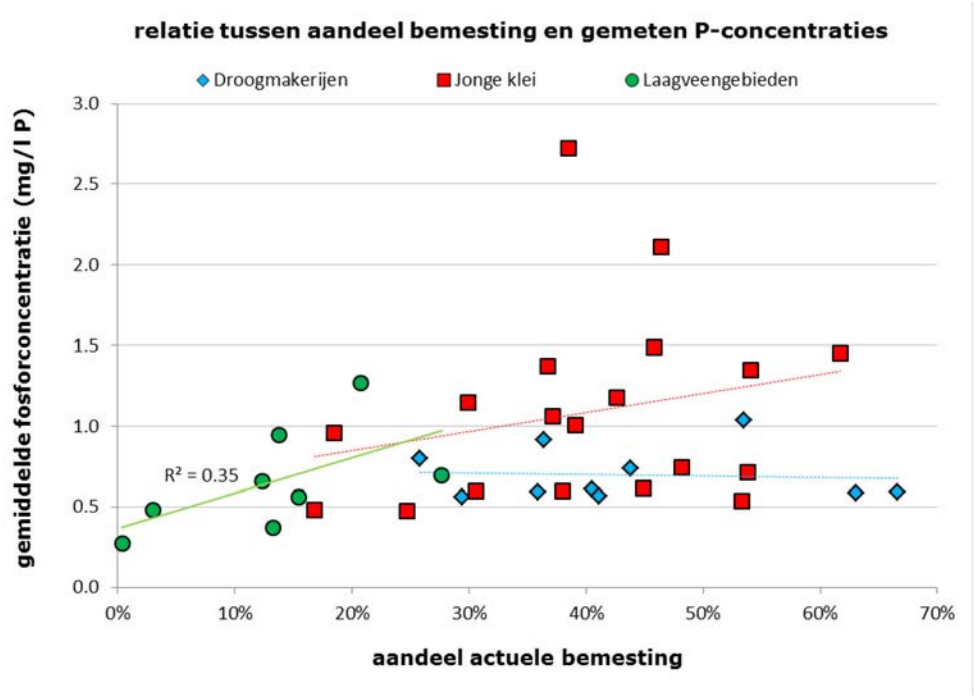
Omdat uit de resultaten blijkt dat de actuele bemesting de grootste bron is voor de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater voor de hoofgebieden *droogmakerijen, jonge kleigebieden* en *laagveengebieden*, is nagegaan of een relatie gevonden kan worden tussen de relatieve bijdrage van de actuele bemesting en de gemeten stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater (Figuur 6.5 en Figuur 6.6). Het aantal deelgebieden voor hoofdtype *Jonge Klei met Duinzand* en *Keileemgebieden* is klein en daarom niet zinvol om deze relatie af te leiden.



Figuur 6.5 *Relatie tussen aandeel bemesting en gemeten stikstofconcentraties.*

Voor de *droogmakerijen* (R^2 = 0,72) en *laagveengebieden* (R^2 = 0,78) wordt een sterke relatie gevonden tussen de gemeten N-concentraties in het oppervlaktewater en de relatieve bijdrage van de actuele bemesting aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater. Voor hoofdgebied *Jonge Klei* is de relatie minder sterk. Dit komt met name doordat er binnen het hoofdtype *Jonge* klei drie deelgebieden zijn die sterk afwijken van de overige deelgebieden. Het gaat hierbij om de deelgebieden Anna Paulownapolder Laag (1) en Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder (2), die allebei inlaatwater van bovenstroomse polders ontvangen dat meer nutriënten bevat dan het boezemwater, en deelgebied Wieringerwaard (3), waar de bijdrage van de geogene bodem (22%) significant hoger is dan overige gebieden binnen hoofdtype *Jonge klei.* Zonder deze drie deelgebieden wordt een R^2 gevonden van 0,63.

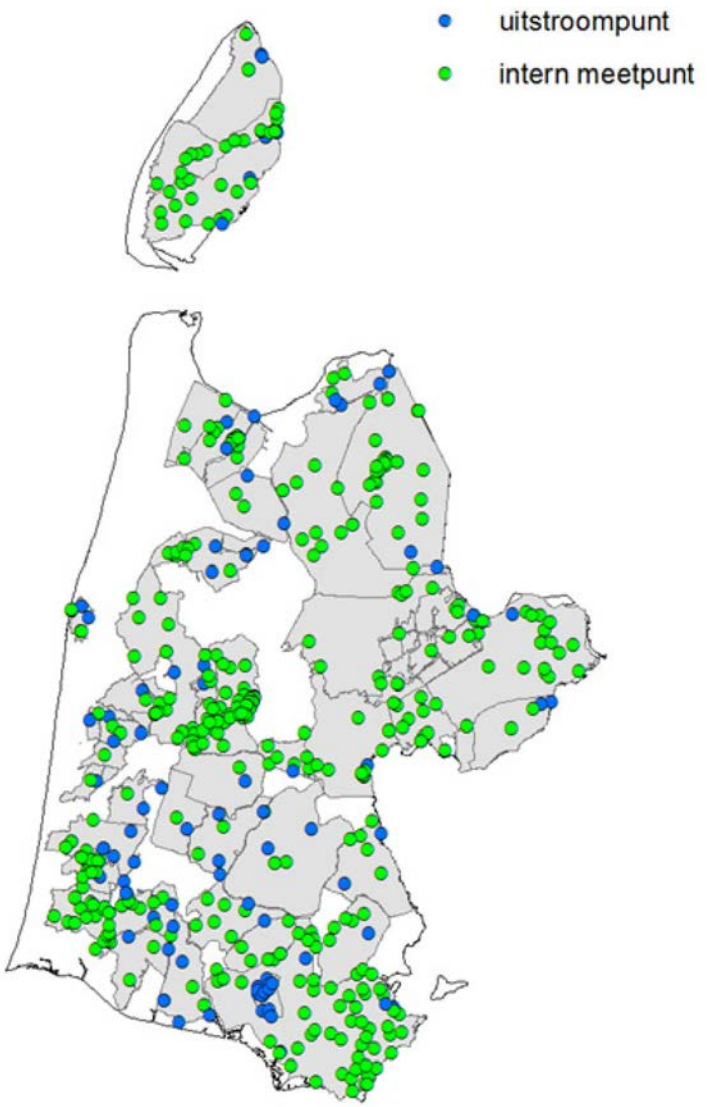
De relaties tussen de gemeten P-concentraties in het oppervlaktewater en de relatieve bijdrage van de actuele bemesting aan de totale P-belasting is minder sterk dan voor stikstof (Figuur 6.6). Alleen voor hoofdtype *laagveengebieden* wordt enigszins een verband gevonden (R^2 = 0,35).



Figuur 6.6 *Relatie tussen aandeel bemesting en gemeten fosforconcentraties.*

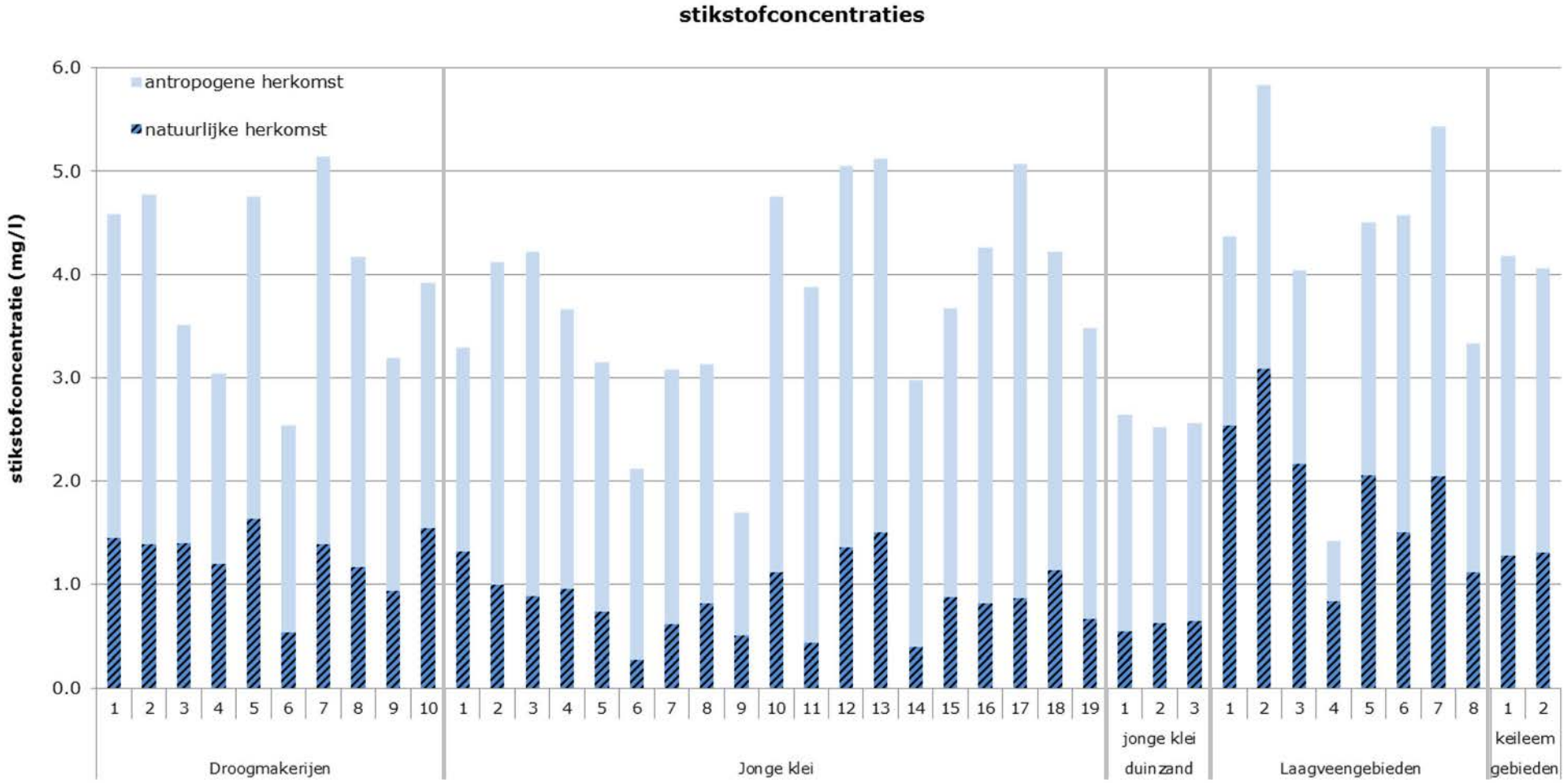
6.2 Theoretische achtergrondconcentraties

Op basis van de verhouding *natuurlijk* versus *antropogeen* en de gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater zijn de theoretische achtergrondconcentraties voor de verschillende deelgebieden afgeleid. De theoretische achtergrondconcentratie is hierbij gedefinieerd als het product van het aandeel (percentage) van de natuurlijke bronnen en de gemiddeld gemeten concentratie van het afzonderlijke deelgebied. De gemiddelde stikstof- en fosforconcentraties zijn bepaald op basis van metingen in het oppervlaktewater voor meetpunten die representatief zijn voor de waterkwaliteit binnen het betreffende deelgebied voor de periode 2000-2009. Voor het afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties zijn in totaal 518 meetpunten meegenomen, waarvan 97 meetpunten (in de figuur aangegeven als uitstroompunt) ook gebruikt zijn voor het toetsen van de stoffenbalans (Figuur 6.7).

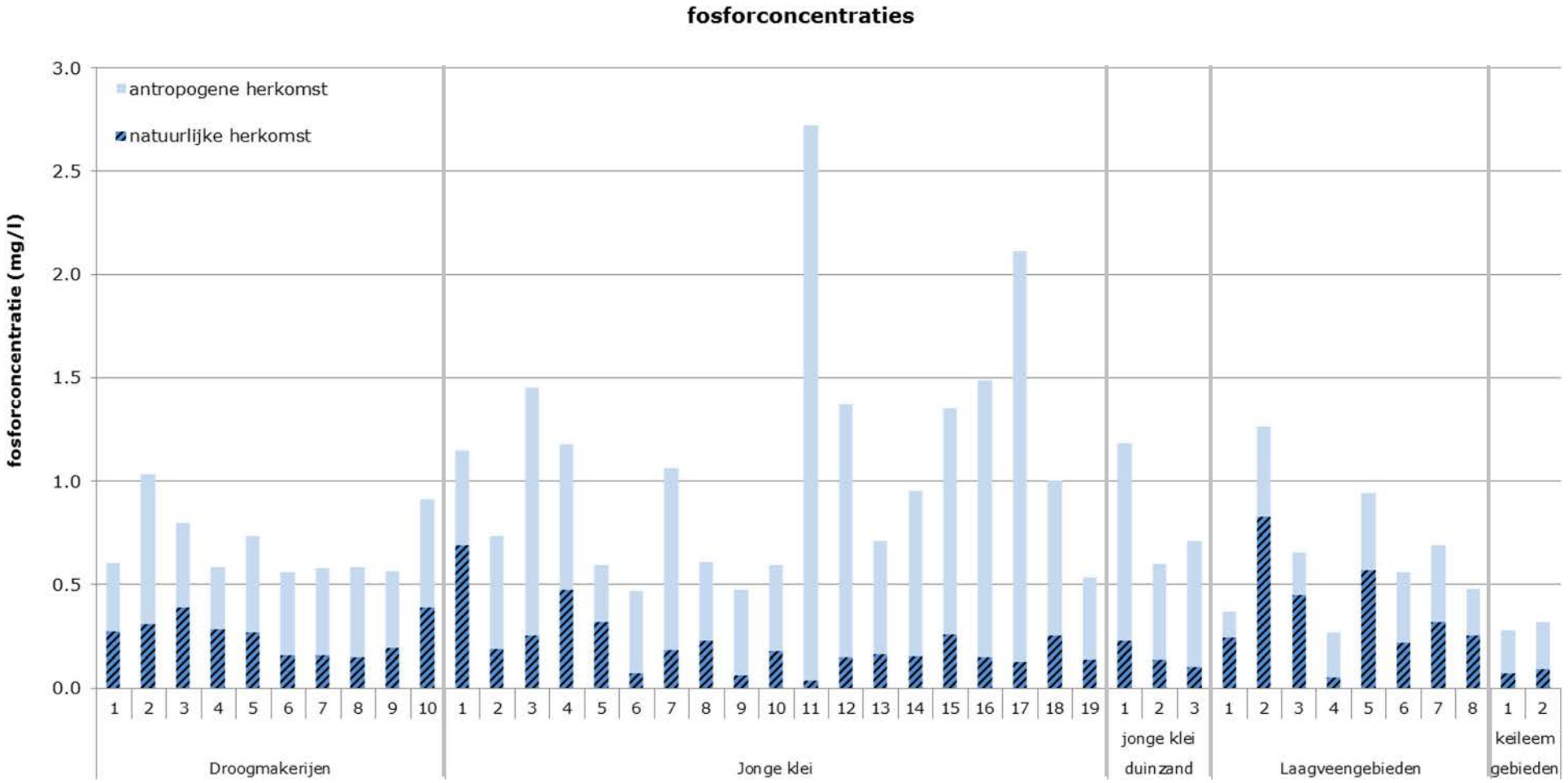


Figuur 6.7 *Overzicht van meetpunten die zijn meegenomen bij het afleiden van theoretische achtergrondconcentraties voor de 42 deelgebieden.*

In Figuur 6.8 en Figuur 6.9 is de gemiddeld gemeten stikstofconcentratie voor de periode 2000-2009 voor alle deelgebieden weergegeven. Het gearceerde deel geeft de gemiddelde theoretische achtergrondconcentratie (mg/l N-totaal) weer op basis van de relatieve bijdrage van bronnen met een natuurlijke herkomst.



Figuur 6.8 *Gemeten stikstofconcentraties (mg/l N-totaal) voor de periode 2000-2009, onderverdeeld op basis van de herkomst (natuurlijk versus antropogeen) voor de 42 deelgebieden. De bijbehorende gebieden staan in Bijlage 11.*



Figuur 6.9 *Gemeten fosforconcentraties (mg/l P-totaal) voor de periode 2000-2009, onderverdeeld op basis van de herkomst (natuurlijk versus antropogeen) voor de 42 deelgebieden. De bijbehorende gebieden staan in Bijlage 11.*

Uit Figuur 6.8 blijkt dat de variatie in gemeten (gemiddelde) nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009 tussen de deelgebieden *droogmakerijen, jonge klei* en *laagveengebieden* groter is dan de verschillen tussen de hoofdgebieden. Dit geldt in mindere mate voor de gemiddelde theoretische achtergrondconcentratie. De gemiddelde theoretische achtergrondconcentratie voor de laagveengebieden ligt rond de 2,0 mg/l N-totaal (ca. 50% van de gemeten N-concentratie). Voor de droogmakerijen en keileemgebieden is de gemiddelde N-concentratie lager (ca. 1,2 mg/l N-totaal) en bedraagt ongeveer 30% van de gemiddelde N-concentratie. De gemiddeld laagste theoretische achtergrondconcentratie wordt berekend voor de jonge kleigebieden met duinzand.

Ook voor fosfor is de variatie in gemeten (gemiddelde) fosforconcentratie tussen deelgebieden overwegend groter dan de variatie tussen hoofdgebieden *jonge klei* en *laagveengebieden.* In tegenstelling tot stikstof is de variatie in gemeten fosforconcentraties in droogmakerijen beperkt. Wanneer gekeken wordt naar de theoretische achtergrondconcentraties valt op dat voor hoofdtype *Jonge klei* relatief lage achtergrondwaarden zijn afgeleid van ca. 0,20 mg/l P (23% van de totaal gemeten P-concentratie). De hoogste theoretische achtergrondconcentraties worden afgeleid voor de laagveengebieden (gemiddelde van bijna 0,40 mg/l P-totaal).

7 Discussiepunten

7.1 Waterbalans

In dit onderzoek is gebruikgemaakt van een aantal onderdelen van de waterbalans die door het hoogheemraadschap is opgesteld. Het gaat hierbij om:

- De gebiedsgemiddelde neerslag en kwelflux voor nieuwe berekeningen met SWAP-ANIMO. De gebiedsgemiddelde kwelflux is daarnaast gebruikt om de bijdrage van directe kwel aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in beeld te brengen.
- De berekende hoeveelheid inlaat- en uitlaatwater voor het afleiden van de inkomende en uitgaande nutriëntenvracht.
- Het percentage open water voor het afleiden van de stikstofretentie in klei- en veenpolders.

De waterbalansen die zijn verkregen op basis van de gekozen invoergegevens zijn na kalibratie door HHNK beoordeeld op betrouwbaarheid. Omdat het opstellen van de waterbalans en de beoordeling van de plausibiliteit door het hoogheemraadschap is uitgevoerd, wordt niet verder ingegaan op discussiepunten t.a.v. de opgestelde waterbalansen, maar wordt verwezen naar documentatie die bij het waterschap aanwezig is.

7.2 Stoffenbalans

In paragraaf 5.4 is de plausibiliteit van de stoffenbalans voor de 42 deelgebieden beschreven. De plausibiliteit is in beeld gebracht door de uit metingen (nutriëntenconcentraties) en berekende (waterbalans) afgeleide uitgaande nutriëntenvracht te vergelijken met de uitgaande nutriëntenvracht die wordt berekend met het model ECHO. In zowel de uit metingen afgeleide nutriëntenvracht als de met ECHO berekende uitgaande nutriëntenvracht zitten (grote) onzekerheden die effect hebben op de plausibiliteit van de stoffenbalans. De belangrijkste onzekerheden worden hieronder toegelicht.

Afgeleide nutriëntenvracht op basis van metingen

- De dichtheid van kwaliteitsmetingen en dan met name de periode waarover gemeten wordt, is over het algemeen ontoereikend om betrouwbare vrachten af te leiden. Dit geldt met name voor de meetpunten die representatief worden geacht voor de kwaliteit van het uitgaande water (vaak zijn er maar voor één jaar metingen beschikbaar). Deze meetpunten zijn vervolgens door middel van interpolatie en extrapolatie uitgebreid waardoor een extra onzekerheid wordt ingebracht. Voor deze studie is dit de enige manier om een uitgaande vracht af te leiden voor de gewenste periode. Voor het afleiden van betrouwbaardere uitgaande vrachten is een uitbreiding van het aantal metingen gewenst.
- De meetlocatie voor nutriënten die representatief wordt geacht voor de kwaliteit van het uitgaande en ingaande water kan lokaal worden beïnvloed door een (punt)bron, waardoor geen representatieve gebiedsgemiddelde nutriëntenconcentratie verkregen wordt.
- De meetlocatie van waterafvoer is zelden gelijk aan de meetlocatie(s) van de nutriëntenconcentraties. Idealiter liggen de kwaliteitsmeetpunten nabij het uitstroompunt van de waterbalansgebieden.
- Onzekerheden die samenhangen met het verzamelen van de data (sampling) en de analyses in het laboratorium (metingen vinden plaats op een punt in ruimte en tijd).
- Voor de kalibratie van de waterbalans zijn met gegevens over de maalcapaciteit en het aantal draaiuren de uitgaande debieten afgeleid. Bij controles van gemalen in het beheergebied van HDSR bleek dat de debieten, die op basis van de gemaalinformatie worden afgeleid, een structurele overschatting van het debiet kan geven van 10-20% (Mulder *et al.*, 2012). De daaruit afgeleide nutriëntenvracht wordt hierdoor ook overschat.

Berekende nutriëntenvracht met ECHO
De berekende nutriëntenvracht is de resultante van de bijdrage van verschillende nutriëntenbronnen met ieder een eigen onzekerheid:

- De kwaliteit, de nauwkeurigheid en de representativiteit van de dataverzameling achter de schattingen van verschillende emissiebronnen uit de Emissieregistratie (ER) (RWZI's, industriële lozingen, overige landbouwemissies, atmosferische depositie open water en overige bronnen) is niet altijd toereikend. Een mooi voorbeeld hiervan is de bijdrage van industriële lozingen. Voor een aantal gebieden is, volgens de ER, de bijdrage van deze bron significant, terwijl er bij het hoogheemraadschap geen aanwijzingen zijn dat er industrie van enige omvang aanwezig is die niet op het riool loost.
- De kwaliteit, de nauwkeurigheid en de representativiteit van de dataverzameling achter de met SWAP en ANIMO berekende uit- en afspoeling vanuit het landelijk gebied. Door het herschikken van de STONE-plots (aanpassen landgebruik, bodemtype en Gt-klasse) en het gebruik van regionale informatie is de verwachting dat deze onzekerheid kleiner wordt. Desalniettemin blijft een belangrijk deel van de plotkenmerken gebaseerd op de landelijke schematisatie (o.a. bemesting, P-toestand van de bodem, etc.) en zijn er bijvoorbeeld geen specifieke STONE-plots die representatief zijn voor de bollenteelt.
- Onzekerheden bij het afleiden van de inkomende vracht als gevolg van onzekerheden in de kwaliteitsmetingen en onzekerheden bij het afleiden van de hoeveelheid inlaatwater.

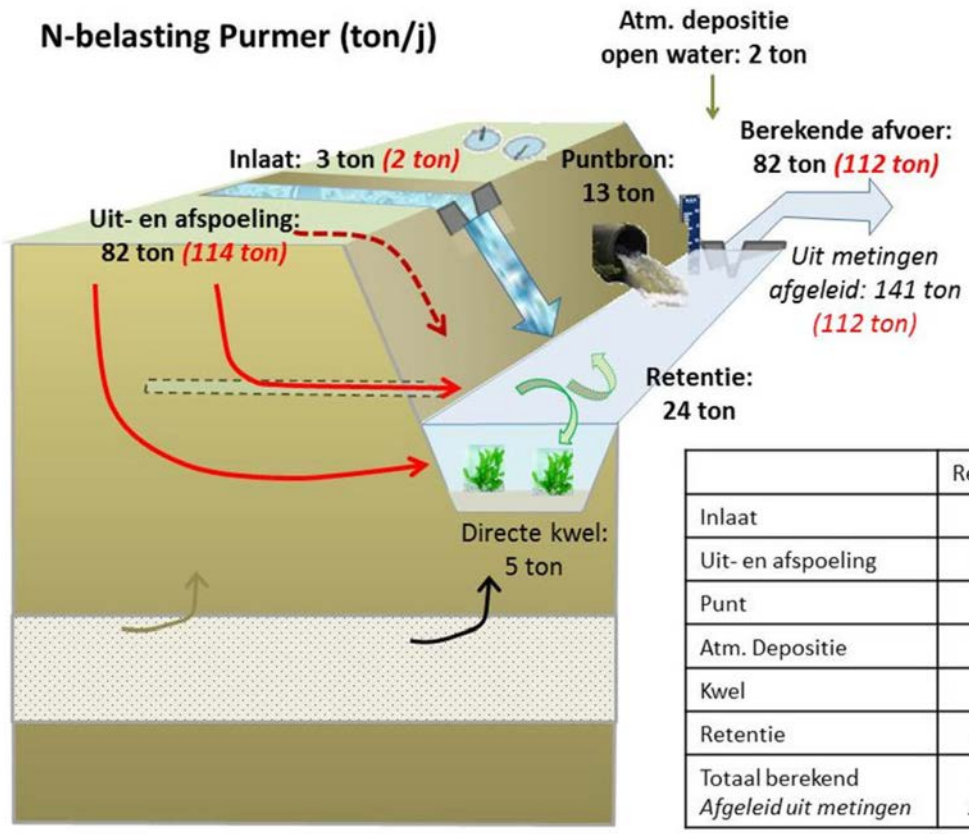
Naast bovengenoemde onzekerheden met betrekking tot de nutriëntenbronnen spelen ook onzekerheden een rol met betrekking tot de retentieschattingen in het oppervlaktewater.

Plausibiliteit en doorwerking op eindresultaat
Uit de analyse van de resultaten blijkt dat er een systematische onderschatting is van de stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater (paragraaf 5.4). Om inzicht te krijgen in hoeverre de onderschatting van de stikstof- en fosforvrachten doorwerkt in het eindresultaat (bijdrage natuurlijke/antropogene bronnen), zijn voor drie verschillende deelgebieden aanvullende berekeningen uitgevoerd. Dit wordt in het navolgende behandeld.

Belangrijke onzekerheden zijn de uit metingen afgeleiden uitgaande vrachten (door de overschatting van uit gemaalcijfers afgeleide debieten) en de uit- en afspoeling uit de bodem.
De verhouding in bijdrage tussen natuurlijk en antropogene bronnen is voor drie verschillende deelgebieden opnieuw bepaald voor drie verschillende situaties, waarbij rekening is gehouden met bovenstaande factoren:

1. Verlagen van het uitgaande debiet met ca. 20%, resulterend in een afname van de uit metingen afgeleide vracht van 20%. Omdat de hoeveelheid inlaatwater mede bepaald wordt door de hoeveelheid uitgeslagen water, zal de hoeveelheid inlaatwater ook afnemen;
2. Zodanig verhogen van de nutriëntenbelasting via de uit- en afspoeling dat de berekende uitgaande vracht exact overeenkomt met de uit metingen afgeleide vracht;
3. Combinatie van situatie 1 en situatie 2.

Dit is gedaan voor de deelgebieden De Purmer (droogmakerij), Anna Paulownapolder-hoog (bollengrond) en Krommenieër Woudpolder (veenweide). In Figuur 7.1 is schematisch de referentiesituatie en de resultaten voor variant 3 weergegeven voor deelgebied De Purmer.



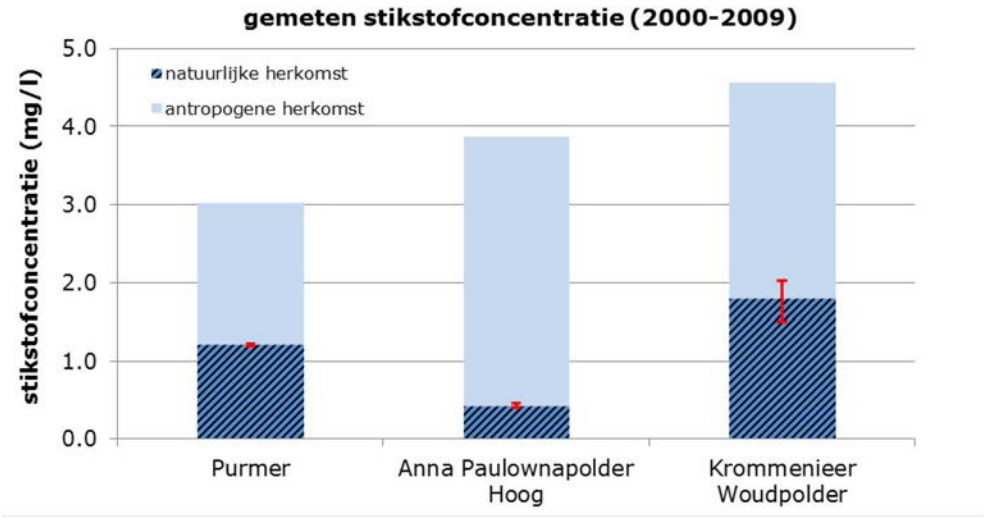
	Ref	Var 3
Inlaat	3	2
Uit- en afspoeling	82	114
Punt	13	13
Atm. Depositie	2	2
Kwel	5	5
Retentie	-24	-24
Totaal berekend *Afgeleid uit metingen*	81 *141*	112 *112*

Figuur 7.1 *Schematische weergave van de stikstofbelasting voor deelgebied De Purmer in de referentiesituatie. Tussen haakjes zijn de balansposten in rood aangegeven zoals berekend met variant 3 (uitgaande van 20% lagere uitgaande debieten en zodanige verhoging van de uit- en afspoeling dat de nettobelasting exact overeenkomt met de uit metingen afgeleide vracht.*

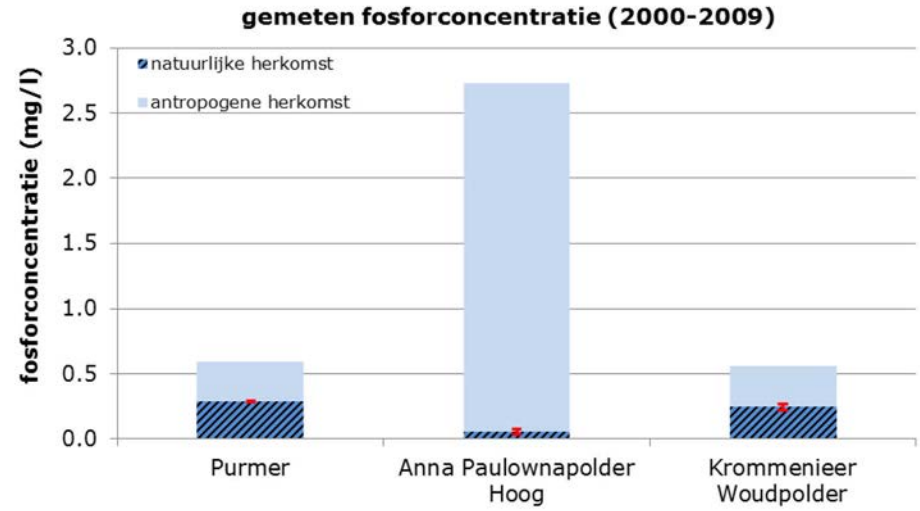
De totale inkomende vracht naar het oppervlaktewater is afkomstig van verschillende bronnen en bedraagt voor het totale deelgebied 105 ton/jaar. Het grootste gedeelte hiervan is afkomstig van de uit- en afspoeling vanuit landbouw en natuurgronden (82 ton/jaar). De berekende uitgaande vracht is, rekening houdend met retentie in het oppervlaktewater van 24 ton/jaar, ongeveer 81 ton/jaar.

De uit metingen afgeleide stikstofvracht voor het deelgebied De Purmer bedraagt echter 141 ton/jaar, hetgeen beduidend hoger is dan de berekende 81 ton/jaar. In paragraaf 5.4 is aangegeven dat de structurele onderschatting van de uitgaande nutriëntenbelasting voor een deel verklaard kan worden door een structurele overschatting van het (gemeten) debiet en overschatting van het fosfaatbindend vermogen van de ondergrond. Ook de te laag berekende nutriëntenbelasting voor bollengronden kan hierbij een rol spelen.

Conform de onzekerheidsanalyse van variant 3 is de uit metingen afgeleide vracht gereduceerd met ca. 20% en de uit- en afspoeling zodanig verhoogd dat de berekende vracht exact overeenkomt met de uit metingen afgeleide vracht. Dit geeft een andere verhouding tussen het aandeel natuurlijke en het aandeel antropogene bronnen. Op dezelfde wijze is de belasting en herkomst voor de Anna Paulownapolder-hoog en de Krommenieër Woudpolder herberekend. De resultaten hiervan zijn opgenomen in Bijlage 12. De consequenties voor de berekende achtergrondconcentraties zijn weergegeven in Figuur 7.2 (stikstof) en 7.3 (fosfor). Uit deze figuren kan worden afgeleid dat het effect van de verandering van de nutriënten balans conform de 3 genoemde varianten geen groot effect heeft op de berekende achtergrondconcentraties, met name niet in absolute zin.



Figuur 7.2 *Theoretische achtergrondconcentratie van stikstof in het oppervlaktewater voor drie deelgebieden, inclusief variatie van de verschillende varianten.*



Figuur 7.3 *Theoretische achtergrondconcentratie van fosfor in het oppervlaktewater voor drie deelgebieden, inclusief variatie van de verschillende varianten.*

7.3 Theoretische achtergrondconcentraties

De stoffenbalans vormt samen met de gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater de basis van het afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties. De onzekerheden met betrekking tot de stoffenbalans en de metingen in het oppervlaktewater werken ook door in het afleiden van de theoretische achtergrondbelasting en zijn in de vorige paragrafen reeds besproken. In deze paragraaf wordt verder ingegaan op de keuzes die gemaakt zijn bij afleiden van de theoretische achtergrondconcentraties.

In deze studie wordt de volgende definitie gehanteerd voor de theoretische achtergrondconcentratie:

> *De theoretische achtergrondconcentratie is de theoretisch afgeleide stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater die verwacht kan worden indien er alleen sprake is van natuurlijke nutriëntenbronnen en de bijdrage van antropogene bronnen buiten beschouwing wordt gelaten.*

De theoretische achtergrondbelasting wordt berekend door de gemiddelde nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009 te vermenigvuldigen met de relatieve bijdrage van de natuurlijke bronnen.

Meetpunten
Voor het afleiden van de gemiddelde nutriëntenconcentratie in het oppervlaktewater worden alle meetpunten binnen een deelgebied meegenomen. In een aantal gevallen is een uitzondering gemaakt wanneer duidelijk bleek dat een groep meetpunten met een specifiek doel verzameld waren (bijvoorbeeld een cluster meetpunten in stedelijk gebied). Naast de onzekerheden bij het bepalen van de nutriëntenconcentraties (is het geen uitschieter) en de 'plek' in het gebied waar het meetpunt ligt (wordt dit meetpunt toevallig niet beïnvloed door een lokale puntbron), maakt het ook veel uit voor welke jaren er metingen beschikbaar zijn.

Om pragmatische redenen zijn alle metingen op een hoop gegooid en zijn gemiddelde nutriëntenconcentraties voor de periode 2000-2009 bepaald. Wanneer meetpunten en/of jaren worden weggelaten of wanneer gebruikgemaakt wordt van andere meetpunten, heeft dit meteen consequenties voor de berekende theoretische achtergrondconcentraties. Meetpunten buiten de beschouwde periode (voor 2000 en na 2009) zijn niet meegenomen, omdat de verhouding tussen de bijdrage van de natuurlijke en antropogene bronnen ook voor de periode 2000-2009 is bepaald.

Indeling natuurlijk / antropogeen
De relatieve bijdrage van de natuurlijke nutriëntenbronnen is bepaald door gebruik te maken van de indeling die in overleg met de Nutriëntenwerkgroep Rijn-West is vastgesteld, waarbij een aantal uitgangspunten is gehanteerd (Schipper *et al.*, 2012):
- de bemesting in het verleden die vanaf grofweg 1940 heeft plaatsgevonden, wordt opgevat als antropogeen;
- kwel en atmosferische depositie worden opgevat als natuurlijk (ook al geldt dat de atmosferische depositie van stikstof door menselijke bronnen is verhoogd door ammoniakemissies van veehouderij, industrie, verkeer, energiecentrales);
- de (versnelde) mineralisatie door verbetering van de ontwatering wordt niet beschouwd als antropogeen, omdat de ontwatering voor het bewoonbaar maken van ons lage land ver teruggrijpt en gezien kan worden als een niet omkeerbare ingreep;
- waterinlaat is toegekend aan de categorie antropogeen, maar een deel van de nutriënten die via het inlaatwater wordt aangevoerd, kan (deels) een natuurlijke achtergrond hebben.

De toekenning van de bronnen aan antropogene of natuurlijke herkomst blijft een arbitraire keuze. Wanneer gebruikgemaakt wordt van een andere indeling heeft dit consequenties voor de bijdrage van de natuurlijke bronnen aan de belasting van het oppervlaktewater en daarmee een directe invloed op de theoretische achtergrondconcentratie.

Plausibiliteit en doorwerking op eindresultaat
De relatieve bijdrage van de natuurlijke bronnen aan de totale nutriëntenbelasting betreft een gebiedsgemiddelde bijdrage. Door de heterogeniteit van deelgebieden wat betreft landgebruik, bodemopbouw, hydrologische toestand et cetera is de bijdrage van de natuurlijke bronnen niet één waarde, maar heeft een bandbreedte. De bandbreedte is in hoofdstuk 6 niet meegenomen. In Bijlage 11 zijn de theoretische achtergrondconcentraties weergegeven waarbij rekening is gehouden met de variatie in theoretische achtergrondwaarden als gevolg van de heterogeniteit van het deelgebied.

De bandbreedte als gevolg van de heterogeniteit van het gebied zegt echter niets over de onzekerheden van de gegeven waarden. Omdat in deze studie geen onzekerheidsanalyse is uitgevoerd, is de bandbreedte als gevolg van deze onzekerheden niet gekwantificeerd.

Voor drie deelgebieden zijn aanvullende analyses gedaan waarin het effect van een aantal onzekerheden op de relatieve bijdrage van de natuurlijke bronnen in beeld is gebracht (paragraaf 7.2). De veranderingen in relatieve bijdrage van de natuurlijke bronnen aan de stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater resulteren in andere theoretische achtergrondconcentraties, maar deze verandering is beperkt, met name in absolute zin.

8 Conclusies

8.1 Methodiek

De belangrijkste doelstelling van het onderzoek was om voor de onderscheiden 42 deelgebieden van HHNK theoretische achtergrondconcentraties af te leiden voor stikstof en fosfor. Deze achtergrondconcentratie is gedefinieerd als *de theoretisch afgeleide stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater die verwacht kan worden indien er alleen sprake is van natuurlijke nutriëntenbronnen en de bijdrage van antropogene bronnen buiten beschouwing wordt gelaten.*

Alterra heeft hiertoe gezamenlijk met het hoogheemraadschap een onderzoekstraject ontwikkeld waarmee met modelberekeningen, metingen in het oppervlaktewater (kwaliteit- en debietmetingen) en bestaande emissiedata een water- en nutriëntenbalans wordt opgesteld. Met dit onderscheid zijn voor alle 42 deelgebieden de theoretische achtergrondconcentraties afgeleid. Dit door het percentage natuurlijke bronnen te vermenigvuldigen met de (per gebied) gemiddeld gemeten stikstof- en fosforconcentraties. De 42 deelgebieden betreffen 10 droogmakerijen, 19 gebieden met jonge klei, 3 gebieden met jonge klei met duinzand, 8 laagveengebieden en 2 keileemgebieden. Tezamen vormen de 42 gebieden een groot deel van het gehele beheergebied. Voor het overzicht worden sommige resultaten besproken op het niveau van deze hoofdindeling.

Een belangrijke basis van de methode is de waterbalans. Deze is hoofdzakelijk door de hydrologen van het hoogheemraadschap opgesteld op dagbasis met meetgegevens (neerslag, verdamping en lozingen) en modelresultaten (kwel en afvoer naar de RWZI) als balansposten. Het inlaatvolume is als ontbrekende balanspost ingeschat door de gemeten en berekende gebiedsafvoer te vergelijken.
De nutriëntenbalans is door Alterra opgesteld met behulp van het modelinstrumentarium ECHO waarin beschikbare metingen, data en kennis zijn gecombineerd met regionale informatie (landgebruik, bodemtype, Gt-klasse). De diffuse belasting vanuit landbouw en natuurgronden is gemodelleerd, waarbij het hiervoor ontwikkelde landelijke modelinstrumentarium (STONE) regiospecifiek is gemaakt door de rekenplots op een gedetailleerd ruimtelijk niveau af te stemmen op de gegevens van HHNK over het landgebruik, bodemtype, grondwaterstanden en kwel/wegzijging. Overige nutriëntenbronnen zijn ontleend aan Emissieregistratie en meetgegevens van HHNK (inlaat, RWZI's). Om onderscheid te kunnen maken tussen natuurlijke en antropogene bronnen, is de herkomst van de uit- en afspoeling met het modelinstrumentarium verder ontrafeld in natuurlijke (na)levering vanuit de bodem, kwel, atmosferische depositie op het land, historische en actuele bemesting, uit- en afspoeling van natuurgronden en in een vorig zomerseizoen geïnfiltreerd oppervlaktewater.

Nadat de methodiek voor de pilot Wieringermeer is opgezet en toegepast, is deze op enkele kleine onderdelen bijgesteld. Vervolgens is de methodiek toegepast op alle 42 deelgebieden en zijn voor al deze gebieden aparte rapportages opgesteld. De methode en (tussen)resultaten zijn meermalen besproken met experts en bestuurders van het hoogheemraadschap en heeft voldoende draagvlak verkregen om de resultaten te gebruiken voor het afleiden van realistische KRW-doelen.

8.2 Waterbalans

Voor de vijf hoofdgebieden ligt de gemiddelde bijdrage van neerslag aan de totale inkomende post voor de deelgebieden tussen de 70% en 85%. Het overige deel is voornamelijk inlaatwater, variërend van 12% voor droogmakerijen tot 31% voor de keileemgebieden. De bijdrage van kwel is met name voor de droogmakerijen van belang (12%).

Overall gezien is de bijdrage van de RWZI's aan de waterbalans beperkt, omdat in de meeste deelgebieden geen RWZI's aanwezig zijn. Ook voor gebieden met een RWZI is de bijdrage gering (< 5%), met uitzondering van deelgebied Vier Noorderkoggen Laag (24%). De invloed van de lozing op het gebied is echter beperkt, omdat de lozing van de RWZI betrekkelijk dicht bij het uitslagpunt (gemaal) ligt waardoor het effluent slechts in beperkte mate het gebied in kan stromen.

Het grootste gedeelte van de waterafvoer vindt plaats via de gemalen, variërend van gemiddeld 43% voor hoofdgebied *jonge klei met duinzand* tot gemiddeld 58% voor hoofdgebied *Droogmakerijen*, gevolgd door de verdamping (41% tot 48%). De wegzijging en de afvoer via de riolering vormen gemiddeld een kleine post in de balans, maar in sommige polders is deze post wel significant. Met name de wegzijging speelt voor de deelgebieden binnen het hoofdtype *Jonge klei met duinzand* (7-14%) en de laagveengebieden (0-12%) een rol.

De beoordeling van de waterbalans is door de hydrologen van het hoogheemraadschap uitgevoerd op het niveau van de 56 afwateringseenheden waar de 42 deelgebieden van zijn afgeleid. De meeste waterbalansgebieden zijn hierbij door het hoogheemraadschap als *goed* (40%) of *voldoende* (41%) beoordeeld; voor 20% is de betrouwbaarheid als matig beoordeeld en 1 waterbalansgebied *onvoldoende*.

8.3 Nutriëntenbalans

Voor alle 42 gebieden is voor de periode 2000-2009 een nutriëntenbalans opgesteld met als inkomende posten de berekende belasting via de uit- en afspoeling, inlaatwater en overige punt- en diffuse bronnen en als uitgaande term de berekende retentie van nutriënten in het oppervlaktewater (opname door waterplanten, denitrificatie en andere retentieprocessen) en de afvoer via de gemalen.

- De grootste stikstofvrachten naar het oppervlaktewater (brutobelasting) worden berekend voor de *Droogmakerijen* (gemiddeld 40,0 kg/ha N); voor de *keileemgebieden* worden de laagste gemiddelde stikstofvrachten berekend (gemiddeld 21,8 kg/ha N).
- De grootste fosforvrachten naar het oppervlaktewater worden berekend voor de *droogmakerijen* en *laagveengebieden* (beide gemiddeld 5,1 kg/ha P). De berekende fosforvrachten voor de gebieden *jonge klei met duinzand* (2,4 kg/ha P) en *keileemgebieden* (2,2 kg/ha P) zijn meer dan de helft lager.
- De gemiddelde fosforretentie is over het algemeen hoger dan de stikstofretentie, waarbij opgemerkt moet worden dat voor het afleiden van de stikstof- en fosforretentie verschillende methodes zijn toegepast.

De nettobelasting (brutobelasting minus de retentie) is vergeleken met de uit metingen (gemalen en nabijgelegen waterkwaliteit metingen) afgeleide uitgaande vrachten. In theorie is de nettobelasting gelijk aan de uitgaande vracht. De vergelijking levert voor de 42 gebieden een duidelijk beeld op voor stikstof; namelijk een lineaire regressiecoëfficiënt van 0,8 tussen de nettobelasting en uit metingen afgeleide uitgaande vracht. Voor fosfor wordt een regressiecoëfficiënt berekend van 0,4.

Zowel voor stikstof als voor fosfor blijkt dat de berekende nutriëntenvracht structureel (in 37 van de 42 deelgebieden) lager ligt dan de uit metingen afgeleide nutriëntenvracht. De structurele onderschatting kan voor een deel verklaard worden door:

- mogelijke overschatting van het berekende debiet met ca. 20%;
- mogelijke overschatting uit metingen afgeleide nutriëntenvracht door wijze waarop de meetreeksen zijn opgevuld (voor veel gebieden zijn maar enkele jaren met adequate waterkwaliteitsgegevens beschikbaar);
- onderschatting van de fosforvracht naar het oppervlaktewater doordat de beschikbare rekenplots van STONE voor kalkrijke zandgronden een te hoge bindingscapaciteit hebben;
- onderschatting van de stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater doordat de beschikbare rekenplots van STONE voor de bollenteelt in West-Nederland een te lage uit- en afspoeling geven; dit hangt ook samen met het vorige punt (te hoge bindingscapaciteit zandgronden waarop de bollen en West-Nederland op worden geteeld).
- overschatting van de stikstofretentie.

8.4 Herkomst bronnen

De (diffuse) uit- en afspoeling draagt gemiddeld het meest bij aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Voor stikstof varieert de bijdrage tussen 49% (laagveengebieden) en 85% (droogmakerijen), de variatie voor fosfor is kleiner (58% voor jonge klei met duinzand tot 85% voor droogmakerijen). Naast de uit- en afspoeling is de bijdrage van inlaatwater van belang (8-34%). Voor laagveengebieden is ook de bijdrage van de atmosferische stikstofdepositie op open water significant (16%).

Uit de bronnenanalyse komt naar voren dat voor stikstof de actuele bemesting het meest bijdraagt aan de totale belasting, met uitzondering van de laagveengebieden. Als de laagveengebieden niet worden meegerekend, is het aandeel van de actuele bemesting voor stikstof bijna de helft (46%). Voor laagveengebieden is inlaatwater (gemiddeld 28%) de belangrijkste stikstofbron, gevolgd door atmosferische depositie (18%), actuele bemesting (16%) en natuurlijke nalevering (15%). Het aandeel van de historische bemesting is voor stikstof opvallend laag berekend (gemiddeld 3%). Hierbij moet wel worden bedacht dat de 'knip' tussen actueel en historisch arbitrair is gelegd op het jaar 2000 en dat daarmee de actuele bemesting in de langjarige modelberekening negen jaar doorloopt (2001-2009).

Ook voor fosfor draagt de actuele bemesting het meest bij aan de totale belasting, met ook als uitzondering hierop de laagveengebieden. De laagveengebieden niet meegerekend, is het aandeel van de actuele bemesting voor fosfor ook bijna de helft (42%). Voor laagveengebieden zijn natuurlijke levering, bodem (27%) en inlaatwater (26%) de belangrijkste bronnen. Actuele bemesting draagt hier gemiddeld 13% bij aan de totale fosforbelasting. Ook voor fosfor is het aandeel van de historische bemesting op de totale belasting niet groot (gemiddeld 5%).

De gemiddelde bijdrage van de natuurlijke bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater ligt voor de hoofdgebieden tussen de 24% (jonge klei met duinzand) en 47% (laagveengebieden). De gemiddelde bijdrage van de natuurlijke bronnen aan de fosforbelasting ligt voor de hoofdgebieden tussen de 19% (jonge klei met duinzand) en 52% (laagveengebieden).

8.5 Natuurlijke achtergrondconcentraties

De stikstofconcentraties liggen in de 42 gebieden gemiddeld op een niveau van 3,8 mg/l N. Dat is, gelet op de landelijk vaak gehanteerde norm van 2,2 mg/l N, hoog. Met het berekende onderscheid in natuurlijke en antropogene stikstofbelasting, zijn in deze studie achtergrondconcentraties afgeleid van gemiddeld 1,2 mg/l N. De verschillen tussen de 42 gebieden zijn relatief groot, want de theoretisch berekende achtergrondconcentratie variëren van minimaal 0,3 tot maximaal 3.1 mg/l N. In de gebieden met jonge klei alsmede jonge klei met duinzand worden de laagste achtergrondconcentraties berekend (0,9 en 0,6), in de laagveengebieden de hoogste (1,9 mg/l N).

De fosforconcentraties liggen in de 42 deelgebieden gemiddeld op een niveau van 0,9 mg/l P. Dit is, gelet op de landelijk vaak gehanteerde norm van 0,15 mg/l P, zeer hoog. Met het berekende onderscheid in de natuurlijke en antropogene fosforbelasting, zijn in deze studie achtergrond-concentraties afgeleid van gemiddeld 0,24 mg/l P. In de (twee) gebieden met keileem en de gebieden met jonge klei met duinzand worden de laagste achtergrondconcentraties berekend (respectievelijk 0,08 en 0,16 mg/l P), in de laagveengebieden de hoogste (0,37 mg/l P).

Zoals aangegeven is voor de meeste gebieden de nettobelasting lager berekend dan de uit metingen afgeleide uitgaande vracht. Om na te gaan in hoeverre deze onderschatting doorwerkt op de berekende achtergrondconcentraties, is voor drie verschillende type deelgebieden een pragmatische gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

Hierbij zijn de gegevens over de debieten die per deelgebied worden uitgemalen naar beneden toe bijgesteld met 20% (het inlaatdebiet wordt hierdoor ook bijgesteld) en is de diffuse uit- en afspoeling zodanig verhoogd dat de nettobelasting exact overeenkomt met de bijgestelde uitgaande vrachten. Het effect op de berekende achtergrondconcentraties blijkt voor alle drie gebieden vrij beperkt.

8.6 Beantwoording kennisvragen

Voor het onderzoek waren de volgende kennisvragen geformuleerd:

1. Welke bronnen van nutriënten in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier dragen significant bij aan de belasting van het oppervlaktewater?
2. Welk deel van deze bronnen kan worden toegeschreven aan antropogene bronnen en welk deel kan worden toegeschreven aan de gebiedseigen achtergrondbelasting?
3. Wat is, gegeven het aandeel van de natuurlijke bronnen en de gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009, de theoretische achtergrondconcentratie van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater van het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier?

Beantwoording kennisvraag 1
Stikstof komt voornamelijk door uit- en afspoeling in het oppervlaktewater: in de droogmakerijen gemiddeld 74%, jonge klei gebieden 63%, duinzand jonge klei 52%, laagveen 45% en de twee keileem gebieden 68%). Verder zijn inlaat en, hoewel in mindere mate, atmosferische depositie en kwel belangrijke bronnen. Puntlozingen door RWZI's komen slechts in 4 van de 42 gebieden voor en industriële lozingen in 5 deelgebieden. Daar waar deze puntlozingen voorkomen, is de bijdrage aan de nutriëntenbelasting soms significant (tot circa 20%). Hierbij dient opgemerkt te worden dat het hoogheemraadschap geen aanwijzingen heeft dat er industriële lozingen van enige betekenis zijn en de (met afstand) grootste RWZI (Wervershoofs) heeft slechts bepekt invloed op het gebied.

Voor fosfor is het grootste gedeelte afkomstig van de actuele bemesting, nalevering vanuit landbouwgronden en inlaatwater. Atmosferische depositie speelt bij fosfor geen rol. Opgeteld dragen deze bronnen voor 66-80% bij aan de totale fosforvracht naar het oppervlaktewater. In tegenstelling tot stikstof is ook de bijdrage van kwel (11% voor droogmakerijen) en de uit- en afspoeling vanuit natuurgebieden (14% voor keileemgebieden en 21% voor laagveengebieden) relevant.

Beantwoording kennisvraag 2
De gemiddelde bijdrage van de natuurlijke bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de hoofdgebieden ligt tussen de 24% (jonge klei met duinzand) en 47% (laagveengebieden). Wanneer ingezoomd wordt op de deelgebieden, wordt een minimale bijdrage berekend van ca. 11% (Anna Paulownapolder Hoog) tot ca. 59% voor deelgebied Het Twiske.
De variatie in gemiddelde bijdrage van de natuurlijke bronnen aan de totale fosforbelasting van het oppervlaktewater is groter dan voor stikstof en varieert tussen de 19% (jonge klei met duinzand) en 52% (laagveengebieden). De laagste bijdrage is berekend voor deelgebied Anna Paulownapolder Hoog (1,4%); voor deelgebied Waterland is de hoogste bijdrage berekend (ca. 69%).

Beantwoording kennisvraag 3
Op basis van de concentratiemetingen in het oppervlaktewater en het relatieve aandeel van de natuurlijke bronnen aan de bijdrage van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, is per deelgebied een theoretische achtergrondconcentratie afgeleid. Voor stikstof varieert deze van 0,28 mg/l N (Oosterpolder) tot 3,08 (polder Zeevang). Voor fosfor varieert deze van 0,04 (Anna Paulownapolder Hoog) tot 0,83 (polder Zeevang). Gemiddeld worden voor zowel stikstof als fosfor de hoogste achtergrondconcentraties gevonden in de laagveengebieden.

8.7 Aanbevelingen

De resultaten van dit onderzoek geven inzicht in theoretische achtergrondconcentraties van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater en kunnen als handvat dienen bij het stellen van realistische KRW-doelen ten aanzien van de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. Met name voor fosfor blijkt dat de theoretische achtergrondconcentratie duidelijk hoger ligt dan de landelijke norm van 0.15 mg/l P die vaak wordt gehanteerd. Wanneer voor waterlichamen realistische doelen worden vastgesteld, kan efficiënt ingezet worden op gebieden waar dan nog een behoorlijke KRW-opgave resteert.

Naast inzicht in de theoretische achtergrondconcentraties geven de resultaten ook inzicht in de herkomst van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater en daarmee inzicht in optionele maatregelen om de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater te verlagen. Actuele bemesting, inlaat en nalevering vanuit de landbouwbodems leveren in de meeste deelgebieden een hoge bijdrage. Het modelinstrumentarium zoals nu gebiedsspecifiek is ontwikkeld voor HHNK kan bij uitstek worden ingezet om effectiviteit van (bron)maatregelen te verkennen en kwantificeren.

De studie biedt ook goede aanknopingspunten om de hiaten en onzekerheden voor het monitoren en opstellen van water- en nutriëntenbalansen in de gebieden op te vullen. De belangrijkste aanbevelingen hierbij zijn:

- Verdere detaillering of nadere modelberekeningen leveren niet snel meer betrouwbare resultaten voor de water- en nutriëntenbalans op, als niet wordt ingezet op monitoring. Het gaat hierbij voornamelijk om het monitoren van de hoeveelheid water dat wordt ingelaten en nabij de gemalen wordt uitgeslagen, evenals bijhorende nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater. Voor veel deelgebieden is de hoeveelheid inlaatwater nu onbekend, de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater zijn vaak voor maar enkele jaren beschikbaar. Ook is het belangrijk om debieten die afgeleid worden van gemaalcijfers te valideren. Dit bijvoorbeeld met de inzet van een debietmeetboot.
- Voor een aantal belangrijke specifieke situaties zijn geen representatieve STONE-plots beschikbaar. Dit geldt met name voor bloembollenpercelen en kalkrijke zandgronden. Als hiervoor betrouwbare rekenplots voor worden opgezet, zal de betrouwbaarheid van de met ECHO berekende nutriëntenbalansen en aansluitende bronnenanalyse waarschijnlijk significant toenemen.
- De retentie in het oppervlaktewater is een belangrijke post, maar de onzekerheid omtrent de retentie blijft groot. Meer munitie verzamelen om beter inzicht te krijgen in de retentie van nutriënten blijft dan ook een aandachtspunt, evenals de invloed van het beheer van watergangen. Aanbevolen wordt om aan te sluiten bij PC-Ditch-pilots, die o.a. in het kader van promotieonderzoek in Wageningen worden uitgevoerd.

Literatuur

Biesheuvel, A., 2012. *Kwelonderzoek Texel*. Witteveen + Bos. Referentie: : BURG16-1/marr2/003

Boekel, E.M.P.M. van, P. Bogaart, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, R.A.L. Kselik, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.E.V. van Walsum en F.J.E. van der Bolt, 2012. *Evaluatie Landbouw en KRW. Evaluatie meststoffenwet 2012: deelrapport ex post*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2326.

Boekel, E.M.P.M. van en H.T.L. Massop, 2011. *Achtergrondconcentraties waterlichamen Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en stoffenbalansen voor de Wieringermeer.* Alterra-rapport 2199. Alterra Wageningen UR, Wageningen 2011.

Boekel, E.M.P.M. van, L.V. Renaud, F.L.V. van der Bolt en P. Groenendijk, 2008. *Bronnen van nutriënten in het landelijke gebied: analyse van de bijdrage van landbouw aan oppervlaktewaterkwaliteit met STONE 2.3 resultaten.* Wageningen, Alterra-rapport 1816.

Boekel, E.M.P.M. van, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, V.G.M. Linderhof, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, N.B.P. Polman, L.V. Renaud en D.J.J. Walvoort, 2011. *Ex-ante evaluatie Landbouw en KRW, Bijdrage van het voorgenomen beleid en aanvullende (landbouwkundige) maatregelen op de realisatie van de KRW-nutriëntendoelstelling.* Wageningen, Alterra-rapport 2121.

Bolt, F.J.E. van der, E.M.P.M. van Boekel, O.A. Clevering, W. van Dijk, I.E. Hoving, R.A.I. Kselik, J.M.M. de Klein, T.P. Leenders, V.G.M. Linderhof, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, G.J. Noij, E.A. van Os, N.B.P. Polman, L.V. Renaud, S. Reinhard, O.S. Schoumans en D.J.J. Walvoort, 2008. *Ex-ante evaluatie landbouw en KRW; Effect van voorgenomen en potentieel aanvullende maatregelen op de oppervlaktewaterkwaliteit voor nutriënten.* Wageningen, Alterra-rapport 1687.

Bolt, F.J.E. van der, H.P. Oosterom, R.F.A. Hendriks en P. Groenendijk, 2007. *Bronnen van nutriënten in het landelijke gebied. De bijdrage van de landbouw aan oppervlaktewaterkwaliteit in perspectief*. Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 1483.

Gaast, J.W.J. van der en J.M.P.M. Peerboom, 1996. *Effecten van de sanering van gasbronnen in Noord-Holland benoorden het IJ op de nutriënten- en chloridebelasting van het oppervlaktewater*: Rapport 411, Staring Centrum, Wageningen.

Gerven, L.P.A. van, A.A.M.F.R. Smit, P. Groenendijk, F.J.E. van der Bolt en J.J.M. de Klein, 2009. *Retentieschattingen van N en P in het oppervlaktewater op verschillende schaalniveaus.* Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 1848.

Griffioen, J., P.G.B. de Louw, H.L. Boogaard en R.F.A. Hendriks, 2002. *De achtergrondbelasting van het oppervlaktewatersysteem met N, P en Cl, en enkele ecohydrologische parameters in West–Nederland.* TNO-rapport NITG 02-166-A, Delft.

Griffioen, J., R. Heerdink, L. Marings, S. Vermooten, D. Maljers en J. Hettelaar, 2006. *Enkele (hydro)geochemische karakteristieken van het topsysteem van de Nederlandse ondergrond t.b.v. parametrisering van het nutriëntenmodellensysteem STONE.* TNO-rapport 2006-U-R0161/A, Utrecht.

Groenendijk, P., R.F.A. Hendriks, F.J.E. van der Bolt en 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, J. Oldengarm en H.A. Gijsbertse, 2010. *Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 6 (LGN6); Vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2012.

Hendriks, R.F.A., R. Kruyne, J. Roelsma, K. Oostindie, H.P. Oosterom en O.F. Schoumans, 2002. *Berekening van de nutriëntenverliezen van het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden in vier poldergebieden. Analyse van de bronnen*. Alterra-rapport 408, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.

Hermans, J.M., 2014. *PVA invulling achtergrondconcentratie blanco KRW-deelstroomgebieden (boezem en duingebieden)*. HHNK 19 feb. 2014, registratienr. 140008488.

Jansen, H.C., M.E. Sicco Smit, T.P. Leenders, F.J.E. van der Bolt en L.V. Renaud, 2006. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Schuitenbeek Fase 2.* Alterra rapport 1387, ISSN 1566-7197. Reeks Monitoring stroomgebieden 8-II. Wageningen.

Kaderrichtlijn Water, 2000. Europese Commissie, 2000. Richtlijn 2000/60/EC van het Europese Parlement en de Raad. Vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid.

Kroes, J.G., P.E. Dik, F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders en L.V. Renaud, 2006. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Krimpenerwaard, fase 2.* Alterra-rapport 1388, ISSN 1566-7197. Reeks Monitoring stroomgebieden 8-II.

Kroes, J.G., E.M.P.M. van Boekel, F.J.E. van der Bolt, L.V. Renaud en J. Roelsma, 2011. *ECHO, een methodiek ter ondersteuning van waterbeleid; methodiekbeschrijving en toepassing Drentsche Aa.* Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1913.

Kronvang, B., J. Hezlar, P. Boers, J.P. Jensen, H. Behrendt, T. Anderson, B. Arheimer, M. Venohr and C.C. Hoffman, 2004. *Nutrient Retention Handbook. Software Manual for EUROHARP NUTRET and Scientific review on nutrient retention., 103 pp. Oslo, Norway: NIVA.*

MNP, 2008. *Kwaliteit voor later. Ex ante evaluatie Kader Richtlijn Water.* Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), Bilthoven. MNP-publicatienummer 50014000.

Muhammetoglu, A. and S. Soyupak, 2000. 'A three-dimensional water quality-macrophyte interaction model for shallow lakes'. In: *Ecological Modelling* Vol. 133, pp. 161-180.

Mulder, M., P. Schipper, E. Jongman en J. Heijkers, 2012. 'Onzekere debietschattingen'. Artikel in het vakblad Stromingen, jaargang 16, nummer 3, blz. 33 - 43.

Regionale studies 16, 1982. *Grond- en oppervlaktewater Noord-Holland benoorden het IJ*. Werkgroep Noord-Holland. Wageningen.

Roelsma, J., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders, L.V. Renaud, I. de Vries en K. van der Molen, 2006. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Drentsche Aa Fase 2.;* Alterra-rapport 1386, ISSN 1566-7197. Reeks Monitoring Stroomgebieden 8-I. Alterra, Wageningen.

Roijackers, R., S. Szabó en M. Scheffer, 2004. 'Experimental analysis of the competition between algae and duckweed.' In: *Hydrobiologie* 160, 401-412.

Schipper, P., Oscar Schoumans, Piet Groenendijk en Erwin van Boekel, 2012. *Nutriëntenbelasting oppervlaktewater; Herkomst en bijdrage landelijke gebied. Notitie ter ondersteuning KRW-Rijn West aanpak Nutriënten.* 11 mei 2012. Alterra, Wageningen 19 pag.

Siderius, C., J. Roelsma, F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders, L.V. Renaud en H. de Ruiter, 2007. *Systeemanalyse voor het bemalingsgebied Quarles van Ufford Fase 2*. Alterra-rapport 1389, ISSN 1566-7197. Reeks Monitoring Stroomgebieden 8-IV. Alterra, Wageningen.

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 Report 1226.2, Alterra, Wageningen.

STOWA, 2012. Gebruikershandleiding VSS; Nelen & Schuurmans rapport M0131. Hoofdstuk 4.

Velstra, Jouke., Goswin van Staveren, Jacob Oosterwijk, Rianne van der Werf, Lieselotte Tolk en Koos Groen, 2013. *Verziltingsstudie Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.* Acacia Water.

Veraart, A.J., J.J.M. de Klein en M. Scheffer, 2011b. 'Warming Can Boost Denitrification Disproportionately Due to Altered Oxygen Dynamics.' In: PLoS ONE 6(3): e18508.

Vos, P.C., J. Bazelmans, H.J.T. Weerts en M.J. van der Meulen, 2012. *Atlas van Nederland in het Holoceen*. Amsterdam

Vries, F. de, W.J.M. de Groot, T. Hoogland en J. Denneboom, 2003. *De bodemkaart van Nederland digitaal; Toelichting bij inhoud, actualiteit en methodiek en korte beschrijving van additionele informatie.* Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 811.

Woestenburg, M. en T.P. van Tol-Leenders, 2011. *Sturen op schoon water: eindrapportage project Monitoring Stroomgebieden.*

Wolf, J., A.H.W.Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rötter en H. van Zeijts, 2003. *The integrated modelling system STONE for calculating emissions from agriculture in the Netherlands.* Environmental Modelling & Software 18: 597-617

Wösten, J.H.M., F. de Vries, J. Denneboom en A.F. van Holst, 1988. *Generalisatie en bodemfysische vertaling van de Bodemkaart van Nederland, 1: 250 000, ten behoeve van de Pawnstudie*. Stiboka, Wageningen. Rapport 2055.

Bijlage 1 Deelgebieden

Tabel B1.1

Totaal overzicht van de 42 deelgebieden met bijbehorende waterbalansen (ID en naam).

Deelgebied	Naam deelgebied	Waterbalans ID	Naam waterbalans
Droogmakerijen			
1	Beemster	WB_003	Beemster
2	Schermer-Noord	WB_004	Schermer-Noord
3	Schermer-Zuid	WB_005	Schermer-Zuid
4	Purmer	WB_009	Purmer Stedelijk
		WB_020	Purmer-landelijk noord
		WB_021	Purmer-landelijke zuid
5	Wijde Wormer	WB_012	Wijde Wormer
6	Polder Heerhugowaard	WB_008a	Polder Heerhugowaard
7	Wieringermeer-Oost	WB_050	Afdeling 3
		WB_051	Afdeling 4
8	Wieringermeer-West	WB_049	Afdeling 2
		WB_052	Afdeling 1
9	Polder Ursem	WB_035	Polder Ursem
10	Polder Westerkogge	WB_036	Polder Westerkogge
Jonge Klei			
1	Hargerpolder	WB_001	Hargerpolder
2	Waal en Burg en het Noorden	WB_011	Waal en Burg en het Noorden
3	Polder Eijerland	WB_015	Polder Eijerland
4	Polder Drieban	WB_006	Polder Drieban
5	Vier Noorderkoggen Hoog	WB_019	Polder Vier Noorder Koggen -2,20
6	Oosterpolder	WB_028	Oosterpolder
7	Polder Geestmerambacht	WB_032	Polder Geestmerambacht
8	Polder Grootslag	WB_033	Polder Grootslag
9	Oosterdel	WB_034	Oosterdel + Scharwoude
10	Vier Noorderkoggen Laag	WB_055	polder Vier Noorder Koggen -3,70
11	Anna Paulownapolder hoog	WB_022	Anna Paulownapolder hoog
12	Anna Paulownapolder laag	WB_023	Anna Paulownapolder laag
13	Wieringerwaard	WB_038	Wieringerwaard
14	Polders Schagerkogge	WB_043	Polder Burghorn
		WB_044	Neskaag
		WB_045	Polder Schagen
		WB_046	Slikvenpolder
		WB_047	Kaagpolder
		WB_048	Hooglandspolder
15	Bergermeer	WB_039	Bergermeer
		WB_040	Damlanderpolder
		WB_041	Philisteinsepolder
16	Egmondermeer	WB_042	Egmondermeer
17	Sammerspolder	WB_056	Sammerspolder
18	Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	WB_053	Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder
19	Verenigde polders	WB_054	Verenigde polders
Jonge klei met duinzand			
1	Castricummerpolder	WB_024	Castricummerpolder
2	Groot Limmerpolder	WB_026	Groot Limmerpolder
3	Oosterzijpolder	WB_030	Oosterzijpolder

Deelgebied	Naam deelgebied	Waterbalans ID	Naam waterbalans
Laagveengebieden			
1	Wormer- en Jisperveld	WB_013	Wormer- en Jisperveld
2	Polder Zeevang	WB_014	Polder Zeevang
3	Waterland	WB_016	Purmerland
		WB_017	Oostzaan
		WB_018	Waterland en 30 polders
4	Het Twiske	WB_010	Het Twiske
5	Eilandspolder	WB_025	Eilandspolder
6	Krommenieër Woudpolder	WB_027	waterrijk Krommenieër Woudpolder
7	Polder Assendelft	WB_031	waterdelen polder Assendelft (NW)
8	Polder Westzaan	WB_037	waterrijk polder Westzaan
Keileemgebieden			
1	Gemeenschappelijke polders	WB_007	Gemeenschappelijke polders
2	Wieringen	WB_062	Waard-Nieuwland
3		WB_063	Hippolytushoeverkoog

Bijlage 2 Neerslag / verdamping

Tabel B2.1

Totaal overzicht van de 42 deelgebieden met bijbehorende KNMI-meteostation voor de neerslag en verdamping.

Deelgebied	Naam deelgebied	Naam KNMI-meteostation	
		Neerslag	Verdamping
1	Beemster	West-Beemster	Berkhout
2	Schermer-Noord	West-Beemster	Berkhout
3	Schermer-Zuid	Heiloo	Berkhout
4	Purmer	Edam / Purmerend	Berkhout
5	Wijde Wormer	Purmerend	Berkhout
6	Polder Heerhugowaard	Obdam	Berkhout
7	Hargerpolder	Petten	De Kooij
8	Gemeenschappelijke polders	Den Burg	De Kooij
9	Waal en Burg en het Noorden	De Koog	De Kooij
10	Polder Eijerland	De Cocksdorp	De Kooij
11	Polder Drieban	Hoogkarspel	Berkhout
12	Wormer- en Jisperveld	Zaandijk	Berkhout
13	Polder Zeevang	Edam	Berkhout
14	Vier Noorderkoggen Hoog	Hoogwoud	Berkhout
15	Waterland	Purmerend / Zaandam (Hembrug) / Schellingwoude	Berkhout
16	Het Twiske	Zaandam (Hembrug)	Berkhout
17	Eilandspolder	West Beemster	Berkhout
18	Oosterpolder	Hoorn	Berkhout
19	Polder Geestmerambacht	Bergen (NH)	De Kooij
20	Polder Grootslag	Hoogkarspel	Berkhout
21	Oosterdel	Obdam	Berkhout
22	Polder Ursem	Obdam	Berkhout
23	Polder Westerkogge	Hoorn (NH)	Berkhout
24	Vier Noorderkoggen Laag	Hoogkarspel	Berkhout
25	Anna Paulownapolder hoog	Anna Paulowna	De Kooij
26	Anna Paulownapolder laag	Anna Paulowna	De Kooij
27	Krommenieër Woudpolder	Zaandijk	Berkhout
28	Polder Assendelft	Beverwijk	Berkhout
29	Polder Westzaan	Zaandijk	Berkhout
30	Wieringerwaard	Kolhorn	Berkhout
31	Polders Schagerkogge	Schagen / Kolhorn	De Kooij
32	Wieringen	De Haukes / Den Oever	Berkhout
33	Wieringermeer-Oost	Kreileroord / Medemblik	Berkhout
34	Wieringermeer-West	Kolhorn / De Haukes	Berkhout
35	Castricummerpolder	Castricum	De Kooij
36	Groot-Limmerpolder	Castricum	De Kooij
37	Bergermeer	Bergen (NH)	De Kooij
38	Egmondermeer	Heiloo	De Kooij
39	Sammerspolder	Castricum	De Kooij
40	Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	Beverwijk	De Kooij
41	Verenigde polders	Bergen (NH)	De Kooij
42	Oosterzijpolder	Heiloo	De Kooij

Bijlage 3 Retentie oppervlaktewater

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, uitgedrukt in gram per m^2 waterbodem. 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 25 (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:

$$D_T = D_{20} \cdot \theta_S^{(T-20)} \qquad (3)$$

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 3 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 B6.1). De maandgemiddelde denitrificatiesnelheden zijn opgeschaald naar zomer- en winterhalfjaargemiddelden (Tabel B6.2).

Tabel B3.1
Gemeten denitrificatiesnelheden in veen- en kleigebieden (µmol N m^{-2} h^{-1}) en de watertemperatuur (°C) op het moment van meten (Veraart et al. in voorbereiding). n=aantal waarnemingen, std=standaarddeviatie.

bodemtype	n	Denitrificatie (µmol N m^{-2} h^{-1}) gemiddeld	Denitrificatie (µmol N m^{-2} h^{-1}) minimum	Denitrificatie (µmol N m^{-2} h^{-1}) maximum	Temperatuur (°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 B3.2

Afgeleide denitrificatiesnelheden (g N m^{-2}) voor klei- en veenpolders, voor het winter- en zomerhalfjaar.

	Denitrificatie (g N m^{-2})	
bodemtype	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 B6.3). 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 B3.3

Gemiddelde hoeveelheid waterplanten(g droge stof m^{-2}) aan het einde van het groeiseizoen, volgend uit verschillende databronnen.

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

Tabel B6.4 geeft een overzicht van de geschatte hoeveelheid stikstof die gemoeid is bij 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 B3.4

Hoeveelheid N (in g N m^{-2}) die naar schatting is gemoeid bij de netto groei (zomerhalfjaar) en netto sterfte (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 B6.5 geeft de geschatte hoeveelheid stikstofretentie in de klei- en veenpolders; het opgetelde effect van denitrificatie en waterplanten. Deze hoeveelheden, in gram per m^2 waterbodem, zijn vertaald naar hoeveelheden per polder door vermenigvuldiging met het areaal aan openwater volgens het NHI (www.nhi.nu). Voor polders waar geen NHI-openwateroppervlak beschikbaar is (polder Texel), is het openwateroppervlak gebruikt dat is bepaald met de 'TOP10/hydrotypen'-benadering.

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 B3.5

Geschatte hoeveelheid stikstofretentie (in g N m^{-2}) 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 4 Waterbalans

Tabel B4.1

Waterbalans voor het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voor de periode 2000-2009. De waterbalanstermen zijn uitgedrukt als het gemiddelde van de periode 2000-2009.

Jaar	Inkomende termen			Uitgaande termen			Bergings-verschil
	Neerslag	Inlaat	Kwel	Gerioleerd gebied	Verdamping actueel	Uitlaat	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Droogmakerijen							
Beemster	927	109	140	34	546	598	-2
Schermer-Noord	927	170	143	22	503	714	1
Schermer-Zuid	919	172	245	22	504	808	2
Purmer	974	61	163	-	534	677	-13
Wijde Wormer	1004	96	172	-	548	724	0
Polder Heerhugowaard	919	197	14	23	462	646	-1
Wieringermeer-Oost	862	256****	386	-	531	976	-3
Wieringermeer-West	869	156	135	-	509	655	-4
Polder Ursem	918	167	25	-	442	669	1
Polder Westerkogge	889	92	74	-	472	584	1
Jonge klei							
Hargerpolder	848	376	-14	-	510	700	0
Waal en Burg en het Noorden	846	50	41	-	481	457	0
Polder Eijerland	895	8	8	-	509	404	-2
Polder Drieban	897	149	-5	-	498	543	-1
Vier Noorderkoggen Hoog	929	57	-53	53***	517	365	-2
Oosterpolder	889	199	-38	-	491	559	0
Polder Geesterambacht	913	326	36	-	416	859	0
Polder Grootslag	897	189	19	-	412	696	-3
Oosterdel	918	328	-134	-	479	633	0
Vier Noorderkoggen Laag	922	546	6	-	405	1071	2
Anna Paulownapolder Hoog	919	430	5	-	522	833	-1
Anna Paulownapolder Laag	919	589*	82	-	532	1063	-5
Wieringerwaard	882	191	41	-	510	608	-4
Polder Schagerkogge	869	522	-75	-	536	783	-3
Bergermeer	913	177	88	-10	511	655	1
Egmondermeer	919	266	61	-	560	687	-1
Sammerspolder	919	249	42	-	517	695	-2
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	936	92	-18	45	480	484	-5
Verenigde polders	913	119	-8	39	524	462	-6
Jonge klei met duinzand							
Castricummerpolder	936	203	-164	60	387	530	0
Groot-Limmerpolder	936	101	-77	18	492	451	-1
Oosterzijpolder	919	189	-101	46	522	438	-5

Jaar	Inkomende termen			Uitgaande termen			Bergings-verschil
	Neerslag	Inlaat	Kwel	Gerioleerd gebied	Verdamping actueel	Uitlaat	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Laagveengebieden							
Wormer- en Jisperveld	954	170	-121	31	538	432	2
Polder Zeevang	930	114	-26	28	539	448	3
Waterland	975	257	-45	45	536	603	3
Het Twiske	975	293	-72	-	582	612	2
Eilandspolder	927	205	-133	-	524	474	1
Krommenieër Woudpolder	954	460	-66	-	552	793	3
Polder Assendelft	950	294	-1	-	538	706	-1
Polder Westzaan	954	345	-190	-	524	586	-1
Keileemgebieden							
Gemeenschappelijke polders	866	9**	40	23	475	417	0
Wieringen	822	377	-74	-	519	609	-3

* waarvan 297 mm als doorspoeling

** als laterale toestroming en dijkkwel

*** als RWZI

**** lozing RWZI 12 mm en beregening 244 mm

Bijlage 5 Betrouwbaarheid waterbalans

Tabel B5.1

Betrouwbaarheid van de waterbalans voor de balansgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voor de periode 2000-2010.

Waterbalansgebied	ID	Oordeel betrouwbaarheid
Droogmakerijen		
Beemster	WB_003	Goed
Schermer-Noord	WB_004	Voldoende
Schermer-Zuid	WB_005	Goed
Purmer	WB_009	goed
	WB_020	Matig
	WB_021	Matig
Wijde Wormer	WB_012	Goed
Polder Heerhugowaard	WB_008a	Goed
Wieringermeer-Oost	WB_050	Goed
	WB_051	Matig
Wieringermeer-West	WB_049	Voldoende
	WB_052	Goed
Polder Ursem	WB_035	Voldoende
Polder Westerkogge	WB_036	Voldoende
Jonge Klei		
Hargerpolder	WB_001	Voldoende
Waal en Burg en het Noorden	WB_011	Voldoende
Polder Eijerland	WB_015	Onvoldoende
Polder Drieban	WB_006	Matig
Vier Noorderkoggen Hoog	WB_019	Voldoende
Oosterpolder	WB_028	Voldoende
Polder Geestmerambacht	WB_032	Goed
Polder Grootslag	WB_033	Goed
Oosterdel	WB_034	Voldoende
Vier Noorderkoggen Laag	WB_055	Goed
Anna Paulownapolder hoog	WB_022	Voldoende
Anna Paulownapolder laag	WB_023	Goed
Wieringerwaard	WB_038	Voldoende
Polders Schagerkogge	WB_043	Goed
	WB_044	Voldoende
	WB_045	Matig
	WB_046	Voldoende
	WB_047	Goed
	WB_048	goed
Bergermeer	WB_039	Voldoende
	WB_040	Matig
	WB_041	Matig
Egmondermeer	WB_042	Voldoende
Sammerspolder	WB_056	Matig
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	WB_053	Voldoende
Verenigde polders	WB_054	Voldoende
Jonge klei met duinzand		
Castricummerpolder	WB_024	Matig
Groot Limmerpolder	WB_026	Matig
Oosterzijpolder	WB_030	Voldoende

Waterbalansgebied	ID	Oordeel betrouwbaarheid
Laagveengebieden		
Wormer- en Jisperveld	WB_013	Voldoende
Polder Zeevang	WB_014	Voldoende
Waterland	WB_016	Goed
	WB_017	Voldoende
	WB_018	Goed / voldoende
Het Twiske	WB_010	Goed
Eilandspolder	WB_025	Voldoende
Krommenieër Woudpolder	WB_027	Goed
Polder Assendelft	WB_031	Goed
Polder Westzaan	WB_037	Goed
Keileemgebieden		
Gemeenschappelijke polders	WB_007	Matig
Wieringen	WB_062	Goed
	WB_063	voldoende

Bijlage 6 Gebiedsanalyse

Tabel B6.1

Landgebruik op basis van LGN6 voor de 42 deelgebieden.

Gebied	Grasland	Maïs	Akkerbouw	Natuur	Landelijk gebied	Open Water	Bebouwd gebied	Totaal	Open water
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ha)	(%)
Droogmakerijen					***Bron: LGN6***				***Bron: HHNK***
Beemster	60	7	23	1	91	2	8	7111	5
Schermer-Noord	33	8	51	1	93	2	6	2909	5
Schermer-Zuid	72	7	14	0	93	3	4	1905	6
Purmer	50	4	10	9	73	3	24	2754	6
Wijde Wormer	80	2	3	2	87	1	11	1635	6
Polder Heerhugowaard	26	1	24	2	53	5	41	3843	5
Wieringermeer-Oost	13	3	70	7	93	2	6	10188	2
Wieringermeer-West	15	3	71	3	92	3	5	9658	3
Polder Ursem	54	2	25	0	81	3	16	1065	4
Polder Westerkogge	60	4	14	2	80	5	15	4985	7
Jonge Klei									
Hargerpolder	58	0	0	36	94	1	5	412	8
Waal en Burg en het Noorden	34	5	21	28	88	2	10	3125	4
Polder Eijerland	20	7	47	17	91	1	8	3694	2
Polder Drieban	47	2	35	2	86	1	13	2453	4
Vier Noorderkoggen Hoog	57	3	15	2	77	4	20	7547	6
Oosterpolder	10	0	10	0	20	4	76	1872	6
Polder Geestmerambacht	24	2	37	1	64	3	33	5563	5
Polder Grootslag	33	0	35	3	71	5	23	8945	7
Oosterdel	11	0	3	2	16	23	60	563	23
Vier Noorderkoggen Laag	48	3	37	1	89	2	8	4336	4
Anna Paulownapolder hoog	10	1	75	1	87	2	12	1790	5

Gebied	Grasland	Maïs	Akkerbouw	Natuur	Landelijk gebied	Open Water	Bebouwd gebied	Totaal	Open water
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ha)	(%)
Anna Paulownapolder laag	14	1	66	3	84	4	11	2560	6
Wieringerwaard	31	5	57	1	94	1	5	2516	2
Polders Schagerkogge	55	5	13	1	74	2	24	2694	6
Bergermeer	56	3	6	8	73	2	24	1277	5
Egmondermeer	72	6	13	0	91	1	7	710	5
Sammerspolder	29	0	48	14	91	2	7	493	4
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	31	4	9	15	59	4	37	3010	6
Verenigde polders	56	0	0	11	67	1	32	1012	4
Jonge klei met duinzand									
Castricummerpolder	38	2	5	13	58	2	40	1131	4
Groot Limmerpolder	43	3	5	26	77	2	21	2205	5
Oosterzijpolder	26	2	11	13	52	3	45	1135	5
Laagveengebieden									
Wormer- en Jisperveld	39	0	0	26	65	22	13	2411	23
Polder Zeevang	72	1	1	9	83	7	9	3080	12
Waterland	44	0	1	15	60	12	27	12046	16
Het Twiske	4	0	0	22	26	29	45	645	30
Eilandspolder	58	2	0	18	78	11	10	2404	15
Krommenieër Woudpolder	44	0	0	12	56	13	31	842	16
Polder Assendelft	68	3	1	4	76	2	22	1942	6
Polder Westzaan	22	0	0	22	44	12	44	2387	15
Keileemgebieden									
Gemeenschappelijke polders	52	4	22	10	88	1	10	4826	3
Wieringen	40	7	27	12	86	0	14	1198	5

Tabel B6.2

Grondsoort en Gt-klasse op basis van de 1:50000 bodemkaart voor de 42 deelgebieden.

Gebied	Veen (%)	Zand (%)	Zavel (%)	Klei (%)	Nat (%)	Midden (%)	Droog (%)
Droogmakerijen							
Beemster	2	0	2	96	20	80	0
Schermer-Noord	3	2	26	70	20	80	0
Schermer-Zuid	42	2	25	32	78	23	0
Purmer	39	0	0	71	69	31	0
Wijde Wormer	28	2	0	71	100	0	0
Polder Heerhugowaard	8	0	78	14	33	67	0
Wieringermeer-Oost	1	7	37	55	5	89	6
Wieringermeer-West	1	13	30	56	0	98	1
Polder Ursem	6	0	0	94	15	85	0
Polder Westerkogge	44	0	9	47	97	3	0
Jonge Klei							
Hargerpolder	1	20	24	56	84	7	9
Waal en Burg en het Noorden	0	70	10	20	22	64	14
Polder Eijerland	4	74	0	22	22	64	14
Polder Drieban	0	0	70	30	15	76	8
Vier Noorderkoggen Hoog	0	0	78	22	55	36	9
Oosterpolder	0	0	32	68	32	68	0
Polder Geestmerambacht	3	3	64	31	6	81	14
Polder Grootslag	1	0	33	65	20	50	30
Oosterdel	1	0	59	40	61	24	15
Vier Noorderkoggen Laag	0	0	37	62	26	62	12
Anna Paulownapolder hoog	0	99	0	1	94	6	0
Anna Paulownapolder laag	6	24	18	53	25	75	0
Wieringerwaard	0	0	45	55	5	95	0
Polders Schagerkogge	0	0	30	70	97	3	0
Bergermeer	5	39	0	57	92	8	0
Egmondermeer	9	4	0	87	100	0	0
Sammerspolder	4	67	0	30	83	12	5
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	18	4	35	43	41	46	13

Gebied	Veen (%)	Zand (%)	Zavel (%)	Klei (%)	Nat (%)	Midden (%)	Droog (%)
Verenigde polders	0	31	0	69	88	5	7
Jonge klei met duinzand							
Castricummerpolder	16	31	4	50	67	18	15
Groot Limmerpolder	19	49	3	29	49	28	22
Oosterzijpolder	26	46	0	28	66	27	7
Laagveengebieden							
Wormer- en Jisperveld	100	0	0	0	100	0	0
Polder Zeevang	100	0	0	0	100	0	0
Waterland	96	0	0	4	100	0	0
Het Twiske	100	0	0	0	100	0	0
Eilandspolder	85	0	11	4	91	9	0
Krommenieër Woudpolder	89	0	0	11	100	0	0
Polder Assendelft	78	0	0	22	95	5	0
Polder Westzaan	100	0	0	0	100	0	0
Keileemgebieden							
Gemeenschappelijke polders	3	45	7	45	19	74	7
Wieringen	5	31	3	60	95	5	0

Bijlage 7 Geselecteerde meetpunten

Tabel B7.1

Overzicht van de meetpunten die representatief zijn voor de kwaliteit van het inlaatwater en uitgeslagen water nabij de gemalen voor de 42 deelstroomgebieden.

Deelgebied	Locatie	x-coördinaat	y-coördinaat	Kenmerk
Beemster	540005	125010	509995	Uitlaat
Beemster	540012	121380	508390	Uitlaat
Beemster	104302	128557	509797	Inlaat
Beemster	104401	125070	502830	Inlaat
Beemster	009001	117450	505810	Inlaat
Beemster	104502	119169	508132	Inlaat
de Schermer-Noord	485105	119451	513987	Uitlaat
de Schermer-Noord	007001	120378	516406	Inlaat
de Schermer-Noord	007002	114614	516947	Inlaat
de Schermer-Noord	152302	118634	511409	Inlaat
de Schermer-Zuid	485307	114654	509980	Uitlaat
de Schermer-Zuid	134401	113937	507893	Inlaat
de Schermer-Zuid	134603	113073	514551	Inlaat
de Schermer-Zuid	134604	111576	509424	Inlaat
Purmer	580206	129820	501345	Uitlaat
Purmer	5N9714	128824	497864	Uitlaat
Purmer	146401	131476	502686	Inlaat
Purmer	146402	128473	503902	Inlaat
Purmer	146301	129381	498192	Inlaat
Purmer	146302	126700	496723	Inlaat
Wijdewormer	531002	121080	502314	Uitlaat
Wijdewormer	014001	123160	502370	Inlaat
Wijdewormer	149201	122452	499584	Inlaat
Wijdewormer	149102	117070	498240	Inlaat
polder Heerhugowaard	315018	115339	516738	Uitlaat
polder Heerhugowaard	007001	120378	516406	Inlaat
polder Heerhugowaard	007002	114614	516947	Inlaat
polder Heerhugowaard	125202	115910	520810	Inlaat
polder Heerhugowaard	184201	119143	526334	Inlaat
polder Heerhugowaard	081001	119929	517834	Inlaat
Hargerpolder	402001	105870	528691	Uitlaat
Hargerpolder	402003	106360	527719	Uitlaat
Gemeenschappelijke polders	802024	117594	560571	Uitlaat
Gemeenschappelijke polders	802004	119871	564377	Uitlaat
Waal en Burg en het Noorden	803007	121180	567880	Uitlaat
Waal en Burg en het Noorden	803016	122190	568230	Uitlaat
polder Eijerland	804002	120825	574698	Uitlaat
polder Eijerland	804008	120893	574556	Uitlaat
polder Drieban	609001	145172	520610	Uitlaat
polder Drieban	609007	144292	520385	Uitlaat
polder Drieban	BROEKHVN	147200	520500	Inlaat
polder Drieban	HOORNSHP	133000	514000	Inlaat
Wormer en Jisperveld	528027	119825	503825	Uitlaat
Wormer en Jisperveld	014001	123160	502370	Inlaat
Wormer en Jisperveld	158103	114750	501870	Inlaat
polder Zeevang	570112	127853	505426	Uitlaat
polder Zeevang	5N0101	130916	509608	Uitlaat
polder Zeevang	104302	128557	509797	Inlaat
polder Zeevang	146401	131476	502686	Inlaat
polder Zeevang	146402	128473	503902	Inlaat

Deelgebied	Locatie	x-coördinaat	y-coördinaat	Kenmerk
Vier Noorderkoggen hoog	675114	138612	527843	Uitlaat
Vier Noorderkoggen hoog	STWE04	138612	527843	Uitlaat
Vier Noorderkoggen hoog	ANDK	146750	529250	Inlaat
Vier Noorderkoggen hoog	VROUWZD	155400	535900	Inlaat
Oosterpolder	STHO08	134262	517386	Uitlaat
Oosterpolder	HOORNSHP	133000	514000	Inlaat
Eilandspolder	480115	117319	511261	Uitlaat
Eilandspolder	447001	117439	506156	Uitlaat
Eilandspolder	BDV036	121075	511477	Uitlaat
Eilandspolder	480102	117277	507355	Uitlaat
Eilandspolder	104502	119169	508132	Inlaat
Eilandspolder	134302	116428	506416	Inlaat
Eilandspolder	152302	118634	511409	Inlaat
Waterland	517006	122505	491340	Uitlaat
Waterland	517017	131949	495128	Uitlaat
Waterland	STNH05	131280	495360	Uitlaat
Waterland	519003	124561	499186	Uitlaat
Waterland	MARKGZE	134500	497000	Inlaat
Het Twiske	534002	121676	494348	Uitlaat
Het Twiske	5N9717	119226	497158	Inlaat
Het Twiske	517069	124049	497326	Inlaat
Het Twiske	BDV033	124498	494637	Inlaat
Eilandspolder	480115	117319	511261	Uitlaat
Eilandspolder	447001	117439	506156	Uitlaat
Eilandspolder	BDV036	121075	511477	Uitlaat
Eilandspolder	480102	117277	507355	Uitlaat
Eilandspolder	104502	119169	508132	Inlaat
Eilandspolder	134302	116428	506416	Inlaat
Eilandspolder	152302	118634	511409	Inlaat
Geestmerambacht	375107	113570	523129	Uitlaat
Geestmerambacht	135201	109660	524700	Inlaat
Geestmerambacht	135101	111565	519418	Inlaat
Geestmerambacht	007002	114614	516947	Inlaat
Geestmerambacht	125202	115910	520810	Inlaat
Geestmerambacht	088001	115046	527147	Inlaat
Geestmerambacht	187103	114340	529238	Inlaat
Grootslag	670105	141907	528011	Uitlaat
Grootslag	HOORNSHP	133000	514000	Inlaat
Grootslag	BROEKHVN	147200	520500	Inlaat
Grootslag	ANDK	146750	529250	Inlaat
Grootslag	VROUWZD	155400	535900	Inlaat
Oosterdel	380201	116086	523711	Uitlaat
Oosterdel	380103	116100	522170	Uitlaat
Oosterdel	125202	115910	520810	Inlaat
Ursem	618002	123496	514837	Uitlaat
Ursem	007001	120378	516406	Inlaat
Ursem	022001	123648	514744	Inlaat
Ursem	BDV041	123679	514729	Inlaat
Ursem	081001	119929	517834	Inlaat
Westerkogge	613005	129768	515320	Uitlaat
Westerkogge	002002	129544	512754	Inlaat
Westerkogge	HOORNSHP	133000	514000	Inlaat
Vier Noorderkoggen laag	675114	138612	527843	Uitlaat
Vier Noorderkoggen laag	STWE04	138612	527843	Uitlaat
Vier Noorderkoggen laag	675137	132404	526324	Inlaat
Vier Noorderkoggen laag	STWE03	138980	526388	Inlaat
Vier Noorderkoggen laag	STWE06	135066	524889	Inlaat

Deelgebied	Locatie	x-coördinaat	y-coördinaat	Kenmerk
Anna Paulownapolder hoog	280113	120235	544487	Uitlaat
Anna Paulownapolder hoog	280103	117966	544057	Uitlaat
Anna Paulownapolder hoog	135701	115165	547466	Inlaat
Anna Paulownapolder hoog	135601	112300	539100	Inlaat
Anna Palownapolder laag	280201	117997	541803	Uitlaat
Anna Palownapolder laag	STNH29	117997	541803	Uitlaat
Anna Palownapolder laag	116501	116160	538600	Inlaat
Krommenieër Woudpolder	438007	113400	503730	Uitlaat
Krommenieër Woudpolder	438011	111876	502649	Uitlaat
Krommenieër Woudpolder	STNH17	113463	501909	Uitlaat
Krommenieër Woudpolder	001007	110915	505176	Inlaat
Krommenieër Woudpolder	021001	114086	503701	Inlaat
Groot Limmerpolder	423002	110206	507196	Uitlaat
Groot Limmerpolder	423012	109900	509800	Uitlaat
Groot Limmerpolder	423011	108514	507748	Uitlaat
Groot Limmerpolder	STCA01	107679	508355	Uitlaat
Groot Limmerpolder	STNH10	107648	508352	Uitlaat
Groot Limmerpolder	001003	112000	508000	Inlaat
Polder Westzaan	440020	116539	494449	Uitlaat
Polder Westzaan	440022	114195	498905	Uitlaat
Polder Westzaan	440019	113975	493862	Uitlaat
Polder Westzaan	440023	112700	495640	Uitlaat
Polder Westzaan	BDV035	112728	495643	Uitlaat
Polder Westzaan	021001	114086	503701	Inlaat
Polder Westzaan	158202	116739	494908	Inlaat
Polder Westzaan	158201	116375	496170	Inlaat
Polder Westzaan	158102	116011	498317	Inlaat
Polder Westzaan	158103	114750	501870	Inlaat
Polders Egmondermeer	411001	108507	517326	Uitlaat
Polders Egmondermeer	119203	109677	515603	Inlaat
Polders Egmondermeer	119202	107129	513686	Inlaat
Polders Egmondermeer	119201	160323	515380	Inlaat
Polders Egmondermeer	107301	110171	516883	Inlaat
Polder Wieringerwaard	208005	119686	539581	Uitlaat
Polder Wieringerwaard	208007	122792	535547	Uitlaat
Polder Wieringerwaard	184501	121580	531510	Inlaat
Polder Wieringerwaard	177101	122010	538377	Inlaat
Polders Schagerkogge	302002	116972	533600	Uitlaat
Polders Schagerkogge	306001	116741	531514	Uitlaat
Polders Schagerkogge	304002	121040	533619	Uitlaat
Polders Schagerkogge	STNH43	119590	532880	Uitlaat
Polders Schagerkogge	308004	113270	532328	Inlaat
Polders Schagerkogge	301003	119814	532328	Inlaat
Polders Schagerkogge	301001	121681	534195	Inlaat
Polders Schagerkogge	128204	117185	534911	Inlaat
Wieringen	285401	130738	547230	Uitlaat
Wieringen	285501	127577	545489	Uitlaat
Wieringen	STNH38	127082	545834	Uitlaat
Wieringen	072001	129030	546080	Inlaat
Wieringermeer-Oost	770304	131556	548252	Uitlaat
Wieringermeer-Oost	VG0101	133399	533169	Uitlaat
Wieringermeer-Oost	VROUWZD	155400	535900	Inlaat
Wieringermeer-Oost	DENOVR	135950	549760	Inlaat
Wieringermeer-West	770104	131517	548262	Uitlaat
Wieringermeer-West	770206	135542	531907	Uitlaat
Wieringermeer-West	072001	129030	546080	Inlaat
Wieringermeer-West	177201	122680	542350	Inlaat
Wieringermeer-West	177101	122010	538377	Inlaat
Wieringermeer-West	071006	123800	543160	Inlaat

Deelgebied	Locatie	x-coördinaat	y-coördinaat	Kenmerk
Castricummerpolder	429005	109367	505607	Uitlaat
Castricummerpolder	429003	107387	506015	Uitlaat
Castricummerpolder	STCA08	105937	505986	Uitlaat
Castricummerpolder	001007	110915	505176	Inlaat
Groot Limmerpolder	423002	110206	507196	Uitlaat
Groot Limmerpolder	423012	109900	509800	Uitlaat
Groot Limmerpolder	423011	108514	507748	Uitlaat
Groot Limmerpolder	STCA01	107679	508355	Uitlaat
Groot Limmerpolder	STNH10	107648	508352	Uitlaat
Groot Limmerpolder	001003	112000	508000	Inlaat
Polders Bergermeer	408003	106523	519115	Uitlaat
Polders Bergermeer	407001	108106	519335	Uitlaat
Polders Bergermeer	4N0807	110792	518070	Uitlaat
Polders Bergermeer	107301	110171	516883	Inlaat
Polders Bergermeer	135101	111565	519418	Inlaat
Polders Bergermeer	107201	109750	519080	Inlaat
Polders Bergermeer	BDV012	107012	519408	Inlaat
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	431004	109589	504660	Uitlaat
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	STNH21	109589	504660	Uitlaat
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	STUI06	109586	504651	Uitlaat
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	001007	110915	505176	Inlaat
Verenigde polders	406001	110930	521560	Uitlaat
Verenigde polders	135101	111565	519418	Inlaat
Verenigde polders	107201	109750	519080	Inlaat
Verenigde polders	135201	109660	524700	Inlaat
Polder Assendelft	475104	113097	499983	Uitlaat
Polder Assendelft	475111	109760	501029	Uitlaat
Polder Assendelft	021001	114086	503701	Inlaat
Sammerspolder	415001	107110	514005	Uitlaat
Sammerspolder	119201	160323	515380	Inlaat
Sammerspolder	119202	107129	513686	Inlaat
Oosterzijpolder	417007	112480	513449	Uitlaat
Oosterzijpolder	417002	111014	511717	Uitlaat
Oosterzijpolder	134603	113073	514551	Inlaat
Oosterzijpolder	134604	111576	509424	Inlaat
Oosterzijpolder	STAL18	111340	514970	Inlaat
Oosterzijpolder	465003	111811	515087	Inlaat

Bijlage 8 Stoffenbalans

Tabel B8.1

Stikstofbalans (kg/ha) voor de 42 deelgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voor de periode 2000-2009. De bijdrage van bronnen zijn uitgedrukt als het gemiddelde van de periode 2000-2009.

Jaar	IN Uit- en afspoeling	Inlaat	Atm. depositie open water	Overige bronnen	Overige Landbouw-emissies	RWZI	Industriële lozingen	Directe kwel opp. water	Totaal IN	Retentie	UIT Uitgaande vracht
Droogmakerijen											
Beemster	34,4	2,6	0,7	0,6	0,9	0	0	1,4	**40,6**	7,2	33,2
Schermer-Noord	40,2	3,9	0,7	0,3	0,8	0	0	1,5	**47,4**	7,1	40,4
Schermer-Zuid	43,4	4,9	1,3	0,3	1,0	0	0	2,1	**53**	9,1	43,9
Purmer	29,7	1,2	0,8	4,1	0,5	0	0	1,9	**38,2**	8,8	29,3
Wijde Wormer	30,1	2,4	1,0	0,3	0,7	0	0	1,1	**35,6**	8,6	27
Polder Heerhugowaard	14,2	3,8	0,7	2,4	4,3	0	0	0,1	**25,5**	10,8	14,7
Wieringermeer-Oost	49,2	5,7	0,7	0,2	0,8	0,6	0	0,7	**57,9**	3,7	54,1
Wieringermeer-West	47,8	1,6	0,7	0,3	0,9	0	0	0,5	**51,8**	4	47,7
Polder Ursem	20,5	3,2	0,5	0,6	1,1	0	0	0,1	**26**	6,2	19,9
Polder Westerkogge	20,1	1,0	0,9	0,7	0,8	0	0	0,6	**24,1**	7,4	16,8
Jonge klei											
Hargerpolder	11,4	0	0,7	0,2	0,4	0	0	0	**12,7**	3,1	9,6
Waal en Burg en het Noorden	25,8	0	0,5	0,2	0,5	2,3	0	0,1	**29,4**	13,6	15,7
Polder Eijerland	34,4	0	0,4	0,1	0,6	0,5	0	0	**36**	17,5	18,5
Polder Drieban	16,7	1,7	1,2	0,8	1,7	0	0	0	**22,1**	5,9	16,2
Vier Noorderkoggen Hoog	12,6	1,4	0,6	0,5	1,1	0	0	0	**16,2**	6,2	9,9
Oosterpolder	4,1	2,1	0,8	6,5	2	0	0	0	**15,5**	9,4	5,9
Polder Geestmerambacht	20,3	8,3	0,7	3,8	1	0	0	0,5	**34,6**	7,6	27
Polder Grootslag	16,7	3,6	0,9	0,9	1,8	0	0	0,2	**24,1**	8,7	15,3
Oosterdel	4,4	5,1	3,8	3,3	0,5	0	0	0	**17,1**	15,1	1,9
Vier Noorderkoggen Laag	21,4	4,6	0,5	0,6	1,2	29,8 [a)]	0	0,8	**58,9**	6,1	52

Jaar	IN Uit- en afspoeling	Inlaat	Atm. depositie open water	Overige bronnen	Overige Landbouw-emissies	RWZI	Industriële lozingen	Directe kwel opp. water	Totaal IN	Retentie	UIT Uitgaande vracht
Anna Paulownapolder Hoog	60,9	14,6	0,6	0,5	1,1	0	0	0	**77,7**	33,8	44
Anna Paulownapolder Laag	34,9	24,4	1,3	0,3	0,7	0	0	0,8	**62,4**	9,9	52,4
Wieringerwaard	24,1	4,2	0,4	0,2	0,6	0	0	0,1	**29,6**	3	26,7
Polder Schagerkogge	12,2	11,5	0,5	1,4	0,7	0	0,1	0	**26,4**	9,1	17,2
Bergermeer	25,4	5	0,7	0,8	0,5	0	0	0,9	**33,3**	14,1	19,3
Egmondermeer	27,1	8	0,5	1,5	0,7	0	0	0,6	**38,4**	7,5	30,9
Sammerspolder	42,6	7,3	0,6	2,3	0,7	0	3,7 [b)]	0,1	**57,3**	24,2	33
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	19,1	3,8	1,3	1	1,3	0	6,1 [b)]	0	**32,6**	12,2	20,3
Verenigde polders	13,6	3,8	0,4	2,4	0,4	0	0	0	**20,6**	8,2	12,4
Jonge klei met duinzand											
Castricummerpolder	8,1	6,9	0,5	0,8	0,5	0	2,8 [b)]	0	**19,6**	6,4	13,3
Groot Limmerpolder	16,5	2,6	0,8	0,7	0,6	0	5,1 [b)]	0	**26,3**	10,2	16,1
Oosterzijpolder	15,5	5,4	0,5	1,1	0,7	0	0	0	**23,2**	9,3	13,9
Laagveengebieden									*0*		
Wormer- en Jisperveld	10,5	5,3	5,9	0,5	0,6	0	0	0	**22,8**	10,8	11,9
Polder Zeevang	20,8	2	2,3	0,2	0,8	0	0	0	**26,1**	5,4	20,6
Waterland	14,6	3,1	4,2	2,1	0,5	0	0,5	0	**25**	7,7	17,3
Het Twiske	3,9	8,2	8,6	0,2	0	0	0	0	**20,9**	13,3	7,6
Eilandspolder	12,2	5,2	2,7	0,3	0,5	0	0	0	**20,9**	7,1	13,8
Krommenieër Woudpolder	9,2	12	3,3	2,6	0,4	0	0	0	**27,5**	8,3	19,2
Polder Assendelft	18,8	8,2	1	1,1	0,7	0	0	0	**29,8**	2,7	27
Polder Westzaan	6,3	10,7	4	3,5	0,2	0	0,3	0	**25**	8,2	16,9
Keileemgebieden											
Gemeenschappelijke polders	19,6	0	0,5	0,4	0,7	0,3	0	0,1	**21,6**	10,2	11,4
Wieringen	12,6	7,2	1,1	0,4	0,6	0	0	0	**21,9**	7,8	14,2

a) Invloed van RWZI op de waterkwaliteit in het gebied is zeer beperkt doordat de locatie van de lozing nabij het gemaal ligt.

b) Bij het hoogheemraadschap zijn geen industriële lozingen bekend.

Tabel B8.2

Relatieve bijdrage van de bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor de 42 deelgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voor de periode 2000-2009. De relatieve bijdrage van bronnen zijn uitgedrukt als het gemiddelde van de periode 2000-2009.

Jaar	IN								Retentie
	Uit- en afspoeling	Inlaat	Atm. depositie open water	Overige bronnen	Overige landbouwemissies	RWZI	Industriële lozingen	Directe kwel opp. water	
Droogmakerijen									
Beemster	84,7%	6,4%	1,7%	1,5%	2,2%	0,0%	0,0%	3,4%	17,7%
Schermer-Noord	84,8%	8,2%	1,5%	0,6%	1,7%	0,0%	0,0%	3,2%	15,0%
Schermer-Zuid	81,9%	9,2%	2,5%	0,6%	1,9%	0,0%	0,0%	4,0%	17,2%
Purmer	77,7%	3,1%	2,1%	10,7%	1,3%	0,0%	0,0%	5,0%	23,0%
Wijde Wormer	84,6%	6,7%	2,8%	0,8%	2,0%	0,0%	0,0%	3,1%	24,2%
Polder Heerhugowaard	55,7%	14,9%	2,7%	9,4%	16,9%	0,0%	0,0%	0,4%	42,4%
Wieringermeer-Oost	85,0%	9,8%	1,2%	0,3%	1,4%	1,0%	0,0%	1,2%	6,4%
Wieringermeer-West	92,3%	3,1%	1,4%	0,6%	1,7%	0,0%	0,0%	1,0%	7,7%
Polder Ursem	78,8%	12,3%	1,9%	2,3%	4,2%	0,0%	0,0%	0,4%	23,8%
Polder Westerkogge	83,4%	4,1%	3,7%	2,9%	3,3%	0,0%	0,0%	2,5%	30,7%
Jonge klei									
Hargerpolder	89,8%	0,0%	5,5%	1,6%	3,1%	0,0%	0,0%	0,0%	24,4%
Waal en Burg en het Noorden	87,8%	0,0%	1,7%	0,7%	1,7%	7,8%	0,0%	0,3%	46,3%
Polder Eijerland	95,6%	0,0%	1,1%	0,3%	1,7%	1,4%	0,0%	0,0%	48,6%
Polder Drieban	75,6%	7,7%	5,4%	3,6%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	26,7%
Vier Noorderkoggen Hoog	77,8%	8,6%	3,7%	3,1%	6,8%	0,0%	0,0%	0,0%	38,3%
Oosterpolder	26,5%	13,5%	5,2%	41,9%	12,9%	0,0%	0,0%	0,0%	60,6%
Polder Geestmerambacht	58,7%	24,0%	2,0%	11,0%	2,9%	0,0%	0,0%	1,4%	22,0%
Polder Grootslag	69,3%	14,9%	3,7%	3,7%	7,5%	0,0%	0,0%	0,8%	36,1%
Oosterdel	25,7%	29,8%	22,2%	19,3%	2,9%	0,0%	0,0%	0,0%	88,3%
Vier Noorderkoggen Laag	36,3%	7,8%	0,8%	1,0%	2,0%	50,6% [a)]	0,0%	1,4%	10,4%
Anna Paulownapolder Hoog	78,4%	18,8%	0,8%	0,6%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	43,5%
Anna Paulownapolder Laag	55,9%	39,1%	2,1%	0,5%	1,1%	0,0%	0,0%	1,3%	15,9%
Wieringerwaard	81,4%	14,2%	1,4%	0,7%	2,0%	0,0%	0,0%	0,3%	10,1%
Polder Schagerkogge	46,2%	43,6%	1,9%	5,3%	2,7%	0,0%	0,4%	0,0%	34,5%
Bergermeer	76,3%	15,0%	2,1%	2,4%	1,5%	0,0%	0,0%	2,7%	42,3%
Egmondermeer	70,6%	20,8%	1,3%	3,9%	1,8%	0,0%	0,0%	1,6%	19,5%

Jaar	IN Uit- en afspoeling	Inlaat	Atm. depositie open water	Overige bronnen	Overige landbouwemissies	RWZI	Industriële lozingen	Directe kwel opp. water	Retentie
Sammerspolder	74,3%	12,7%	1,0%	4,0%	1,2%	0,0%	6,5% [b]	0,2%	42,2%
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	58,6%	11,7%	4,0%	3,1%	4,0%	0,0%	18,7% [b]	0,0%	37,4%
Verenigde polders	66,0%	18,4%	1,9%	11,7%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	39,8%
Jonge klei met duinzand									
Castricummerpolder	41,3%	35,2%	2,6%	4,1%	2,6%	0,0%	14,3% [b]	0,0%	32,7%
Groot Limmerpolder	62,7%	9,9%	3,0%	2,7%	2,3%	0,0%	19,4% [b]	0,0%	38,8%
Oosterzijpolder	66,8%	23,3%	2,2%	4,7%	3,0%	0,0%	0,0%	0,0%	40,1%
Laagveengebieden									
Wormer- en Jisperveld	46,1%	23,2%	25,9%	2,2%	2,6%	0,0%	0,0%	0,0%	47,4%
Polder Zeevang	79,7%	7,7%	8,8%	0,8%	3,1%	0,0%	0,0%	0,0%	20,7%
Waterland	58,4%	12,4%	16,8%	8,4%	2,0%	0,0%	2,0%	0,0%	30,8%
Het Twiske	18,7%	39,2%	41,1%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	63,6%
Eilandspolder	58,4%	24,9%	12,9%	1,4%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%	34,0%
Krommenieër Woudpolder	33,5%	43,6%	12,0%	9,5%	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%	30,2%
Polder Assendelft	63,1%	27,5%	3,4%	3,7%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	9,1%
Polder Westzaan	25,2%	42,8%	16,0%	14,0%	0,8%	0,0%	1,2%	0,0%	32,8%
Keileemgebieden									
Gemeenschappelijke polders	90,7%	0,0%	2,3%	1,9%	3,2%	1,4%	0,0%	0,5%	47,2%
Wieringen	57,5%	32,9%	5,0%	1,8%	2,7%	0,0%	0,0%	0,0%	35,6%

a) Invloed van RWZI op de waterkwaliteit in het gebied is zeer beperkt doordat de locatie van de lozing nabij het gemaal ligt.

b) Bij het hoogheemraadschap zijn geen industriële lozingen bekend.

Tabel B8.3

Fosforbalans (kg/ha) voor de 42 deelgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voor de periode 2000-2009. De bijdrage van bronnen zijn uitgedrukt als het gemiddelde van de periode 2000-2009.

Jaar	IN Uit- en afspoeling	Inlaat	Overige bronnen	Overige Landbouw-emissies	rwzi	Industriële lozingen	Directe kwel opp. water	Totaal IN	Retentie	UIT Uitgaande vracht
Droogmakerijen										
Beemster	5,52	0,39	0,05	0,06	0,00	0,00	0,35	**6,37**	2,86	3,52
Schermer-Noord	5,53	0,74	0,04	0,06	0,00	0,06	0,26	**6,69**	2,94	3,74
Schermer-Zuid	6,34	0,85	0,03	0,07	0,00	0,00	0,63	**7,92**	3,36	4,56
Purmer	4,20	0,16	0,17	0,04	0,00	0,00	0,25	**4,82**	2,18	2,65
Wijde Wormer	4,33	0,41	0,04	0,06	0,00	0,00	0,11	**4,95**	2,27	2,68
Polder Heerhugowaard	1,70	0,65	0,16	0,24	0,00	0,00	0,01	**2,76**	1,06	1,69
Wieringermeer-Oost	6,23	0,25	0,02	0,06	0,21	0,00	0,10	**6,87**	3,22	3,65
Wieringermeer-West	4,34	0,22	0,02	0,06	0,00	0,00	0,09	**4,73**	2,23	2,51
Polder Ursem	2,65	0,47	0,05	0,07	0,00	0,00	0,01	**3,25**	1,45	1,81
Polder Westerkogge	2,42	0,09	0,04	0,06	0,00	0,00	0,11	**2,72**	1,25	1,48
Jonge klei										
Hargerpolder	2,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	**2,06**	1,02	1,05
Waal en Burg en het Noorden	1,68	0,00	0,03	0,04	0,48	0,00	0,01	**2,24**	0,95	1,29
Polder Eijerland	1,46	0,00	0,02	0,04	0,30	0,00	0,00	**1,82**	0,80	1,02
Polder Drieban	2,26	0,13	0,07	0,11	0,00	0,00	0,00	**2,57**	1,19	1,37
Vier Noorderkoggen Hoog	1,90	0,05	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00	**2,06**	0,98	1,09
Oosterpolder	0,42	0,17	0,29	0,11	0,00	0,00	0,00	**0,99**	0,32	0,67
Polder Geestmerambacht	2,24	1,49	0,20	0,07	0,00	0,00	0,05	**4,05**	1,47	2,57
Polder Grootslag	2,32	0,17	0,06	0,11	0,00	0,00	0,02	**2,68**	1,23	1,46
Oosterdel	0,48	0,80	0,21	0,03	0,00	0,00	0,00	**1,52**	0,45	1,07
Vier Noorderkoggen Laag	2,86	0,97	0,04	0,08	2,79 [a)]	0,00	0,01	**6,75**	2,20	4,54
Anna Paulownapolder Hoog	2,26 [c)]	3,23	0,03	0,08	0,00	0,00	0,01	**5,61**	1,80	3,82
Anna Paulownapolder Laag	4,13	4,67	0,04	0,05	0,00	0,00	0,24	**9,13**	3,02	6,12
Wieringerwaard	3,94	0,98	0,02	0,05	0,00	0,00	0,06	**5,05**	2,18	2,88
Polder Schagerkogge	1,69	2,71	0,08	0,05	0,00	0,00	0,00	**4,53**	1,41	3,12
Bergermeer	3,43	1,16	0,05	0,04	0,00	0,00	0,41	**5,09**	1,97	3,13
Egmondermeer	4,09	2,85	0,09	0,05	0,00	0,00	0,08	**7,16**	2,64	4,52

Jaar	IN Uit- en afspoeling	Inlaat	Overige bronnen	Overige Landbouw-emissies	rwzi	Industriële lozingen	Directe kwel opp. water	Totaal IN	Retentie	UIT Uitgaande vracht
Sammerspolder	3,33	2,65	0,08	0,05	0,00	0,09 [b)]	0,02	**6,22**	2,24	3,98
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	1,76	0,50	0,08	0,07	0,00	0,14 [b)]	0,00	**2,55**	1,04	1,52
Verenigde polders	4,19	0,67	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	**4,96**	2,25	2,72
Jonge klei met duinzand										
Castricummerpolder	1,34	0,91	0,09	0,03	0,00	0,07 [b)]	0,00	**2,44**	0,89	1,55
Groot Limmerpolder	1,64	0,43	0,06	0,04	0,00	0,13 [b)]	0,00	**2,3**	0,95	1,36
Oosterzijpolder	1,15	1,07	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	**2,33**	0,81	1,52
Laagveengebieden										
Wormer- en Jisperveld	4,83	0,72	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	**5,64**	2,57	3,06
Polder Zeevang	7,40	0,29	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00	**7,77**	3,78	4,00
Waterland	3,51	0,28	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	**3,95**	1,84	2,11
Het Twiske	0,32	1,20	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	**1,54**	0,40	1,14
Eilandspolder	4,16	0,88	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	**5,11**	2,27	2,84
Krommenieër Woudpolder	3,48	1,96	0,18	0,03	0,00	0,00	0,00	**5,65**	2,17	3,48
Polder Assendelft	5,78	1,29	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00	**7,22**	3,18	4,04
Polder Westzaan	2,24	1,42	0,20	0,01	0,00	0,01	0,00	**3,88**	1,45	2,43
Keileemgebieden										
Gemeenschappelijke polders	2,07	0,00	0,05	0,05	0,15	0,00	0,01	**2,33**	1,08	1,24
Wieringen	1,59	0,41	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	**2,07**	0,89	1,18

a) Invloed van RWZI op de waterkwaliteit in het gebied is zeer beperkt doordat de locatie van de lozing nabij het gemaal ligt.

b) Bij het hoogheemraadschap zijn geen industriële lozingen bekend.

c) Metingen bij bollenpercelen in het gebied van Rijnland laten een ca. 16x hogere uit- en afspoeling zien.

Tabel B8.4

Relatieve bijdrage van de bronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de 42 deelgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voor de periode 2000-2009. De relatieve bijdrage van bronnen zijn uitgedrukt als het gemiddelde van de periode 2000-2009.

Jaar	IN Uit- en afspoeling	Inlaat	Overige bronnen	Overige Landbouw-emissies	RWZI	Industriële lozingen	Directe kwel opp. water	Retentie
Droogmakerijen								
Beemster	86,7%	6,1%	0,8%	0,9%	0,0%	0,0%	5,5%	44,9%
Schermer-Noord	82,7%	11,1%	0,6%	0,9%	0,0%	0,9%	3,9%	43,9%
Schermer-Zuid	80,1%	10,7%	0,4%	0,9%	0,0%	0,0%	8,0%	42,4%
Purmer	87,1%	3,3%	3,5%	0,8%	0,0%	0,0%	5,2%	45,2%
Wijde Wormer	87,5%	8,3%	0,8%	1,2%	0,0%	0,0%	2,2%	45,9%
Polder Heerhugowaard	61,6%	23,6%	5,8%	8,7%	0,0%	0,0%	0,4%	38,4%
Wieringermeer-Oost	90,7%	3,6%	0,3%	0,9%	3,1%	0,0%	1,5%	46,9%
Wieringermeer-West	91,8%	4,7%	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	1,9%	47,1%
Polder Ursem	81,5%	14,5%	1,5%	2,2%	0,0%	0,0%	0,3%	44,6%
Polder Westerkogge	89,0%	3,3%	1,5%	2,2%	0,0%	0,0%	4,0%	46,0%
Jonge klei								
Hargerpolder	97,6%	0,0%	1,0%	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%	49,5%
Waal en Burg en het Noorden	75,0%	0,0%	1,3%	1,8%	21,4%	0,0%	0,4%	42,4%
Polder Eijerland	80,2%	0,0%	1,1%	2,2%	16,5%	0,0%	0,0%	44,0%
Polder Drieban	87,9%	5,1%	2,7%	4,3%	0,0%	0,0%	0,0%	46,3%
Vier Noorderkoggen Hoog	92,2%	2,4%	1,9%	3,4%	0,0%	0,0%	0,0%	47,6%
Oosterpolder	42,4%	17,2%	29,3%	11,1%	0,0%	0,0%	0,0%	32,3%
Polder Geestmerambacht	55,3%	36,8%	4,9%	1,7%	0,0%	0,0%	1,2%	36,3%
Polder Grootslag	86,6%	6,3%	2,2%	4,1%	0,0%	0,0%	0,7%	45,9%
Oosterdel	31,6%	52,6%	13,8%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	29,6%
Vier Noorderkoggen Laag	42,4%	14,4%	0,6%	1,2%	41,3% [a)]	0,0%	0,1%	32,6%
Anna Paulownapolder Hoog	40,3% [c)]	57,6%	0,5%	1,4%	0,0%	0,0%	0,2%	32,1%
Anna Paulownapolder Laag	45,2%	51,2%	0,4%	0,5%	0,0%	0,0%	2,6%	33,1%
Wieringerwaard	78,0%	19,4%	0,4%	1,0%	0,0%	0,0%	1,2%	43,2%
Polder Schagerkogge	37,3%	59,8%	1,8%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	31,1%
Bergermeer	67,4%	22,8%	1,0%	0,8%	0,0%	0,0%	8,1%	38,7%
Egmondermeer	57,1%	39,8%	1,3%	0,7%	0,0%	0,0%	1,1%	36,9%

Jaar	IN							Retentie
	Uit- en afspoeling	Inlaat	Overige bronnen	Overige Landbouw-emissies	RWZI	Industriële lozingen	Directe kwel opp. water	
Sammerspolder	53,5%	42,6%	1,3%	0,8%	0,0%	1,4% [b]	0,3%	36,0%
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	69,0%	19,6%	3,1%	2,7%	0,0%	5,5% [b]	0,0%	40,8%
Verenigde polders	84,5%	13,5%	1,4%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	45,4%
Jonge klei met duinzand								
Castricummerpolder	54,9%	37,3%	3,7%	1,2%	0,0%	2,9% [b]	0,0%	36,5%
Groot Limmerpolder	71,3%	18,7%	2,6%	1,7%	0,0%	5,7% [b]	0,0%	41,3%
Oosterzijpolder	49,4%	45,9%	3,0%	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	34,8%
Laagveengebieden								
Wormer- en Jisperveld	85,6%	12,8%	0,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	45,6%
Polder Zeevang	95,2%	3,7%	0,3%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	48,6%
Waterland	88,9%	7,1%	3,3%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	46,6%
Het Twiske	20,8%	77,9%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	26,0%
Eilandspolder	81,4%	17,2%	0,6%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	44,4%
Krommenieër Woudpolder	61,6%	34,7%	3,2%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	38,4%
Polder Assendelft	80,1%	17,9%	1,4%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	44,0%
Polder Westzaan	57,7%	36,6%	5,2%	0,3%	0,0%	0,3%	0,0%	37,4%
Keileemgebieden								
Gemeenschappelijke polders	88,8%	0,0%	2,1%	2,1%	6,4%	0,0%	0,4%	46,4%
Wieringen	76,8%	19,8%	1,4%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	43,0%

a) Invloed van RWZI op de waterkwaliteit in het gebied is zeer beperkt doordat de locatie van de lozing nabij het gemaal ligt.

b) Bij het hoogheemraadschap zijn geen industriële lozingen bekend.

c) Metingen bij bollenpercelen in het gebied van Rijnland laten een ca. 16x hogere uit- en afspoeling zien.

Bijlage 9 Bijdrage bronnen uitgesplitst

Tabel B9.1

Relatieve bijdrage van de bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor 42 deelgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voor de periode 2000-2009, waarbij de uit- en afspoeling is uitgesplitst. De relatieve bijdrage is uitgedrukt als het gemiddelde van de periode 2000-2009.

Bron	Actuele bemesting	Nalevering landbouw-bodems	Historische bemesting	Atmosferische depositie	Infiltratie-water	kwel	Natuur-gebieden	Inlaat	Overige landbouw-emissies	RWZI	Industriële lozingen	Overige bronnen
Droogmakerijen												
Beemster	52.4%	18.4%	5.7%	5.5%	1.1%	6.8%	0.0%	6.3%	2.3%	0.0%	0.0%	1.4%
Schermer-Noord	54.9%	15.9%	5.2%	6.5%	0.5%	6.4%	0.0%	8.2%	1.6%	0.0%	0.1%	0.7%
Schermer-Zuid	45.5%	27.2%	2.8%	5.4%	1.1%	6.3%	0.0%	9.3%	1.8%	0.0%	0.0%	0.5%
Purmer	42.5%	18.1%	2.6%	4.7%	1.2%	7.6%	8.0%	3.1%	1.4%	0.0%	0.0%	10.8%
Wijde Wormer	54.4%	16.8%	1.5%	5.7%	2.3%	8.4%	1.2%	6.8%	2.1%	0.0%	0.0%	0.9%
Polder Heerhugowaard	34.9%	11.6%	2.8%	5.4%	0.5%	2.2%	1.3%	15.0%	16.9%	0.0%	0.1%	9.3%
Wieringermeer-Oost	56.5%	13.8%	3.8%	6.6%	0.3%	4.3%	2.1%	9.9%	1.4%	1.0%	0.0%	0.3%
Wieringermeer-West	62.4%	15.7%	4.3%	7.2%	0.3%	4.1%	0.8%	3.0%	1.6%	0.0%	0.0%	0.5%
Polder Ursem	45.6%	21.1%	6.1%	5.6%	0.6%	1.9%	0.5%	12.3%	4.1%	0.0%	0.0%	2.2%
Polder Westerkogge	47.4%	25.2%	2.7%	7.0%	1.1%	4.3%	2.0%	4.2%	3.3%	0.0%	0.0%	2.9%
Jonge klei												
Hargerpolder	53.3%	10.1%	2.0%	9.1%	0.4%	0.6%	20.0%	0.0%	3.2%	0.0%	0.0%	1.2%
Waal en Burg en het Noorden	61.9%	6.8%	3.3%	6.1%	0.4%	4.0%	7.0%	0.0%	1.7%	7.9%	0.0%	0.8%
Polder Eijerland	73.0%	5.7%	2.5%	7.0%	0.4%	4.3%	3.7%	0.0%	1.6%	1.4%	0.0%	0.3%
Polder Drieban	49.8%	13.6%	4.8%	9.1%	0.7%	1.8%	1.0%	7.9%	7.8%	0.0%	0.0%	3.6%
Vier Noorderkoggen Hoog	53.6%	11.5%	4.3%	7.0%	0.8%	1.8%	2.5%	8.5%	6.7%	0.0%	0.1%	3.3%
Oosterpolder	16.8%	5.7%	1.7%	6.4%	0.1%	0.5%	0.2%	13.7%	12.8%	0.0%	0.0%	42.0%
Polder Geestmerambacht	38.4%	11.7%	3.5%	5.2%	0.3%	2.2%	0.6%	24.1%	2.9%	0.0%	0.0%	11.0%
Polder Grootslag	43.2%	14.1%	4.6%	7.2%	0.4%	2.2%	2.5%	14.9%	7.3%	0.0%	0.0%	3.7%
Oosterdel	17.1%	1.9%	0.5%	23.0%	0.5%	2.3%	2.3%	29.8%	2.8%	0.0%	0.2%	19.5%
Vier Noorderkoggen Laag	49.1%	14.2%	4.7%	5.6%	0.6%	2.5%	0.8%	16.2%	4.2%	0.0%	0.0%	2.1%

Bron	Actuele bemesting	Nalevering landbouw-bodems	Historische bemesting	Atmosferische depositie	Infiltratie-water	kwel	Natuur-gebieden	Inlaat	Overige landbouw-emissies	RWZI	Industriële lozingen	Overige bronnen
Anna Paulownapolder Hoog	67.0% [a)]	2.8%	0.7%	7.1%	0.7%	0.6%	0.2%	18.8%	1.5%	0.0%	0.0%	0.6%
Anna Paulownapolder Laag	33.1%	15.0%	2.2%	5.5%	0.3%	2.4%	0.9%	36.1%	1.2%	0.0%	0.0%	0.4%
Wieringerwaard	48.8%	21.7%	4.9%	5.6%	0.3%	1.2%	0.7%	14.2%	2.2%	0.0%	0.0%	0.5%
Polder Schagerkogge	33.0%	7.6%	2.0%	4.3%	0.2%	0.5%	0.6%	43.7%	2.5%	0.0%	0.2%	5.3%
Bergermeer	55.0%	4.3%	1.9%	5.8%	0.3%	7.2%	6.4%	15.1%	1.5%	0.0%	0.0%	2.5%
Egmondermeer	52.1%	5.9%	1.9%	4.5%	0.3%	8.2%	0.2%	20.9%	1.9%	0.0%	0.0%	4.0%
Sammerspolder	57.0%	4.3%	1.4%	6.1%	0.7%	3.7%	2.4%	12.8%	1.2%	0.0%	6.4% [b)]	4.0%
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	34.1%	14.6%	2.5%	6.7%	0.5%	1.4%	3.0%	10.6%	3.8%	0.0%	18.9% [b)]	3.0%
Verenigde polders	47.0%	6.0%	1.9%	5.1%	0.5%	2.1%	5.4%	18.3%	2.2%	0.0%	0.0%	11.5%
Jonge klei met duinzand												
Castricummerpolder	25.4%	6.9%	1.4%	4.2%	0.3%	3.1%	2.4%	35.1%	2.6%	0.0%	14.5% [b)]	4.0%
Groot Limmerpolder	39.1%	11.4%	1.7%	5.3%	0.5%	3.0%	4.7%	10.0%	2.4%	0.0%	19.3% [b)]	2.5%
Oosterzijpolder	42.1%	14.2%	1.4%	5.3%	0.7%	1.7%	3.5%	23.2%	2.9%	0.0%	0.0%	4.9%
Laagveengebieden												
Wormer- en Jisperveld	12.0%	13.9%	1.7%	26.4%	2.1%	1.0%	14.9%	23.1%	2.6%	0.0%	0.0%	2.3%
Polder Zeevang	31.1%	27.2%	4.6%	10.1%	5.4%	3.5%	6.6%	7.7%	3.0%	0.0%	0.0%	0.7%
Waterland	19.5%	18.3%	2.7%	17.8%	3.2%	4.7%	8.9%	12.4%	1.8%	0.0%	2.1%	8.4%
Het Twiske	0.4%	0.3%	0.1%	41.3%	0.1%	0.2%	17.4%	39.1%	0.1%	0.0%	0.1%	1.0%
Eilandspolder	22.8%	17.1%	2.6%	14.2%	2.8%	2.3%	9.5%	24.8%	2.5%	0.0%	0.0%	1.4%
Krommenieër Woudpolder	11.0%	13.6%	1.2%	12.5%	1.5%	0.5%	5.0%	43.7%	1.5%	0.0%	0.0%	9.5%
Polder Assendelft	28.4%	23.1%	3.1%	4.7%	3.1%	2.0%	2.0%	27.6%	2.2%	0.0%	0.0%	3.7%
Polder Westzaan	6.6%	4.9%	1.0%	16.3%	1.1%	2.4%	9.0%	42.7%	0.8%	0.0%	1.0%	14.2%
Keileemgebieden												
Gemeenschappelijke polders	57.6%	13.8%	5.4%	7.5%	0.5%	4.3%	4.9%	0.0%	1.4%	3.1%	0.0%	1.6%
Wieringen	28.1%	7.2%	1.9%	7.6%	0.1%	1.5%	16.1%	32.8%	2.7%	0.0%	0.0%	2.0%

a) Metingen bij bollenpercelen in het gebied van Rijnland laten een ca. 16x hogere uit- en afspoeling zien.

b) Bij het hoogheemraadschap zijn geen industriële lozingen bekend.

Tabel B9.2

Relatieve bijdrage van de bronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor 42 deelgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voor de periode 2000-2009, waarbij de uit- en afspoeling is uitgesplitst. De relatieve bijdrage is uitgedrukt als het gemiddelde van de periode 2000-2009.

Bron	Actuele bemesting	Nalevering landbouw-bodems	Historische bemesting	Infiltratie-water	kwel	Natuur-gebieden	Inlaat	Overige landbouw-emissies	RWZI	Industriële lozingen	Overige bronnen
Droogmakerijen											
Beemster	40,5%	29,4%	6,1%	2,0%	13,9%	0,0%	6,2%	1,0%	0,0%	0,0%	0,8%
Schermer-Noord	53,5%	16,1%	3,5%	1,3%	12,4%	0,0%	11,0%	0,8%	0,0%	0,9%	0,5%
Schermer-Zuid	25,8%	29,4%	13,7%	2,4%	16,7%	0,0%	10,7%	0,9%	0,0%	0,0%	0,4%
Purmer	35,9%	24,1%	8,1%	1,8%	11,3%	11,2%	3,2%	0,8%	0,0%	0,0%	3,6%
Wijde Wormer	43,8%	21,9%	9,6%	3,2%	10,8%	0,6%	8,2%	1,1%	0,0%	0,0%	0,8%
Polder Heerhugowaard	29,4%	16,7%	4,7%	1,7%	6,6%	2,8%	23,5%	8,7%	0,0%	0,0%	5,6%
Wieringermeer-Oost	63,1%	11,3%	1,6%	1,3%	11,6%	3,3%	3,7%	0,8%	3,1%	0,0%	0,2%
Wieringermeer-West	66,6%	11,1%	1,8%	1,2%	11,4%	1,5%	4,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,5%
Polder Ursem	41,1%	27,5%	6,9%	1,4%	4,2%	0,7%	14,4%	2,2%	0,0%	0,0%	1,6%
Polder Westerkogge	36,4%	25,9%	13,9%	2,8%	11,5%	2,7%	3,2%	2,1%	0,0%	0,0%	1,5%
Jonge klei											
Hargerpolder	30,0%	25,6%	7,2%	3,0%	6,4%	25,4%	0,0%	1,5%	0,0%	0,1%	0,8%
Waal en Burg en het Noorden	48,2%	5,2%	2,1%	0,7%	7,3%	12,0%	0,0%	1,6%	21,5%	0,0%	1,4%
Polder Eijerland	61,7%	3,0%	1,4%	0,5%	6,3%	7,4%	0,0%	2,4%	16,3%	0,0%	0,9%
Polder Drieban	42,6%	24,4%	5,5%	3,3%	9,9%	2,6%	4,9%	4,1%	0,0%	0,0%	2,6%
Vier Noorderkoggen Hoog	30,6%	27,8%	7,7%	6,2%	16,3%	3,2%	2,6%	3,4%	0,0%	0,0%	2,1%
Oosterpolder	24,7%	10,8%	2,3%	0,8%	2,9%	0,9%	17,3%	11,0%	0,0%	0,0%	29,2%
Polder Geestmerambacht	37,2%	11,3%	2,1%	0,9%	4,2%	1,0%	36,8%	1,6%	0,0%	0,0%	4,9%
Polder Grootslag	44,9%	23,3%	5,1%	1,8%	8,0%	4,2%	6,3%	4,0%	0,0%	0,0%	2,4%
Oosterdel	16,8%	4,5%	1,5%	0,9%	4,1%	3,9%	52,5%	1,9%	0,0%	0,2%	13,7%
Vier Noorderkoggen Laag	38,0%	19,4%	4,3%	1,8%	7,7%	1,2%	24,5%	2,0%	0,0%	0,0%	1,1%
Anna Paulownapolder Hoog	38,5% [a)]	0,0%	0,6%	0,4%	0,7%	0,3%	57,5%	1,5%	0,0%	0,0%	0,5%
Anna Paulownapolder Laag	36,7%	4,7%	0,7%	0,4%	4,5%	0,9%	51,1%	0,6%	0,0%	0,0%	0,4%
Wieringerwaard	53,8%	15,7%	2,5%	1,2%	5,1%	0,9%	19,4%	1,0%	0,0%	0,0%	0,4%
Polder Schagerkogge	18,5%	11,0%	2,9%	1,1%	3,1%	0,6%	59,8%	1,1%	0,0%	0,1%	1,8%
Bergermeer	54,0%	3,6%	2,2%	0,3%	11,5%	3,6%	22,8%	0,7%	0,0%	0,1%	1,0%
Egmondermeer	45,8%	5,2%	2,3%	0,2%	4,5%	0,2%	39,8%	0,7%	0,0%	0,1%	1,2%

Bron	Actuele bemesting	Nalevering landbouw-bodems	Historische bemesting	Infiltratie-water	kwel	Natuur-gebieden	Inlaat	Overige landbouw-emissies	RWZI	Industriële lozingen	Overige bronnen
Sammerspolder	46,4%	1,7%	1,4%	0,4%	2,1%	1,9%	42,7%	0,7%	0,0%	1,4%	1,2%
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	39,1%	14,9%	5,5%	0,9%	3,3%	4,9%	19,7%	2,8%	0,0%	5,6%	3,3% [b]
Verenigde polders	53,3%	17,3%	5,6%	0,9%	3,9%	3,3%	13,5%	0,7%	0,0%	0,0%	1,5% [b]
Jonge klei met duinzand											
Castricummerpolder	34,8%	9,5%	3,1%	0,8%	3,3%	3,2%	37,5%	1,4%	0,0%	2,8%	3,5% [b]
Groot Limmerpolder	42,6%	12,7%	5,5%	0,7%	3,4%	6,0%	18,8%	1,9%	0,0%	5,8%	2,6% [b]
Oosterzijpolder	31,2%	7,5%	3,8%	0,5%	1,7%	4,8%	45,7%	1,9%	0,0%	0,0%	2,9%
Laagveengebieden											
Wormer- en Jisperveld	13,2%	26,4%	5,9%	2,7%	0,3%	37,1%	12,7%	0,8%	0,0%	0,0%	0,9%
Polder Zeevang	20,7%	48,1%	9,0%	4,9%	0,5%	11,9%	3,7%	0,7%	0,0%	0,0%	0,3%
Waterland	12,4%	41,0%	7,9%	4,3%	2,0%	21,1%	7,1%	0,9%	0,0%	0,1%	3,3%
Het Twiske	0,4%	0,7%	0,2%	0,1%	0,1%	19,1%	77,8%	0,1%	0,0%	0,0%	1,5%
Eilandspolder	13,8%	29,9%	7,1%	3,4%	2,9%	24,2%	17,3%	0,7%	0,0%	0,0%	0,7%
Krommenieër Woudpolder	15,5%	24,3%	7,0%	2,3%	0,5%	11,9%	34,7%	0,5%	0,0%	0,0%	3,2%
Polder Assendelft	27,7%	37,3%	9,0%	3,5%	0,9%	1,8%	17,9%	0,7%	0,0%	0,0%	1,4%
Polder Westzaan	3,0%	10,8%	2,2%	1,3%	0,8%	39,8%	36,6%	0,4%	0,0%	0,1%	5,1%
Keileemgebieden											
Gemeenschappelijke polders	59,0%	10,3%	3,6%	1,3%	9,8%	5,6%	0,0%	6,6%	2,2%	0,0%	1,8%
Wieringen	47,1%	4,6%	1,4%	0,2%	1,6%	21,9%	19,6%	2,1%	0,0%	0,0%	1,6%

a) Metingen bij bollenpercelen in het gebied van Rijnland laten een ca. 16x hogere uit- en afspoeling zien.

b) Bij het hoogheemraadschap zijn geen industriële lozingen bekend.

Bijlage 10 Natuurlijk/antropogene bijdrage bronnen

Tabel B10.1

Relatieve bijdrage van natuurlijke en antropogene bronnen aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor 42 deelgebieden in het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voor de periode 2000-2009, waarbij de uit- en afspoeling is uitgesplitst. De relatieve bijdrage is uitgedrukt als het gemiddelde van de periode 2000-2009.

Bijdrage bronnen	Stikstof		Fosfor	
	Natuurlijke bijdrage	Antropogene bijdrage	Natuurlijke bijdrage	Antropogene bijdrage
Droogmakerijen				
Beemster	32%	68%	45%	55%
Schermer-Noord	29%	71%	30%	70%
Schermer-Zuid	40%	60%	49%	51%
Purmer	40%	60%	48%	52%
Wijde Wormer	34%	66%	36%	64%
Polder Heerhugowaard	21%	79%	28%	72%
Wieringermeer-Oost	27%	73%	28%	72%
Wieringermeer-West	28%	72%	25%	75%
Polder Ursem	30%	70%	34%	66%
Polder Westerkogge	40%	60%	43%	57%
Jonge klei				
Hargerpolder	40%	60%	60%	40%
Waal en Burg en het Noorden	24%	76%	25%	75%
Polder Eijerland	21%	79%	17%	83%
Polder Drieban	26%	74%	40%	60%
Vier Noorderkoggen Hoog	24%	76%	54%	46%
Oosterpolder	13%	87%	15%	85%
Polder Geestmerambacht	20%	80%	17%	83%
Polder Grootslag	26%	74%	37%	63%
Oosterdel	30%	70%	13%	87%
Vier Noorderkoggen Laag	24%	76%	30%	70%

Bijdrage bronnen	Stikstof		Fosfor	
	Natuurlijke bijdrage	Antropogene bijdrage	Natuurlijke bijdrage	Antropogene bijdrage
Anna Paulownapolder Hoog	11%	89%	1%	99%
Anna Paulownapolder Laag	27%	73%	11%	89%
Wieringerwaard	29%	71%	23%	77%
Polder Schagerkogge	13%	87%	16%	84%
Bergermeer	24%	76%	19%	81%
Egmondermeer	19%	81%	10%	90%
Sammerspolder	17%	83%	6%	94%
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	27%	73%	25%	75%
Verenigde polders	19%	81%	25%	75%
Jonge klei met duinzand				
Castricummerpolder	21%	79%	19%	81%
Groot Limmerpolder	25%	75%	23%	77%
Oosterzijpolder	25%	75%	14%	86%
Laagveengebieden				
Wormer- en Jisperveld	58%	42%	66%	34%
Polder Zeevang	53%	47%	65%	35%
Waterland	54%	46%	69%	31%
Het Twiske	59%	41%	20%	80%
Eilandspolder	46%	54%	60%	40%
Krommenieër Woudpolder	33%	67%	39%	61%
Polder Assendelft	38%	62%	46%	54%
Polder Westzaan	34%	66%	53%	47%
Keileemgebieden				
Gemeenschappelijke polders	31%	69%	27%	73%
Wieringen	32%	68%	28%	72%

Bijlage 11 Theoretische achtergrondconcentraties

Tabel B10.1

Theoretische achtergrondconcentratie (stikstof en fosfor) voor de 42 deelgebieden op basis van de relatieve bijdrage van natuurlijke bronnen en de gemeten nutriënten-concentratie in het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009. De variatie in natuurlijke bijdrage is de variatie als gevolg van de heterogeniteit van het deelgebied.

Bijdrage bronnen	**Stikstof**			**Fosfor**		
	Gemeten N-concentratie	**Natuurlijke bijdrage**	**Theoretische achtergrond concentratie**	**Gemeten P-concentratie**	**Natuurlijke bijdrage**	**Theoretische achtergrond concentratie**
Droogmakerijen	***mg/l***	***%***	***mg/l***	***mg/l***	***%***	***mg/l***
Beemster	4,58	**32** (23 – 37)	**1,46** (1,06 – 1,70)	0,61	**45** (21 – 64)	**0,27** (0,13 – 0,39)
Schermer-Noord	4,77	**29** (21 – 35)	**1,40** (1,01 – 1,67)	1,03	**30** (6 – 46)	**0,31** (0,06 – 0,47)
Schermer-Zuid	3,51	**40** (21 - 59)	**1,41** (0,74 – 2,07)	0,80	**49** (39 - 55)	**0,39** (0,31 – 0,44)
Purmer	3,03	**40** (27 - 47)	**1,20** (0,83 – 1,42)	0,59	**48** (28 – 63)	**0,28** (0,16 – 0,37)
Wijde Wormer	4,75	**34** (11 - 44)	**1,63** (0,52 – 2,09)	0,74	**36** (12 - 47	**0,27** (0,09 – 0,35)
Polder Heerhugowaard	2,54	**21** (14 - 23)	**0,53** (0,36 – 0,59)	0,56	28 (8 – 32)	**0,16** (0,05 – 0,18)
Wieringermeer-Oost	5,14	**30** (24 - 33)	**1,55** (1,24 – 1,69)	0,58	**29** (11 - 32)	**0,17** (0,06 – 0,18)
Wieringermeer-West	4,17	**28** (23 - 31)	**1,17** (0,95 – 1,30)	0,59	**25** (8 – 28)	**0,15** (0,05 – 0,16)
Polder Ursem	3,19	**30** (25 – 32	**0,95** (0,79 – 1,03)	0,57	**34** (11 - 40)	**0,19** (0,06 – 0,23)
Polder Westerkogge	4,86	**40** (21 - 57)	**1,92** (1.02 – 2,76)	1,19	**43** (19 - 47)	**0,51** (0,22 – 0,56)

Bijdrage bronnen	Stikstof			Fosfor		
	Gemeten N-concentratie	Natuurlijke bijdrage	Theoretische achtergrond concentratie	Gemeten P-concentratie	Natuurlijke bijdrage	Theoretische achtergrond concentratie
Jonge klei	*mg/l*	*%*	*mg/l*	*mg/l*	*%*	*mg/l*
Hargerpolder	3,29	**40** (34 - 41)	**1,32** (1,10 – 1,35)	1,15	**60** (46 - 58)	**0,69** (0,53 – 0,67)
Waal en Burg en het Noorden	4,12	**24** (15 – 31)	**1,01** (0,63 – 1,26)	0,74	**25** (16 - 28)	**0,19** (0,12 – 0,21)
Polder Eijerland	4,21	**21** (12 – 22)	**0,89** (0,52 – 0,94)	1,45	**17** (12 – 22)	**0,25** (0,18 – 0,31)
Polder Drieban	3,66	**26** (19 - 31)	**0,96** (0,70 – 1,14)	1,18	**40** (15 - 44)	**0,47** (0,18 – 0,52)
Vier Noorderkoggen Hoog	3,14	**24** (14 - 29)	**0,74** (0,44 – 0,90	0,60	**54** (36 – 75)	**0,32** (0,22 – 0,45)
Oosterpolder	2,12	**13** (11 – 14)	**0,28** (0,22 – 0,30)	0,47	**15** (7 – 20)	**0,07** (0,03 – 0,09)
Polder Geestmerambacht	3,08	**20** (14 - 24)	**0,62** (0,44 – 0,73)	1,06	**17** (9 - 18)	**0,18** (0,09 – 0,19)
Polder Grootslag	3,13	**26** **(**21 - 30)	**0,82** (0,65 – 0,94)	0,61	**37** (18 - 46)	**0,23** (0,11 – 0,28
Oosterdel	1,70	**30** (26 – 33)	**0,51** (0,44 – 0,56)	0,48	**13** (7 - 16)	**0,06** (0,03 – 0,07)
Vier Noorderkoggen Laag	4,75	**12** (8 – 14)	**0,55** (0,40 – 0,65)	0,60	**18** (4 - 24)	**0,11** (0.03 – 0,15)
Anna Paulownapolder Hoog	3,88	**11** (10 - 11)	**0,44** (0,40 – 0,43)	2,72	**1,4** (0,9 – 1,1)	**0,04** (0,02 – 0,03)
Anna Paulownapolder Laag	5,04	**26** (14 - 33)	**1,30** (0,70 – 1,67)	1,37	**10** (4 – 9)	**0,13** (0,06 – 0,12)
Wieringerwaard	5,11	**29** (17 - 42)	**1,50** (0,85 – 2,15)	0,71	**23** (9 - 26)	**0,16** (0,07 – 0,18)
Polder Schagerkogge	2,98	**13** **(11 - 14)**	**0,40** (0,33 – 0,42)	0,95	**16** (10 - 17)	**0,15** (0,10 – 0,16)
Bergermeer	3,68	**24** (18 - 23)	**0,88** (0,66 – 0,84)	1,35	**19** (15 - 17)	**0,26** (0,21 – 0,24)
Egmondermeer	4,26	**19** (11 - 19)	**0,82** (0,48 – 0,83)	1,49	**10** (5 – 12)	**0,15** (0,07 – 0,18)
Sammerspolder	5,06	**17**	**0,87**	2,11	**6,1**	**0,13**

Bijdrage bronnen	Stikstof			Fosfor		
	Gemeten N-concentratie	Natuurlijke bijdrage	Theoretische achtergrond concentratie	Gemeten P-concentratie	Natuurlijke bijdrage	Theoretische achtergrond concentratie
		(9 - 17)	(0,47 – 0,85)		(2,4 – 5,1)	(0,05 – 0,11)
Uitgeester- en Heemskerkerbroekpolder	4,22	**27** (15 - 30)	**1,15** (0,63 – 1,28)	1,01	**25** (7 - 36)	**0,25** (0,07 – 0,36)
Verenigde polders	3,48	**19** (13 – 21)	**0,66** (0,45 – 0,72)	0,54	**25** (8 – 31)	**0,14** (0,04 – 0,17)
Jonge klei met duinzand	***mg/l***	***%***	***mg/l***	***mg/l***	***%***	***mg/l***
Castricummerpolder	2,64	**21** (14- 21)	**0,55** (0,38 – 0,55)	1,19	**19** (9 – 21)	**0,23** (0,11 – 0,25)
Groot Limmerpolder	2,52	**25** (12 - 30)	**0,63** (0,31 – 0,75	0,60	**23** (8 - 34)	**0,14** (0,05 – 0,21)
Oosterzijpolder	2,57	**25** (9 – 46)	**0,65** (0,24 – 1,18)	0,71	**14** (5 – 23)	**0,10** (0,04 – 0,16)
Laagveengebieden	***mg/l***	***%***	***mg/l***	***mg/l***	***%***	***mg/l***
Wormer- en Jisperveld	4,37	58 (55 – 59)	2,54 (2,39 – 2,59	0,37	66 (51 – 69)	0,25 (0,19 – 0,25)
Polder Zeevang	5,83	53 (48 – 52)	3,08 (2,83 – 3,03)	1,27	65 (58 – 66)	0,83 (0,74 – 0,84)
Waterland	4,03	54 (41 - 62)	2,17 (1,63 – 2,50)	0,66	69 (59 – 75)	0,45 (0,39 – 0,49)
Het Twiske	1,42	59 (59 – 60)	0,84 (0,84) – 0,85)	0,27	20 (19 – 21)	0,05 (0,05 – 0,06)
Eilandspolder	4,50	46 (43 - 48)	2,06 (1,92 – 2,15)	0,95	60 (53 - 68)	0,57 (0,50 – 0,64)
Krommenieër Woudpolder	4,57	33 (25 - 32)	1,51 (1,16 – 1,44)	0,56	39 (37 - 39)	0,22 (0,21 – 0,22)
Polder Assendelft	5,43	38 (28 – 44)	2,05 (1,54 – 2,41)	0,69	46 (41 - 54)	0,32 (0,29 – 0,38)
Polder Westzaan	3,33	34 (30 - 35)	1,12 (1,00 – 1,17)	0,48	53 (53 - 57)	0,25 (0,25 – 0,28)
Keileemgebieden	***mg/l***	***%***	***mg/l***	***mg/l***	***%***	***mg/l***
Gemeenschappelijke polders	4,17	31 (22 - 35)	1,29 (0,90 – 1,45)	0,28	27 (7 - 31)	0,08 (0,02 – 0,09)
Wieringen	4,06	32 (25 – 37)	1,31 (1,02 – 1,48)	0,32	28 (22 - 33)	0,09 (0,07 – 0,11)

Bijlage 12 Gevoeligheidsanalyse overschatting nettobelasting

Tabel 7.1

Relatieve bijdrage van natuurlijke en antropogene bronnen aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater voor drie deelgebieden en de verschillende situaties.

Gebied	eenheid	referentie	variant 1	variant 2	variant 3
De Purmer					
Uit- en afspoeling	ton/jaar	82	82	142	114
Inkomende vracht (totaal)	ton/jaar	105	104	165	136
Retentie	ton/jaar	24	24	24	24
Uitgaande vracht berekend (totaal)	ton/jaar	81	80	141	112
Uitgaande vracht gemeten (totaal)	ton/jaar	141	112	141	112
Relatieve bijdrage natuurlijke bronnen	%	40	40	40	40
Anna Paulownapolder Hoog					
Berekende uit- en afspoeling	ton/jaar	109	109	65	51
Inkomende vracht (totaal)	ton/jaar	140	135	96	77
Retentie	ton/jaar	61	60	39	31
Uitgaande vracht berekend (totaal)	ton/jaar	79	75	57	46
Uitgaande vracht gemeten (totaal)	ton/jaar	57	46	57	46
Relatieve bijdrage natuurlijke bronnen	%	11	12	10	11
Krommenieër Woudpolder					
Berekende uit- en afspoeling	ton/jaar	8	8	20	17
Inkomende vracht (totaal)	ton/jaar	23	21	36	30
Retentie	ton/jaar	7	7	7	7
Uitgaande vracht berekend (totaal)	ton/jaar	16	14	29	23
Uitgaande vracht gemeten (totaal)	ton/jaar	29	23	29	23
Relatieve bijdrage natuurlijke bronnen	%	33	36	44	44

Tabel 7.2

Relatieve bijdrage van natuurlijke en antropogene bronnen aan de fosforbelasting van het oppervlaktewater voor drie deelgebieden en de verschillende situaties.

Gebied	eenheid	referentie	variant 1	variant 2	variant 3
De Purmer					
Uit- en afspoeling	ton/jaar	12	12	41	33
Inkomende vracht (totaal)	ton/jaar	13	13	43	34
Retentie	ton/jaar	6	6	21	16
Uitgaande vracht berekend	ton/jaar	7	7	22	18
Uitgaande vracht gemeten	ton/jaar	22	18	22	18
Relatieve bijdrage natuurlijke bronnen	%	48	49	49	49
Anna Paulownapolder Hoog					
Uit- en afspoeling	ton/jaar	4,1	4,1	63	50
Inkomende vracht (totaal)	ton/jaar	10,0	8,9	69	55
Retentie	ton/jaar	3,2	3,0	33	26
Uitgaande vracht berekend	ton/jaar	6,8	5,9	36	29
Uitgaande vracht gemeten	ton/jaar	36	29	36	29
Relatieve bijdrage natuurlijke bronnen	%	1,4	1,6	2,6	2,7
Krommenieër Woudpolder					
Uit- en afspoeling	ton/jaar	2,9	2,9	5,5	4,4
Inkomende vracht (totaal)	ton/jaar	4,8	4,4	7,3	5,9
Retentie	ton/jaar	1,9	1,7	3,0	2,5
Uitgaande vracht *berekend*	ton/jaar	2,9	2,7	4,3	3,4
Uitgaande vracht *gemeten*	ton/jaar	4,3	3,4	4,3	3,4
Relatieve bijdrage natuurlijke bronnen	%	39	42	48	47

Uit Tabel 7.1 blijkt dat verlagen van de uit metingen afgeleide stikstofvracht en het verhogen van de uit- en afspoeling voor de deelgebieden Purmer en Anna Paulownapolder nauwelijks effect heeft op de relatieve bijdrage van de natuurlijke bronnen. Voor deelgebied Krommenieër Woudpolder is de verandering in het aandeel natuurlijk wel significant: een toename van 33% (referentiesituatie) naar 44% (variant 2 en variant 3).

Het grotere effect voor deelgebied Krommenieër Woudpolder kan waarschijnlijk verklaard worden doordat de relatieve bijdrage van de uit- en afspoeling voor Krommenieër Woudpolder in de referentiesituatie duidelijk lager is (8 ton van 23 ton = 33%) dan voor de Purmer en Anna Paulownapolder Hoog (beide 78%). Veranderingen in de uit- en afspoeling voor deelgebieden met een relatief lage bijdrage van de uit- en afspoeling werken daardoor sterker door dan deelgebieden waar de bijdrage van de uit- en afspoeling relatief groter is.

In Tabel 7.1 valt verder op dat de stikstofretentie voor deelgebied Purmer en Krommenieër Woudpolder gelijk blijft, terwijl voor deelgebied Anna Paulownapolder Hoog de retentie fors afneemt. De stikstofretentie voor de Purmer en Krommenieër Woudpolder blijft gelijk, omdat deze onafhankelijk is van de inkomende vracht en is geschat op basis van gebiedskenmerken (o.a. areaal open water). Voor Anna Paulownapolder Hoog is de retentie afhankelijk van de vracht (50% diffuse bronnen en 20% andere bronnen).

Ook voor fosfor zijn de veranderingen in de bijdrage van de natuurlijke bronnen voor de Purmer en Anna Paulownapolder-Hoog gering. Weliswaar is de verandering van de verhouding in de Anna Paulownapolder voor fosfor wel significant, maar is het aandeel natuurlijk in absolute zin erg klein. Voor deelgebied Krommenieër Woudpolder neemt het aandeel van de natuurlijke bronnen toe van 39% in de uitgangssituatie naar 48% voor variant 2. In paragraaf 7.3 wordt het effect op de theoretische achtergrondconcentratie gepresenteerd.

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2475
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2475
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.