



Achtergrondconcentraties waterlichamen Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en stoffenbalansen voor de Wieringermeer

Alterra-rapport 2199
ISSN 1566-7197

E.M.P.M. van Boekel en H.T.L. Massop

Achtergrondconcentraties waterlichamen
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Achtergrondconcentraties waterlichamen Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en stoffenbalansen voor de Wieringermeer

E.M.P.M. van Boekel en H.T.L. Massop

Alterra-rapport 2199

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2011

Referaat

E.M.P.M. van Boekel 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*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2199. 102 blz.; 13 fig.; 45 tab.; .30 ref.

In dit onderzoek zijn de theoretische achtergrondconcentraties van stikstof en fosfor bepaald voor waterlichamen in de Wieringermeer op basis van water- en stoffenbalansen. Voor het opstellen van de balansen is een methodiek ontwikkeld die toepasbaar is voor stroomgebieden op verschillende schaalniveaus. Een aantal posten uit de waterbalans zijn goed bekend, voor de overige posten is een schatting gemaakt. De kwelflux is als restpost gebruikt. Voor het opstellen van de nutriëntenbalans is het van belang dat de uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater juist wordt ingeschat. Hiertoe wordt het model-instrumentarium stapsgewijs op basis van regionale kenmerken aangepast en worden modelresultaten vergeleken met gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater om inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid. De bronnen uit de nutriëntenbalans zijn ingedeeld in twee categorieën, (makkelijk) beïnvloedbare bronnen en de niet of nauwelijks beïnvloedbare bronnen. De relatieve bijdrage van de bronnen is gebruikt voor het bepalen van de theoretische achtergrondconcentraties.

Trefwoorden: Europese Kaderrichtlijn Water, nutriënten, oppervlaktewaterkwaliteit, achtergrondbelasting, maatregelen, landbouw, kwel, Wieringermeer.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2011 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- 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 2199

Wageningen, juli 2011

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	15
2 Studiegebied	17
3 Methodiek	21
4 Resultaten	37
5 Discussie	63
6 Conclusies	65
Literatuur	67
Bijlage 1 Neerslag	71
Bijlage 2 Verdamping	75
Bijlage 3 Inschatting capaciteit hevels	79
Bijlage 4 Inlaatpunten Amstelmeerboezem	83
Bijlage 5 Afvoergegevens	87
Bijlage 6 Kwelcijfers Wieringermeer	97
Bijlage 7 Aanpassingen STONE-schematisering (fase 2)	101

Woord vooraf

De ecologische waterkwaliteitsdoelstellingen van de KRW kunnen deels worden gerealiseerd door hydromorfologische maatregelen. Om de gewenste ecologische waterkwaliteit te bereiken moeten naar verwachting ook de nutriëntenvrachten naar en als gevolg daarvan de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater worden verlaagd. In 2008 is in opdracht van Rijkswaterstaat door De Klein en Portielje een studie uitgevoerd naar de effecten van hydromorfologische ingrepen op de afleiding van de MEP/GEP voor nutriënten en zijn de mogelijke effecten van hydromorfologische ingrepen op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater in een aantal gebieden gekwantificeerd. In deze studie is de achtergrondbelasting van waterlichamen met stikstof en fosfor voor de Wieringermeer bepaald, waarbij de oorspronkelijke methodiek uit het onderzoek van De Klein en Portielje verder is uitgewerkt.

De auteurs bedanken Gert van Ee, Marcel Boomgaard, Peter Schuit, Martin Meirink, Henk Hummel en Danny Heppe (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) voor het beschikbaar stellen van data en de constructieve bijdrage aan de discussie. Verder bedanken we Joop Kroes en Leo Renaud (beide Alterra) voor hun bijdrage aan de aanpassing van het modelinstrumentarium. Tot slot willen we Peter Schipper en Jan Roelsma (beide Alterra) bedanken voor het kritisch doorlezen en becommentariëren van dit rapport.

Erwin van Boekel
Harry Massop

Samenvatting

Achtergrond

De Kaderrichtlijn Water (2000/60/EC; KRW) heeft als belangrijkste doel de kwaliteit van watersystemen te beschermen en waar nodig te verbeteren. De waterbeheerders wijzen hiervoor waterlichamen aan, kennen watertypes toe aan deze waterlichamen en stellen doelen voor het Goede Ecologische Potentieel (GEP) in de vorm van onder andere maximale N- en P-concentraties op basis van landelijk vastgestelde waarden voor de Goede Ecologische Toestand (GET). De ecologische doelstellingen worden door de waterbeheerders zelf vastgelegd. Het is van belang dat de bijbehorende nutriëtnormen goed onderbouwd zijn.

De stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater in het beheergebied van het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier zijn te hoog om aan de doelstellingen van de KRW te 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 MEP/GEP-waarden enerzijds en het juist schatten van de effectiviteit van maatregelen anderzijds, is het van belang te bepalen welk deel van de nutriëntenbelasting afkomstig is van antropogene (beïnvloedbare) bronnen en welk deel gezien moet worden als een gebiedseigen (nauwelijks beïnvloedbare) achtergrondbelasting.

De kennisvragen waar het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier antwoord op wil hebben zijn:

- Welke bronnen van nutriënten in het beheergebied van het Hollands Noorderkwartier dragen significant bij aan de belasting van het oppervlaktewater?
- Welk deel van deze bronnen kan worden toegeschreven aan (antropogene) beïnvloedbare bronnen en welk deel kan toegeschreven worden aan de gebiedseigen achtergrondbelasting (niet of nauwelijks beïnvloedbare bronnen) binnen het beheergebied van het Hollands Noorderkwartier?
- Wat zijn gegeven het aandeel van deze bronnen de theoretische achtergrondconcentraties van stikstof en fosfor voor de waterlichamen in het beheergebied van het hoogheemraadschap?

Hierbij moet vooraf duidelijk worden gesteld wat precies de definitie is van de theoretische 'achtergrondconcentratie'. De definitie van de theoretische achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater is:

De verwachte concentraties stikstof en fosfor in het oppervlaktewater op relatief korte termijn indien de (gemakkelijk) beïnvloedbare bronnen (bemesting, rwzi's etc.) uitgeschakeld zijn waardoor er alleen nog sprake is van niet of moeilijk beïnvloedbare bronnen (kwel, bodemsysteem etc.).

Methodiek

Voor het beantwoorden van deze kennisvragen is door Alterra een methodiek ontwikkeld die is toegepast voor de Wieringermeer. Deze methodiek bestaat uit de volgende onderdelen:

- Opstellen water- en nutriëntenbalans op basis van meetgegevens (neerslag, verdamping, waterinlaat, waterafvoer en nutriëntenconcentraties), EmissieRegistratie (rwzi's, industriële lozingen), modelresultaten (uit- en afspoeling), eerdere onderzoeken (kwel en gasbronnen) en lokale informatie.
- Berekening van de uit- en afspoeling van landbouw- en natuurgronden met het landelijke modelinstrumentarium STONE waarbij verschillende fases worden onderscheiden:
 - Fase 1: berekenen uit- en afspoeling conform de Ex-Ante evaluatie landbouw en KRW, waarbij aangesloten is bij de huidige aanpak voor de evaluatie van het mestbeleid.
 - Fase 2: ruimtelijke herschikking van de STONE-plots op basis van regionale kenmerken (grondsoort, landgebruik) van het studiegebied.

- Fase 3: regionalisatie van de modelinvoer van de kwelflux en kwelconcentraties op basis van de opgestelde waterbalans en op basis van gedane regionale onderzoeken. Fase 3 kan worden opgedeeld in twee deelfases:
 - Fase 3a
De nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater wordt berekend volgens fase 2. De correctie voor de kwelbijdrage wordt 'achteraf' uitgevoerd op basis van een eenvoudige balansmethode.
 - Fase 3b
De kwelflux en kwelconcentraties worden op voorhand aangepast waarna de berekeningen opnieuw worden ingezet. Bij het aanpassen van de kwelflux geldt als voorwaarde dat de hydrologische omstandigheden (Gt-klasse, GHG) minimaal worden beïnvloed.
- Om een keuze te kunnen maken uit de resultaten van de verschillende fases voor de uit- en afspoeling waaruit de theoretische achtergrondbelasting bepaald kan worden is de betrouwbaarheid van de (model)-resultaten in beeld gebracht. Hierbij is aangesloten bij de methodiek die is gehanteerd in de ex ante evaluatie landbouw en KRW.
- Afleiden van de relatieve bijdrage van de niet of nauwelijks te beïnvloeden deelbronnen in de totale nutriëntenbelasting, te weten kwel, atmosferische depositie (op het land) en mobilisatie van nutriënten uit het ondiepe bodemcomplex.
- Afleiden van de theoretische achtergrondbelasting in waterlichamen op basis van de relatieve bijdrage van niet of nauwelijks beïnvloedbare bronnen en gemeten nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater.

Resultaten en conclusies

Algemene conclusies

- Het onderzoek geeft een transparant inzicht in de verschillende bronnen van water en nutriënten in de Wieringermeer en het aandeel van deze bronnen in de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater.
- De opgestelde water- en stoffenbalans komt in orde van grootte goed overeen met de gemeten uitgaande vrachten, rekening houdend met globale aannames voor retentie in het oppervlaktewater.
- De uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden is verreweg de belangrijkste bron van nutriënten in de Wieringermeer (> 90%). De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor is de resultante van de bronnen, atmosferische depositie (op het land), bemestingsoverschot, verandering in de bodemvoorraad en kwel. Voor het bepalen van de theoretische achtergrondconcentraties zijn deze bronnen verder opgesplitst.
- De toegepaste methodiek is geschikt om voor stroomgebieden op verschillende schaalniveaus de theoretische achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor te bepalen.

Waterbalans

In tabel A staat de waterbalans weergegeven voor de periode 2007 -2009.

Tabel A

Waterbalans voor de periode 2007-2009 voor de Wieringermeer.

	Inkomende termen				Uitgaande Termen		
	Neerslag	Onttrekking	Lozing	Inlaat	Kwel	Verdamping	Uitlaat
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2007-2009	826	18,9	4,9	34,5	450	506	829

De belangrijkste conclusies voor de waterbalans zijn:

- Naast de neerslag is de inlaat vanuit het IJsselmeer/Amstelmeerboezem en kwel een belangrijke term voor de Wieringermeer. De bijdrage van de onttrekkingen en lozingen (waaronder rwzi's) is beperkt.
- De balansposten neerslag, verdamping en de uitlaat via gemalen kunnen goed worden geschat. De hoeveelheid water die via de boezem, hevels en schutsluizen wordt ingelaten is niet nauwkeurig bekend. Door het hoogheemraadschap zijn de inlaathoeveelheden geschat.
- Op basis van de opgestelde waterbalans volgt een gemiddelde kwel van 450 mm per jaar voor de gehele Wieringermeer.

Nutriëntenbalans

In tabel B is de nutriëntenbalans voor de periode 2003-2006 weergegeven.

Tabel B

Stikstof- en fosforbalans voor de periode 2003-2006 voor de Wieringermeer.

Balansterm	Stikstof	Fosfor
	ton/jr.	ton/jr.
Uit- en afspoeling landelijk gebied	1156	103
Landbouw overig	20	1,6
Rwzi	6,3	2,5
Industrie	0,0	0,0
Gasbronnen	16	3,7
Atmosferische depositie	13	0,0
Overige bronnen	5,4	0,5
Inlaat *	17	1,9
Totaal in	1234	113
Totaal uit	798	72
Balansverschil absoluut	436	41
Balansverschil relatief	35%	36%

- De uit- en afspoeling van het landelijk gebied levert de grootste bijdrage aan de stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater. De bijdrage van de overige bronnen is beperkt.
- Het positieve balansverschil van 35% (stikstof) en 36% (fosfor) kan voor een deel verklaard worden met retentie. De retentie is in overeenstemming met retentiewaarden die in eerdere studies van De Klein en Kronvang zijn genoemd.

Uit en afspoeling landelijk gebied

Voor het juist inschatten van de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater zijn verschillende fases onderscheiden. Per fase is de uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater berekend, is een totale nutriëntenbalans opgesteld en is het relatieve balansverschil bepaald. In tabel C is een overzicht gegeven van de berekende uit- en afspoeling voor de verschillende fases, het relatieve balansverschil 'en de correctiefactor (berekende nutriëntenvracht / gemeten nutriëntenvracht) als maat voor de 'betrouwbaarheid' van de (model)resultaten.

Tabel C

Berekende uit- en afspoeling (ton/jaar) voor de Wieringermeer, relatieve balansverschil (%) voor de nutriëntenbalans en de correctiefactor tussen gemeten en berekende stikstof- en fosforconcentraties.

Fase	Stikstof			Fosfor		
	Vracht	Balansverschil	Correctiefactor	Vracht	Balansverschil	Correctiefactor
	ton/jaar	%	-	ton/jaar	%	
Fase 1	623	-14	0,75	117	44	1,29
Fase 2	644	-11	0,73	136	51	1,39
Fase 3a	805	10	-	106	38	-
Fase 3b	1156	35	0,93	103	36	0,83

Stikstof

In fase 1 wordt een negatief balansverschil van 14% voor de stikstofbalans berekend dat erop kan duiden dat er nalevering van nutriënten optreedt of dat bepaalde balanst termen worden onderschat of zelfs ontbreken. Op basis van de correctiefactor blijkt dat de berekende stikstofvracht inderdaad wordt onderschat (correctiefactor < 1,0). Het ruimtelijk herschikken van de STONE-plots (fase 2) heeft een beperkt effect op het balansverschil (-11%) en de correctiefactor (0,75).

Op basis van de waterbalans blijkt dat de kwelflux in de (landelijke) STONE-schematisering wordt onderschat en dat de stikstofconcentraties van grondwatermetingen uit de studie van TNO beduidend hoger zijn.

Het corrigeren voor de kwelflux en kwelconcentratie resulteert in een forse toename van de uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater voor fase 3a en voor fase 3b. Voor beide fases wordt nu een positief balansverschil berekend van resp. 10% en 35% dat voor een deel verklaard kan worden door retentie in het oppervlaktewater. De aanpassingen resulteren ook in een betere 'match' tussen de gemeten en berekende stikstofvracht (0,93).

Fosfor

Het relatieve balansverschil voor de fosforbalans is voor alle fases positief, voor fase 2 zelfs 51%. Uit de correctiefactoren blijkt dat de berekende fosforvracht voor fase 1 en fase 2 worden overschat (correctiefactor 1,29 en 1,39). Uit de vergelijking van de grondwatermetingen voor de Wieringermeer in de studie van TNO en de opgelegde kwelconcentraties blijkt dat deze een factor 3 te hoog is. In fase 3a en fase 3b wordt hiervoor gecorrigeerd (evenals het verschil voor de kwelflux). De fosforvracht naar het oppervlaktewater neemt hierdoor fors af (ongeveer 30 ton). De fosforvracht worden in fase 3b nu licht onderschat.

Theoretische achtergrondconcentratie

De nutriëntenbalans is vervolgens gebruikt voor het bepalen van de theoretische achtergrondconcentratie van het oppervlaktewater. De nutriëntenbelasting via uit- en afspoeling dient hierbij opgesplitst te worden waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen de bijdragen van het bemestingsoverschot, atmosferische depositie, kwel en het bodemcomplex. In tabel D zijn de bijdrage van de verschillende bronnen aan de nutriëntenbelasting weergegeven.

Tabel D

Relatieve bijdrage van de verschillende nutriëntenbronnen, uitgesplitst naar (makkelijk) beïnvloedbaar en niet of nauwelijks beïnvloedbaar.

Categorie	Bron	Stikstof	Fosfor
(Makkelijk) beïnvloedbaar (Korte termijn-effect)	Landbouw	14,6	9,4
	Industrie	0,0	0,0
	Rwzi's	0,5	2,2
	Gasbronnen	1,3	3,2
	Inlaat	1,4	1,7
	Overig	0,4	0,4
	Totaal	19	17
Niet of nauwelijks beïnvloedbaar (Lange termijn-effect)	Kwel	8,0	6,1
	Bodemcomplex	69	77
	Atmosferische depositie	4,1	-
	Totaal	81	83

In tabel E is de gemiddelde gemeten N- en P-concentratie nabij de uitstroompunten van de Wieringermeer over de periode 2003-2006, de GEP-waarden (mg/l) van de waterlichamen, aandeel achtergrondbelasting (%) en de 'theoretische' achtergrondconcentratie weergegeven.

Tabel E

Gemiddelde gemeten N- en P-concentratie nabij de uitstroompunten van de Wieringermeer over de periode 2003-2006, de GEP-waarden (mg/l) van de waterlichamen, aandeel achtergrondbelasting (%) en de 'theoretische' achtergrondconcentratie.

Wieringermeer	Stikstof	Fosfor
Gemiddelde concentratie in het oppervlaktewater (mg/l)	4,16	0,49
GEP-waarden		
Wieringermeer-West+	1,8	≤ 0,22
Wieringermeer Oost	≤ 2,9	≤ 0,22
Aandeel achtergrondbelasting (%)	81	83
Theoretische achtergrondconcentratie (mg/l)	3,37	0,41

De achtergrondconcentraties in de tabel zouden beschouwd kunnen worden als de concentraties in het oppervlaktewater na verwijdering van alle beïnvloedbare bronnen. In termen van de KRW kan dit dan worden beschouwd als het MEP (Maximaal Ecologisch Potentieel).

De huidige GEP-waarden voor de waterlichamen in de Wieringermeer zijn vastgesteld op 1,8 en ≤ 2,9 mg/l N (Wieringermeer West+ en Oost) en ≤ 0,22 mg/l P. De achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater zijn fors hoger, waardoor het moeilijk wordt, zo niet onmogelijk is om aan de huidige GEP-waarden te voldoen.

Aanbevelingen

- Voor het opstellen van een sluitende waterbalans is het van belang dat de ingelaten hoeveelheden door hevels, inlaatpunten en schutverliezen bekend zijn omdat hiermee de kwel en daarmee de achtergrondbelasting beter kan worden geschat. Het verdient dus de aanbeveling dat deze hoeveelheden in de toekomst nauwkeuriger worden bepaald.
- Met de toegepaste methodiek is het mogelijk om een beeld te krijgen van de achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater voor de Wieringermeer. De methodiek kan ook worden toegepast voor andere gebieden binnen het beheergebied van het hoogheemraadschap. Voorwaarde is dat er een (min of meer) sluitende waterbalans kan worden opgesteld, en dat er metingen over de stikstof- en fosforconcentraties beschikbaar zijn.
- De studie laat zien dat het mogelijk is, maar ook nuttig is om STONE voor regionaal gebruik te verbeteren, waardoor beter inzicht wordt verkregen in de water- en stoffenbalans van stroomgebieden op grotere schaal.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Kaderrichtlijn Water (KRW) is een Europese richtlijn ter verbetering van de waterkwaliteit en -kwantiteit. De minimale eisen van de KRW kunnen kernachtig worden samengevat als: geen achteruitgang en geen afwenteling. De KRW schrijft een stapsgewijze aanpak voor:

- Beschrijven van de huidige toestand.
- Bepalen doelen.
- Toetsen van de huidige toestand aan deze doelen (MEP, GEP en beleidsdoelen).
- Opstellen van maatregelen om de doelen te bereiken.
- Uitvoeren van maatregelen en toetsen aan de doelen.
- Beschrijven in hoeverre de doelstellingen gehaald zijn.

Een belangrijk verbeterpunt voor de waterkwaliteit zijn de nutriëntenconcentraties. De waterbeheerders wijzen hiervoor waterlichamen aan, kennen watertypes toe aan deze waterlichamen en kennen nutriëntenormen toe. Voor een Goede Ecologische Toestand (GET) is het van belang dat de nutriëntenconcentraties aan de gestelde doelstellingen voldoen, het Maximaal Ecologisch Potentieel (MEP) en het Goede Ecologisch Potentieel (GEP). Het MEP is het hoogst haalbare, de 'referentie' voor deze wateren. De GEP is daarvan afgeleid en is de norm waar de waterbeheerders naar toewerken.

De ecologische doelstellingen worden door de waterbeheerders zelf vastgelegd. Het is van belang dat de bijbehorende nutriëntenormen goed onderbouwd zijn. Daartoe wordt door en voor het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier onderzoek uitgevoerd, ook dit onderzoek naar de achtergrondconcentratie past daarbinnen.

In 2006 is in opdracht Rijkswaterstaat door Alterra, onderdeel van Wageningen UR, een studie uitgevoerd, waarin de mogelijke effecten van hydromorfologische ingrepen op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater in drie deelgebieden zijn gekwantificeerd (De Klein, 2007). Voor deze gebieden is een water- en stoffenbalans opgesteld, waaruit blijkt dat de uit- en afspoeling de grootste bijdrage levert aan de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater. Vervolgens is van de uit- en afspoeling het aandeel van de diverse aanvoerroutes bepaald, bemesting(overschot), atmosferische depositie, kwel en mineralisatie/uitloging van de bodem. De verschillende deelvrachten zijn onderverdeeld naar 'achtergrondbelasting' (natuurlijk en ten gevolg van ingrepen) en 'antropogene' belasting. Het relatieve aandeel van de 'achtergrondbelasting' is gebruikt om de theoretische 'achtergrondconcentratie' te bepalen, wanneer alle antropogene bronnen tot nul zijn gereduceerd.

1.2 Probleemstelling

Uit het evaluatierapport van het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (Van Dam, 2009) blijkt dat de stikstof- en fosforconcentratie in het oppervlaktewater in het beheergebied van het hoogheemraadschap (zeer) hoog zijn. 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 MEP/GEP-waarden enerzijds en het juist schatten van de effectiviteit van maatregelen anderzijds, is het van belang te bepalen welk deel van de

nutriëntenbelasting afkomstig is van antropogene (beïnvloedbare) bronnen en welk deel gezien moet worden als een gebiedseigen (nauwelijks beïnvloedbare) achtergrondbelasting.

Op basis van de verkregen inzichten kan het vaststellen van de MEP/GEP-waarden beter onderbouwd worden. Ook draagt het projectresultaat bij aan het selecteren van maatregelen en het schatten van de effectiviteit van deze maatregelen.

1.3 Projectdoelstelling

Het doel van dit project is om inzicht te krijgen in de verschillende bronnen en de grootte (kwantitatief en kwalitatief) van de nutriëntenbelasting om vervolgens te bepalen welk deel van deze nutriëntenbelasting afkomstig is van beïnvloedbare bronnen (voornamelijk antropogene bronnen) en welk deel toegeschreven kan worden aan gebiedseigen achtergrondbelasting binnen het beheergebied van Hollands Noorderkwartier, met andere woorden de niet of nauwelijks beïnvloedbare bronnen.

Na afronding van dit project beschikt de opdrachtgever over inzicht in de verschillende bronnen alsmede hun bijdragen aan de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in de Wieringermeer. Op basis van de verkregen inzichten kunnen de doelstellingen (MEP/GEP) zoals deze voor de waterlichamen worden opgesteld, mede onderbouwd worden.

Voor het bepalen van de theoretische achtergrondbelasting is een methodiek ontwikkeld en in dit onderzoek toegepast voor de Wieringermeer.

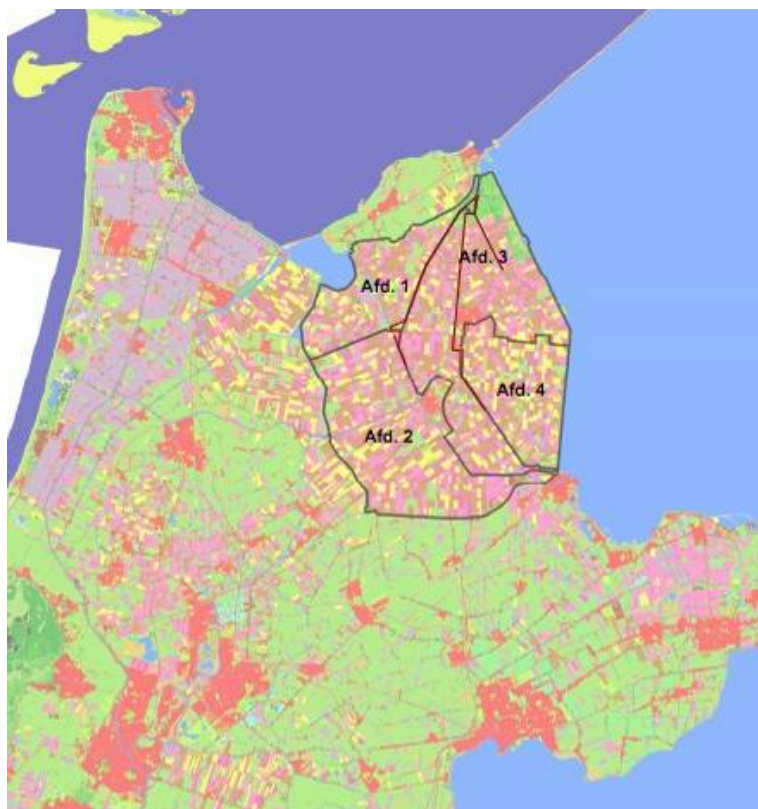
1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van het studiegebied (Wieringermeer), waarna in hoofdstuk 3 de verschillende onderdelen van de toegepaste methodiek worden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten per onderdeel besproken en wordt de theoretische achtergrondconcentraties voor de waterlichamen in de Wieringermeer bepaald. De discussie en conclusies met aanbevelingen worden respectievelijk in hoofdstuk 5 en 6 beschreven.

2 Studiegebied

Laag-Nederland kenmerkt zich door de vele polders, beneden zeeniveau, die door middel van continue bemaling gereguleerd worden. Het waterbeheer is over het algemeen gericht op het handhaven van een vast peil. Hierdoor wordt het overtollige water via de gemalen uitgeslagen (meestal in de winter) en wordt water ingelaten vanuit een boezemsysteem (vaak in de zomer). In Noord-Holland liggen veel 'oude' polders relatief hoog, dit zijn grotendeels veenweidegebieden. Daaromheen liggen de diepere droogmakerijen, zoals de Wieringermeer. De diepe droogmakerijen zijn daarom vaak kwelgebieden, in de veenweidegebieden vindt veelal wegzijging plaats. De kwel in de droogmakerijen kan soms leiden tot een aanzienlijk verhoogde nutriëntenbelasting.

In overleg met het hoogheemraadschap is de Wieringermeer als pilotgebied gekozen. De Wieringermeer is ontstaan door inpoldering van een deel van de Zuiderzee. Deze polder, gelegen in Laag-Nederland, is relatief jong en viel in 1930 droog. De Wieringermeer kan worden onderverdeeld in vier afdelingen met een verschillend polderpeil (figuur 1 en tabel 1).



Figuur 1
Afdelingen in de Wieringermeer.

Tabel 1*Oppervlak en polderpeil van de vier afdelingen in de Wieringermeer 2010.*

	Oppervlak ha	Polderpeil - NAP
Afdeling 1	3154	-4,60
Afdeling 2	6502	-5,40
Afdeling 3	6908	-6,10
Afdeling 4	3279	-6,60
Totaal	19844	-

Landgebruik

In tabel 2 is het landgebruik van de Wieringermeer in procenten weergegeven op basis van LGN3plus en LGN5. LGN3plus is voor de Wieringermeer gebaseerd op satellietbeelden uit 1995, LGN5 is gebaseerd op satellietbeelden uit 2004.

Tabel 2*Landgebruik in de Wieringermeer volgens LGN3plus en LGN5.*

Cluster	Landgebruik	Areaal			
		LGN3plus		LGN5	
		ha	%	ha	%
Landbouw	Akkerbouw	16.168,75	81,5	15.168,75	76,6
	Gras	1.125,00	5,7	1.650,00	8,3
	Mais	112,50	0,6	443,75	2,2
Natuur		625,00	3,2	662,50	3,4
Water		350,00	1,8	350,00	1,8
Overig		1425,00	7,2	1.531,25	7,6
Totaal		19.806,25	100,0	19.806,25	100,0

Uit tabel 2 blijkt dat het areaal akkerbouw tussen 1995 en 2004 met ongeveer 5% is verminderd. Het areaal grasland en maïs is in diezelfde periode juist toegenomen. Het areaal natuur en overig is licht toegenomen.

De Wieringermeer bestaat op basis van LGN5 voor 87,1% uit landbouw, waarvan het grootste gedeelte (76,6%) uit akkerbouwgewassen bestaat (aardappelen, bieten). Het areaal natuur (o.a. loofbos) is 'slechts' 3,4%, iets minder dan 2% is zoet water. Het overige deel (7,6%) bestaat uit bebouwd gebied, hoofdwegen, gras in bebouwd gebied, etc.

Grondsoort

Naast het landgebruik is ook de verdeling in grondsoort/bodemtypen relevant voor het studiegebied. Het bodemtype is verkregen uit de vertaling van de bodemkaart 1:50.000 (Bodemkaart 2006). De bodemkaart 2006 is vertaald naar 21 zogenaamde PAWN-bodemseenheden. Binnen de Wieringermeer komen 12 PAWN-bodemseenheden voor die kunnen worden onderverdeeld naar grondsoort en overig (tabel 3).

Tabel 3

Verdeling bodemtypen/grondsoort voor de Wieringermeer op basis van de STONE-schematisering.

Cluster	PAWN-eenheden	Areaal	
		ha	%
Klei- en zavelgronden	15, 16, 18 en 19	17.281,25	87,20
Zandgronden	7 en 9	1.812,50	9,10
Veengronden	2, 4, 5 en 6	156,25	0,80
Water + verhard	22 + 23	556,25	2,80
Totaal		19.806,25	100,00

Ruim 87% van de Wieringermeer bestaat uit klei- en zavelgronden, verdeeld over vier verschillende PAWN-eenheden. 9,1% bestaat uit zand, slechts 0,8% zijn veenbodems.

Grondwatertrap (Gt-klasse)

De verdeling van de Gt-klasse in de Wieringermeer kan worden verkregen waarbij de Bodemkaart 2006 als uitgangspunt is genomen. In tabel 4 zijn de Gt-klassen en bijbehorend areaal weergegeven.

Tabel 4

Grondwatertrap (Gt) in de Wieringermeer volgens Bodemkaart 2006.

Gt-klasse	Grondwaterstand		Areaal	
	GHG cm-mv	GLG cm-mv	ha	%
Water + verhard	-	-	556,25	2,81
II	-	50-80	18,75	0,09
II*	25-40	50-80	37,50	0,19
III	< 40	80-120	37,50	0,19
III*	25-40	80-120	431,25	2,18
IV	40-80	80-120	6.300,00	31,81
VI	40-80	> 120	11.687,50	59,01
VII	80-120	> 120	737,50	3,72
Totaal	19.806,25	19.806,25	100,00	100,00

De Wieringermeer bestaat voor het grootste gedeelte uit droge gronden. Bijna 60% heeft Gt-klasse VI met een GHG tussen 40-80cm-mv en een GLG dieper dan 120cm-mv, ruim 30% heeft een Gt-klasse IV met een GHG tussen 40-80cm-mv en een GLG tussen 80-120cm-mv. Natte gronden komen bijna niet voor.

Waterlichamen

In de Wieringermeer worden voor de doelstellingen van de KRW twee waterlichamen onderscheiden: Waterdelen Wieringermeer-Oost + en Waterdelen Wieringermeer-West + (Stroomgebiedbeheerplan Rijndelta). In tabel 5 is een aantal kenmerken van de waterlichamen weergegeven.

Tabel 5*Waterlichamen en bijbehorende kenmerken in de Wieringermeer.*

Waterlichaam	Code	Status	Categorie	Type	Fysische- en chemische kwaliteitselementen	
					Totaal N (mg/l)	Totaal P mg/l
Wieringermeer-Oost +	NL12_520	K	Meren	M31	≤ 2,9	≤ 0,22
Wieringermeer-West +	NL12_510	K	Meren	M30	1,8	≤ 0,22

3 Methodiek

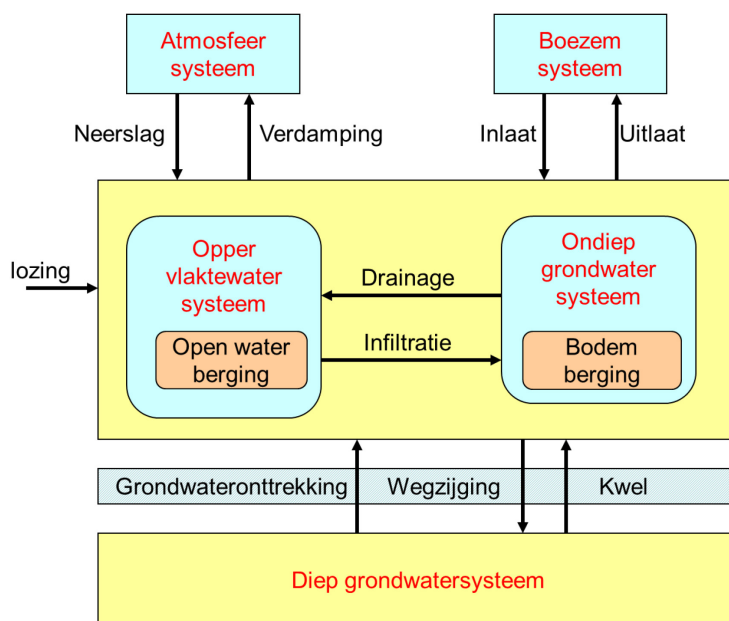
Voor het beantwoorden van de kennisvragen van het hoogheemraadschap is een methodiek ontwikkeld die gebaseerd is op het onderzoek van de Klein et al. (2007) en is toegepast voor de Wieringermeer.

De methodiek bestaat uit de volgende onderdelen:

- Opstellen water- en nutriëntenbalans (paragraaf 3.1 en 3.2).
- Berekenen van de nutriëntenbelasting via uit- en afspoeling van het landelijk gebied waarbij rekening wordt gehouden met regionale kenmerken van het gebied (paragraaf 3.3).
- Inzicht verkrijgen in de betrouwbaarheid van de rekenresultaten (paragraaf 3.4).
- Bepalen van de theoretische achtergrondconcentratie in het oppervlaktewater (paragraaf 3.5).

3.1 Waterbalans

De waterbalans van een poldergebied bestaat uit verschillende balanstermen. Deze termen zijn in onderstaand schema weergegeven (figuur 2).



Figuur 2

Schema waterbalans van een poldergebied.

Om de waterbalans van de Wieringermeer op te kunnen stellen dienen de meeste waterbalanstermen bekend te zijn. De waterbalans ziet er als volgt uit:

Inkomende termen = Uitgaande termen + Bergingsveranderingen in grond- en oppervlaktewater

Door de afzonderlijke termen uit te schrijven ziet de balans er als volgt uit:

$$\text{Neerslag (N)} + \text{Inlaat (I)} + \text{Wateronttrekking (O)} + \text{Kwel (K)} + \text{Lozing (L)} = \text{Verdamping (V)} + \text{Uitlaat (U)} + \text{Wegzijging (W)} + \text{Bergingsveranderingen (\Delta B)}$$

We kunnen de balans ook in formulevorm weergeven:

$$N + I + O + K + L = V + U + W + \Delta B$$

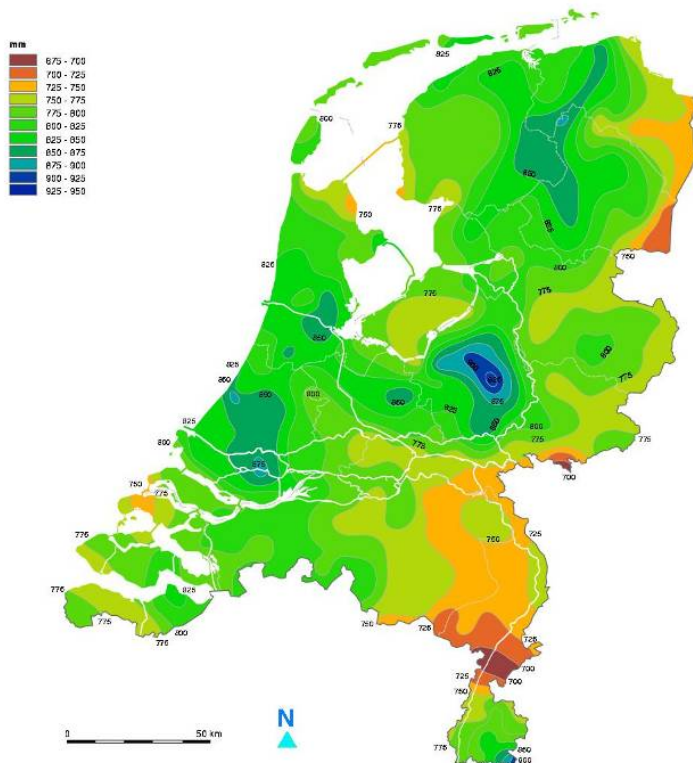
Een moeilijk vast te stellen onderdeel in de waterbalans zijn de zogenaamde bergingsveranderingen in grond- en oppervlaktewater. Door de waterbalans op te stellen voor een periode van een hydrologisch jaar, de periode van 1 april tot 1 april, zijn de bergingsverschillen klein. Kwel en wegzijging kunnen als een netto term nK worden meegenomen. De Wieringermeer is een droogmakerij omgeven door gebieden met hogere peilen, bovendien is er sprake van een hoge deklaagweerstand. Hierdoor is er alleen sprake van kwel en niet van wegzijging. De waterbalans kan verder vereenvoudigd worden tot:

$$N + I + O + nK + L = V + U$$

De afzonderlijke termen worden achtereenvolgens besproken.

Neerslag (N)

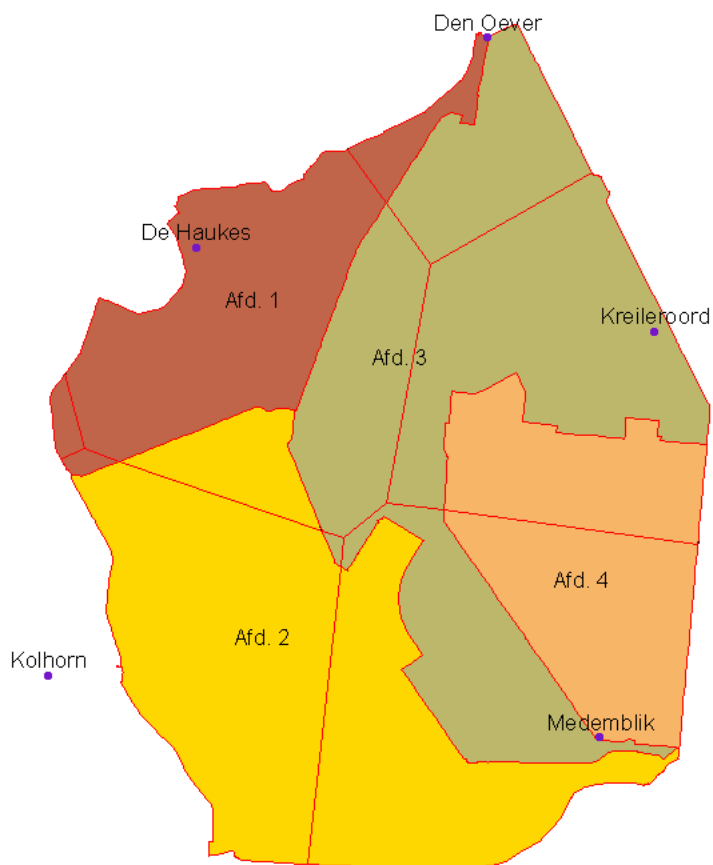
In de klimaatatlas van Nederland (Heijboer en Nellestijn, 2002) is een landelijke kaart voor de gemiddelde langjarige jaarlijkse neerslag weergegeven (figuur 3). Uit deze kaart blijkt dat de Wieringermeer in vergelijking met het overige deel van Noord-Holland relatief droog is.



Figuur 3

Veeljarig gemiddelde jaarlijkse neerslag (Bron Heijboer en Nellestijn, 2002).

Bij de keuze van representatieve neerslagstations dient rekening te worden gehouden met deze ruimtelijke variabiliteit. Om hiermee rekening te houden zijn zowel de in- als de omliggende neerslagstations geïnventariseerd. Vervolgens is met de Thiessen-methode het representatieve oppervlak per neerslagstation bepaald voor zover het neerslagstation betrekking heeft op de Wieringermeer (figuur 4).



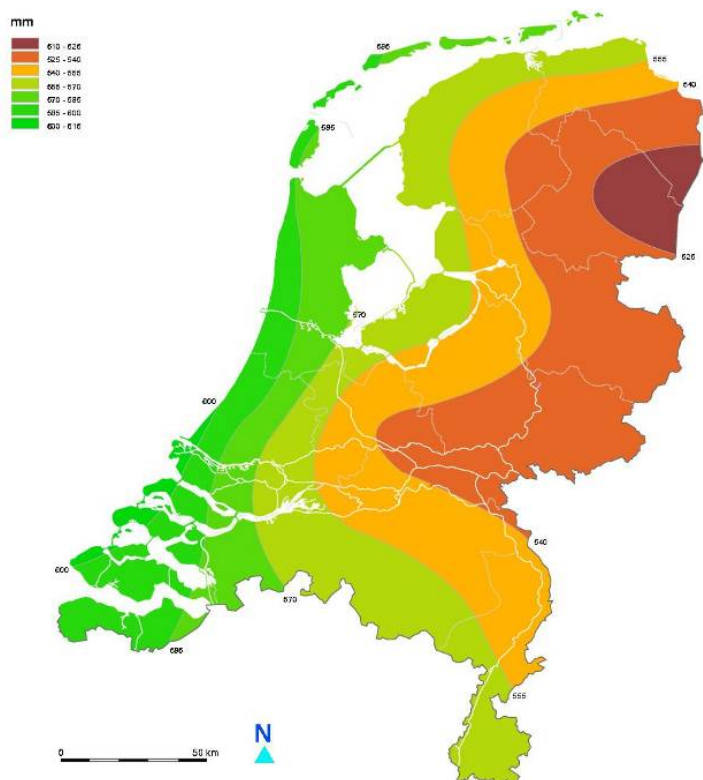
Figuur 4

Ligging neerslagstations in- en om de Wieringermeer met bijbehorend invloedsoppervlak in ha.

Vervolgens is op basis van de gemeten neerslag en de relatieve bijdrage van de neerslagstations de neerslag voor de Wieringermeer bepaald. In bijlage 1 zijn de verschillende tussenstappen nader toegelicht.

Verdamping (V)

De referentie-gewasverdamping wordt op veel minder locaties gemeten dan de neerslag. In figuur 5 is gemiddelde jaarlijkse verdamping over de periode 1970-2000 weergegeven. De verdamping is het hoogst langs de kust en neemt af in oostelijke richting. In de omgeving van de Wieringermeer zijn twee meetlocaties beschikbaar, De Kooij en Berkhout.



Figuur 5

Veeljarig gemiddelde jaarlijkse referentiegewasverdamping (Bron Heijboer en Nellestijn, 2002).

Dat De Kooij sterker onder invloed staat van de Noordzee (kusteffect) blijkt uit de hogere verdampingswaarde dan voor Berkhout (bijlage 2). Vanwege het kusteffect is ervoor gekozen om gebruik te maken van één verdampingsstation, namelijk Berkhout.

De referentiegewasverdamping is de verdamping voor kort gras. In de Wieringermeer komt maar weinig gras voor (tabel 2), het grootste gedeelte is akkerbouw. Om de verdamping zo goed mogelijk te benaderen is rekening gehouden met het landgebruik. Voor de gehele Wieringermeer maar ook voor de onderscheiden deelgebieden is het areaal van de verschillende landgebruikvormen bepaald volgens LGN5.

Vervolgens zijn deze geclusterd tot een beperkt aantal groepen. Per onderscheiden landgebruiksgroep zijn gewasfactoren verzameld (Cultuurtechnisch Vademecum). Voor gewassen die slechts een deel van het jaar op het land staan is aangenomen dat de grond buiten het groeiseizoen als kale grond kan worden beschouwd. Verder is natuur als gras beschouwd en voor stedelijk gebied is aangehouden dat dit voor 50% is bebouwd en voor 50% uit gras bestaat. In bijlage 2 zijn de verschillende tussenresultaten weergegeven.

Inlaat (I)

Inlaat vindt plaats voor peilhandhaving, zodat kan worden berekend uit het oppervlaktewater, en voor doorspoeling voor verziltingbestrijding. Verder komt er water de polder binnen via schutsluizen.

Er zijn twee wateraanvoerbronnen:

- IJsselmeer.
- Amstelmeerboezem-Waard-Groetkanaal.

Hevels

Voorals langs het IJsselmeer liggen verschillende hevels, waarmee water over de IJsselmeerdijk kan worden ingelaten in het gebied (foto 1). Ook op andere locaties langs de rand van de Wieringermeer liggen nog enkele hevels, deze hevels worden niet bemeten. Het aantal hevels wordt door gebiedsexperts (persoonlijke mededeling Peter Schuit, werkzaam bij HHNK) geschat op ongeveer 40, waarvan slechts een deel in werking is.



Foto 1

Locatie met meerdere hevels over de IJsselmeerdijk van de Wieringermeer.

De hoeveelheid water die via hevels wordt ingelaten is vrij onzeker, de capaciteit wordt niet gemeten, het aantal is onbekend evenals de periode waarin de hevel wordt gebruikt.

Voor het schatten van de hoeveelheid water die via hevels aan het IJsselmeer wordt onttrokken zijn meerdere bronnen en methoden beschikbaar:

- Er is vergunning om 1 miljoen m³ per jaar via hevels aan het IJsselmeer te onttrekken. Het vermoeden is dat in werkelijkheid veel meer water wordt ingelaten, volgens bureau Acacia variëren de ingelaten hoeveelheden tussen 1,5 en 6 miljoen m³ per jaar. Het waterschap noemt 4,5 miljoen m³ per jaar, voor de gehele Wieringermeer is dit dan 22,7 mm per jaar.
- De inlaat via hevels kan berekend worden op basis van formules.
- De inlaat kan worden berekend op basis van de droogtegraad waarbij een range van 1,5 en 6 miljoen m³ wordt aangehouden.

In bijlage 3 zijn de verschillende methoden verder uitgeschreven. Voor het schatten van de inlaat via hevels is uiteindelijk gebruik gemaakt van gegevens die door het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier zijn aangeleverd.

Inlaatpunten

Naast hevels zijn er enkele inlaatpunten vanuit Amstelmeerboezem-Waard-Groetkanaal:

- Waard-Groetkanaal ten noorden van de Nieuwe Sluizerbrug.
- Inlaat Ulkersluis.
- Inlaat Wieringerrandweg (foto 2).



Foto 2

Inlaatpunt Wieringerrandweg.

In bijlage 4 zijn de inlaatgegevens (maandcijfers) van de drie locaties voor de periode augustus 2006 t/m juli 2010 weergegeven.

Schutverliezen

Naast reguliere inlaatpunten komt er door schuttingen van schepen via schutsluizen water in de Wieringermeer. Deze schutsluizen zijn:

- Haukesluis;
- Stontelersluis;
- Overlekersluis;
- Westfriesesluis.

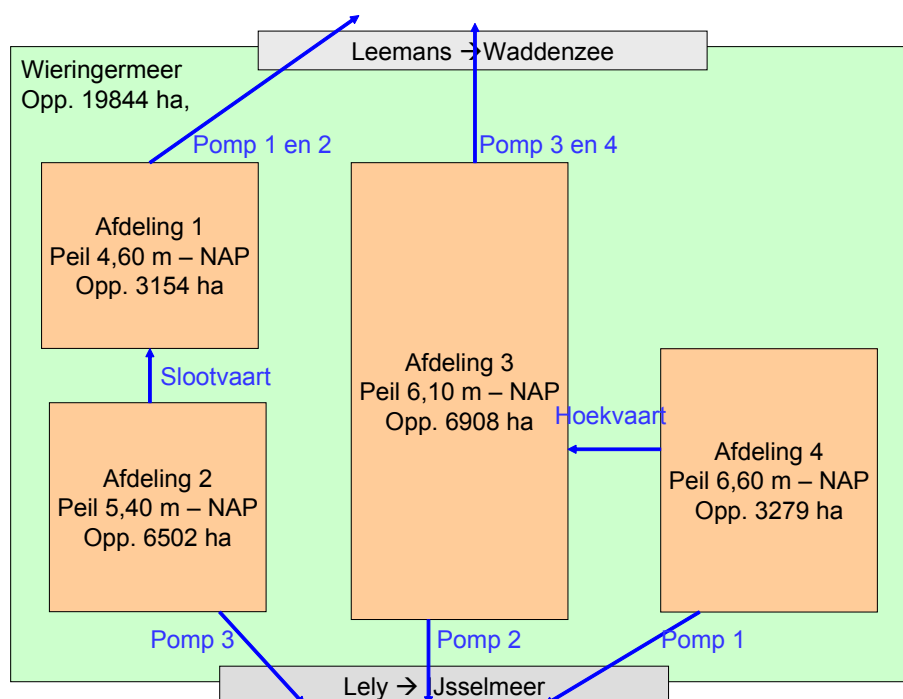
Voor het bepalen van de schutverliezen moet de inhoud van de schutsluizen bekend zijn, evenals het aantal schuttingen (tabel 6).

Tabel 6*Inlaat in de Wieringermeer via schutverliezen.*

Schutsluis	Inhoud m ³	Aantal schuttingen			
		2007	2008	2009	2010
Overlekersluis	635	?	2.276	2.351	2.136
Haukesluis	756	?	1.021	627	284
Stontelersluis	489	?	356	408	286
Westfriesesluis	833	3.187	1.196	3.057	179

Uitlaat (U)

Het afvoersysteem voor de Wieringermeer is schematische weergegeven in figuur 6.

**Figuur 6***Afvoersysteem Wieringermeer.*

Het beleid bij het hoogheemraadschap is er op gericht om het overtollige water zoveel mogelijk via gemaal Leemans uit te malen, op de Waddenzee. De uitmonding van Leemans, die oorspronkelijk uitkwam op het IJsselmeer, is daarvoor zodanig verlegd dat direct wordt uitgeslagen op de Waddenzee. Gemaal Lely wordt alleen in uitzonderingssituaties bijgezet. Binnen de Wieringermeer staan twee hulpgemalen, Slootvaart en Hoekvaart, die water vanuit afdeling 2 resp. 4 oppompen richting afdeling 1 resp. afdeling 3. Het hoogheemraadschap is bezig om de afvoergegevens op te slaan in een database. Recente gegevens zijn opgenomen in deze database.

Voor Wieringermeer zijn door het hoogheemraadschap maandelijkse afvoercijfers beschikbaar gesteld over de periode september 2006 - juni 2010. Naast deze maandelijkse afvoercijfers zijn ook aanvullende dagcijfers voor gemalen Lely en Leemans beschikbaar gesteld over de periode 2003-2009 (Peter Schuit, HHNK). Omdat deze gegevens pas later beschikbaar kwamen zijn allereerst enkele analyses uitgevoerd voor de periode 2006-2010 en is in tweede instantie voor de hydrologische jaren 2003-2009 de balans opgesteld voor de Wieringermeer. De periode 2006-2010 biedt ook de mogelijkheid om iets te zeggen over afdelingen binnen de Wieringermeer, omdat de afvoer via de hulpgemalen Sloodvaart en Hoekvaart slechts voor deze periode beschikbaar zijn. In bijlage 5 is een overzicht gegeven van de gegevens.

Lozingen (L)

Een belangrijke bijdrage aan de nutriëntenbelasting, in mindere mate voor de waterafvoer, kan de bijdrage van rwzi's zijn. In de Wieringermeer ligt één rwzi bij Wieringerwerf (afdeling 3).

Onttrekking (O)

Onder deze post wordt onttrekking van grondwater verstaan, waarbij het water na gebruik wordt geloosd op het polderwater. Bij onttrekking kan worden gedacht aan:

- Landbouwkundige onttrekking van grondwater voor beregening.
- Industriële onttrekking van grondwater.
- Gasbronnen.

In de Regionale studie (1982) worden voor de Wieringermeer 42 zoete en 51 zoute gasbronnen genoemd, die gezamenlijk 3,3 miljoen m³/jaar lozen op het oppervlaktewater, dit komt overeen met 16,6 mm. Hoewel de Chloride-kaarten aangeven dat het grondwater tot een diepte van 35m-NAP relatief zout is, komt er een behoorlijk aantal zoete bronnen voor. Sinds de opname van de gasbronnen is waarschijnlijk een groot aantal bronnen gesaneerd. Dit betekent wel dat door het afsluiten van de gasbron de kwel zal veranderen.

In het ontwerp Bestemmingsplan Uitbreiding Agriport A7 grootschalige glastuinbouw (2009) wordt gemeld dat de Wieringermeer ca. 125 bij het hoogheemraadschap geregistreerde gas- en beregeningsbronnen heeft. Deze bronnen liggen voor het merendeel tot in het tweede watervoerende pakket beneden de eerste scheidende laag. Bij ca. 30 bronnen vindt naast beregening gaswinning plaats. De gemiddelde grondwateronttrekking per bron bedraagt volgens het ontwerp bestemmingsplan 30.000 m³/jaar. Totaal komt dit overeen met 3.750.000 m³/jaar of 18,9 mm/jaar. Omdat niet bekend is hoe de onttrekking verdeeld is over de afdelingen wordt aangenomen dat voor elke afdeling de onttrekking 18,9 mm bedraagt.

Kwel en wegzijging ($nK = K - W$)

Onder kwel wordt verstaan opwaartse stroming van grondwater als gevolg van een hogere diepere potentiaal van het grondwater t.o.v. het polderpeil. Wegzijging is de neerwaartse stroming van grondwater. Omdat de Wieringermeer een polder is, omgeven door water en poldergebieden met hogere peilen dan in de Wieringermeer, treedt er geen wegzijging op. De intensiteit van de kwel wordt bepaald door het stijghoogte verschil tussen de stijghoogte van het grondwater onder de holocene deklaag en het waterpeil in de polder en de weerstand van de deklaag. Zowel de peilverschillen als de weerstand van de deklaag kunnen in de Wieringermeer verschillen van plaats tot plaats en dit kan leiden tot lokale verschillen in kwelintensiteit.

Bij het opstellen van een waterbalans wordt de kwel vaak als restpost beschouwd, dit betekent wel dat de andere balansposten bekend moeten zijn.

Er zijn meerdere studies uitgevoerd naar kwel in de Wieringermeer:

- Regionale studie (1982).
- Studie Van der Gaast/Peerboom (1996).
- Studie van Van Someren (2001).
- Nationaal Hydrologisch instrumentarium (NHI).

In tabel 7 zijn de kwelcijfers in de verschillende studies weergegeven. Voor de achterliggende gegevens wordt naar bijlage 6 verwezen.

Tabel 7

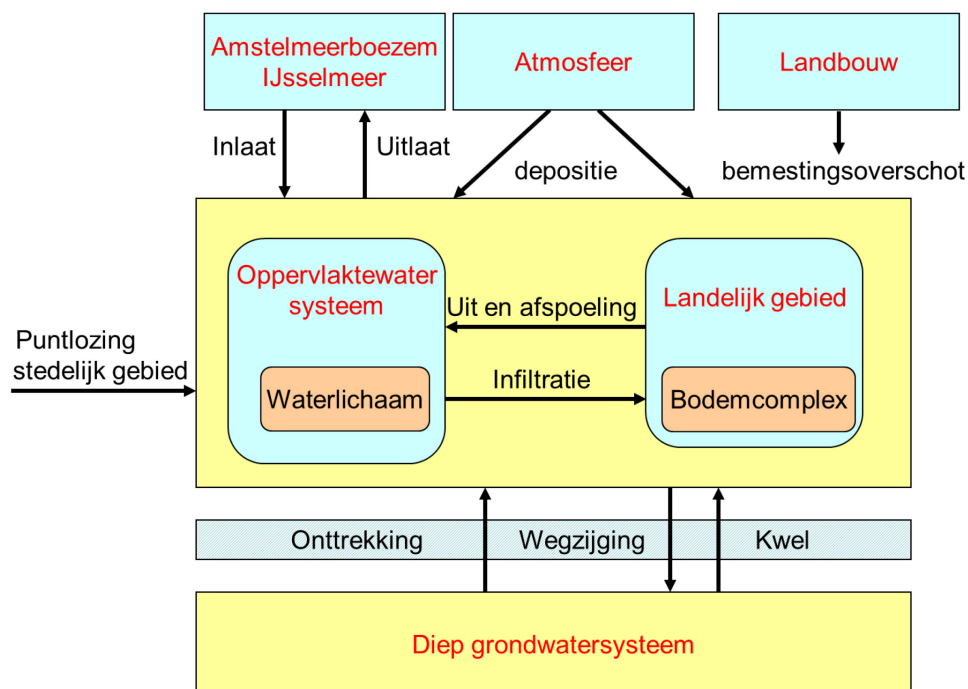
Kwelcijfers voor de Wieringermeer.

Studie	Kwel
Regionale studie, Waterbalans	421,8
Regionale studie, Grondwater	412,6
Van Someren	180/283
Van der Gaast en Peerboom	359,1
NHI	289,8

De studie van Van Someren valt op door de geringe kwelwaarde, hoewel in de begeleidende tekst bij de kaart een waarde van 283 mm wordt genoemd. Het NHI is een landelijk modelonderzoek, terwijl in de regionale studie en in de studie van Van der Gaast en Peerboom specifiek voor de Wieringermeer een waterbalans is opgesteld. Van der Gaast en Peerboom maken nog gebruik van foutvoortplanting en geven aan dat de fout in de kwel als restterm 76,3 mm kan bedragen.

3.2 Nutriëntenbalans

De nutriëntenbalans kan als volgt worden weergegeven (figuur 7).



Figuur 7

Schema van de nutriëntenbalans van een poldergebied.

In de figuur zijn verschillende inkomende en uitgaande termen weergegeven. De term retentie is niet in bovenstaande figuur weergegeven. Retentie staat voor het vastleggen van nutriënten in de waterlopen. Dit kan door tijdelijke en permanente opslag in o.a. waterplanten en in de waterbodem (voornamelijk fosfaat) of door gasvormige ontsnapping (denitrificatie) naar de atmosfeer (alleen stikstof). De term 'puntlozingen stedelijk gebied' is de som van verschillende bronnen, o.a. de bijdrage van rwzi's, industriële lozingen en overige lozingen.

De nutriëntenbalans ziet er als volgt uit:

$$\text{Inkomende termen} = \text{Uitgaande termen} + \text{Retentie}$$

Door de afzonderlijke termen uit te schrijven ziet de balans er als volgt uit:

$$\text{Landelijk gebied (LG)} + \text{Landbouw Overig (LO)} + \text{Rwzi (R)} + \text{Industrie (Ind)} + \text{Onttrekking gasbronnen (G)} + \text{Atmosferische depositie open water (A_o)} + \text{Inlaat (I)} + \text{Overige bronnen (O)} = \text{Uitlaat (U)} + \text{Retentie (Ret)}$$

In formule vorm:

$$LG + LO + R + Ind + G + A_o + I + O = U + Ret$$

De bijdragen van de verschillende balanstermen zijn deels op basis van de waterbalans en kwaliteitsmetingen bepaald en deels op basis van modelberekeningen. De verschillende balanstermen worden hieronder kort beschreven.

Landelijk gebied (LG)

De uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater vanuit het landelijk gebied wordt berekend met het STONE-model (Wolf et al., 2003). STONE (Samen Te Ontwikkelen Nutriënten Emissiemodel) is een model dat erop gericht is om op nationale schaal de effecten van nationaal of Europees landbouw- en milieubeleid en van ontwikkelingen in de landbouwsector op de uitspoeling van stikstof en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater te kwantificeren.

De met STONE berekende belastingen van het oppervlaktewater zijn de resultante van de bronnen atmosferische depositie (op het land), bemestingsoverschot, verandering in de bodemvoorraad en kwel in zowel landbouwgebieden als natuurgebieden.

EmissieRegistratie (LO + R + IND + A_o + O)

De EmissieRegistratie is een database waarin de emissies naar bodem, water en lucht voor veel beleidsrelevante stoffen per emissiebron zijn vastgelegd om (inter)nationale rapportageverplichtingen te kunnen nakomen (2008). De EmissieRegistratie omvat gegevens van puntbronnen (rwzi's, industriële lozingen) en diffuse bronnen (verkeer, landbouw) voor de periode 1990-2007. De bronnen van de EmissieRegistratie zijn voor het opstellen van de nutriëntenbelasting geclusterd tot vijf groepen:

- effluenten van rwzi's (R);
- atmosferische depositie open water (A_o);
- industriële lozingen en overige effluenten puntbronnen (Ind);
- overige landbouwemissies (LO);
- overige emissies (O).

Overige landbouwemissies (LO) zijn o.a. gedacht worden aan glastuinbouw, meemesten sloten en overige landbouwactiviteiten. Bij overige emissie moet gedacht worden aan verkeer en vervoer, huishoudelijk afval etc.

Inlaat + uitlaat (I + U)

Voor het bepalen van de aanvoer van nutriënten is het noodzakelijk om zowel inzicht te hebben in de hoeveelheid water die wordt ingelaten, als in de concentratie van het inlaatwater. Hetzelfde geldt voor de afvoer van nutriënten via de gemalen. Voor het bepalen van de hoeveelheid water die wordt ingelaten en die via de gemalen wordt uitgeslagen wordt gebruik gemaakt van de waterbalans (zie vorige paragraaf).

Voor het bepalen van de nutriëntenconcentraties zijn verschillende meetpunten geselecteerd die representatief worden geacht voor de locaties waar water wordt ingelaten en uitgeslagen.

Gasbronnen (G)

Voor het bepalen van de bijdrage van de gasbronnen aan de stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater worden de gegevens gebruikt uit het onderzoek van Van der Gaast et al. (1996). Hierbij moet in ogenschouw worden genomen dat sinds deze periode het aantal gasbronnen is/kan zijn afgenomen, waardoor de bijdrage iets kan worden overschat.

Retentie (Ret)

Retentie staat voor het vastleggen en omzetten van nutriënten in de waterlopen. Dit kan door tijdelijke en permanente opslag in o.a. waterplanten en in de waterbodem (voornamelijk fosfaat) of door gasvormige ontsnapping via denitrificatie naar de atmosfeer (stikstof). De retentie wordt voornamelijk bepaald door de verblijftijd in het watersysteem.

De retentie wordt bij het opstellen van de stoffenbalans als restterm gebruik.

3.3 Uit- en afspoeling landelijk gebied

De uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater wordt berekend met het STONE-instrumentarium. STONE is ontwikkeld voor toepassing op landelijke schaal met een landelijk schematisering.

De mogelijkheid bestaat hierdoor dat de uit- en afspoeling niet correct berekend wordt omdat de bijdrage van de verschillende bronnen (bemestingsoverschot, kwel, atmosferische depositie, bodemsysteem) wordt onder- of overschat. De bijdrage van de uit- en afspoeling aan de totale belasting van het oppervlaktewater kan groot zijn, waardoor het zinvol is om mogelijke verschillen in beeld te brengen.

In dit onderzoek worden drie fases onderscheiden. De werkwijze komt in grote lijnen overeen met de werkwijze die is gehanteerd in het project 'Monitoring Stroomgebieden' (www.monitoringstroomgebieden.nl).

Fase 1

In fase 1 is de uit- en afspoeling voor de Wieringermeer berekend met het STONE-instrumentarium zoals deze is toegepast binnen de studie Ex-ante evaluatie landbouw en KRW (Van der Bolt et al., 2008).

Hierbij wordt ook aangesloten bij de huidige aanpak voor de evaluatie van het mestbeleid (EMW2007).

De modelinvoer van het instrument is landelijk.

Fase 2

In fase 2 van dit onderzoek wordt, mede op basis van aanbevelingen uit de 1^e fase van het project 'Monitoring Stroomgebieden' (Roelsma et al., 2006; Jansen et al., 2006; Kroes et al., 2006), het modelinstrumentarium aangepast. Het model wordt ruimtelijk verbeterd door de beschikbare STONE-plots ruimtelijk te herschikken op basis van gedetailleerdere ruimtelijke kaartbeelden (o.a. LGN5 en 1: 50.000 bodemkaart). Hierbij worden

STONE-plots geselecteerd die beter aansluiten bij de regionale kenmerken (grondsoort, landgebruik etc.). Opgemerkt moet worden dat in deze studie nog steeds gerekend wordt met 250 meter grids, terwijl in het project 'Monitoring Stroomgebieden' wordt gerekend met 25 meter grids.

Een uitgebreide beschrijving van de methodiek staat beschreven in bijlage 7. Vervolgens wordt de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater met de aangepaste schematisatie opnieuw doorgerekend.

Fase 3

In fase 2 is een nieuwe ruimtelijke schematisatie gemaakt. Eén van de belangrijkste aanbevelingen uit de systeemanalyse fase 2 in het project 'Monitoring Stroomgebieden' is de regionalisatie van de modelinvoer (Siderius et al., 2007; Kroes et al., 2007; Jansen et al., 2007; Roelsma et al., 2007). In dit onderzoek zijn de volgende gebiedsspecifieke gegevens geanalyseerd:

- onderrandflux (wegzijging/kwel);
- nutriëntenconcentraties van het (diepe) grondwater (kwelkwaliteit).

De kwelfluxen vanuit het eerste watervoerend pakket (onderrandflux) in STONE zijn met behulp van de model-instrumenten NAGROM-MONA berekend en aan STONE-plots toegekend. De opgelegde gemiddelde kwelflux voor de Wieringermeer is vervolgens bepaald door de kwelflux van de relevante STONE-plots areaal gewogen te middelen. De gemiddelde kwelflux is vervolgens vergeleken met de kwelflux die op basis van de opgestelde waterbalans in deze studie is geschat.

Naast de kwelflux worden ook de kwelconcentraties geanalyseerd. De opgelegde kwelconcentraties zijn hiervoor vergeleken met kwelconcentraties uit eerdere studies. Als uit de analyse blijkt dat het de aanbeveling verdient om de kwelflux en kwelconcentraties aan te passen wordt een correctie van de bijdrage van de kwel aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater uitgevoerd. De correctie kan op twee manieren worden uitgevoerd.

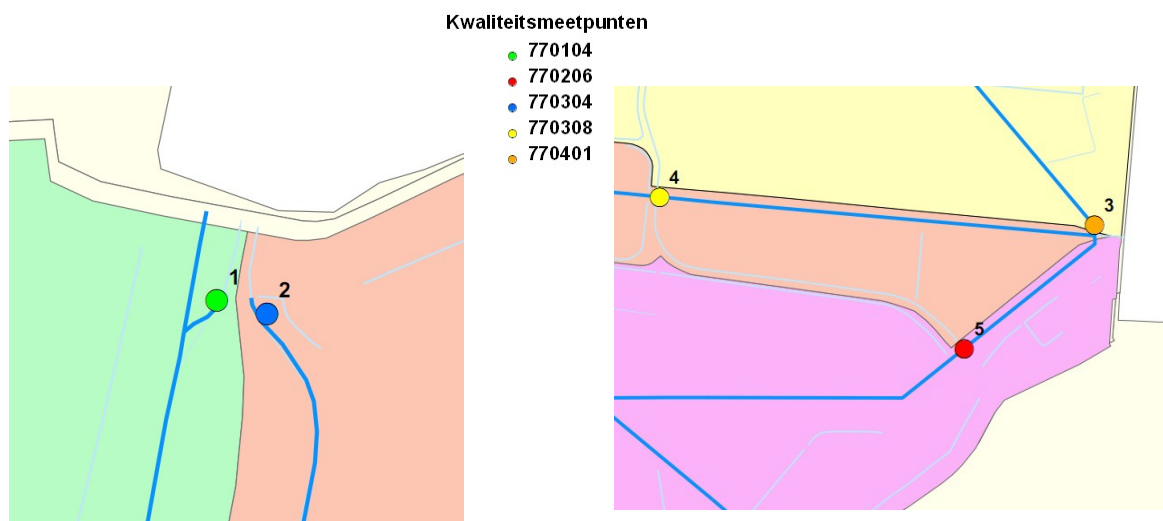
- Fase 3a
De nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater wordt berekend volgens fase 2. De correctie voor de kwelbijdrage wordt 'achteraf' uitgevoerd op basis van een eenvoudige balansmethode.
- Fase 3b
De kwelflux en kwelconcentraties worden op voorhand aangepast waarna de berekeningen opnieuw worden ingezet. Bij het aanpassen van de kwelflux geldt als voorwaarde dat de hydrologische omstandigheden (Gt-klasse, GHG) van de individuele STONE-plots minimaal worden beïnvloed.

3.4 Betrouwbaarheid gegevens (toetsing)

Om inzicht te krijgen in de mate van betrouwbaarheid van modelresultaten en kwaliteitsmetingen in het oppervlaktewater is voor de studie Ex-ante evaluatie landbouw en KRW (Van der Bolt et al., 2008) een instrument ontwikkeld. Met dit instrument is het mogelijk om inzicht te krijgen in welke mate de berekende nutriëntenconcentraties (zomer- of winterhalfjaar en/of jaarlijks) de gemeten nutriëntenconcentraties benaderen.

Selectie meetpunten

Voordat de toetsing (vergelijking) uitgevoerd kan worden zijn meetpunten geselecteerd die representatief zijn voor de stikstof- en fosforconcentraties bij de uitstroompunten. In figuur 8 zijn de geselecteerde meetpunten weergegeven bij het gemaal Leemans (links) en gemaal Lely (rechts). In tabel 8 zijn de kenmerken van deze meetpunten beschreven.



Figuur 8

Ligging van de geselecteerde meetpunten die gebruik zijn voor de toetsing van berekende nutriëntenconcentraties aan de gemeten nutriëntenconcentraties.

Tabel 8

Kenmerken van de geselecteerde meetpunten voor de toetsing.

ID	Meetpunt	Afdeling	X-coördinaat	Y-coördinaat	Gemaal
1	770104	1	131517	548262	Leemans
2	770304	3	131556	548252	Leemans
3	770401	4	135821	532176	Lely
4	770308	3	134887	532236	Lely
5	770206	2	135452	531907	Lely

De (gemeten) stikstof- en fosforconcentraties over de periode 1990-2006 worden vergeleken met de berekende stikstof- en fosforconcentraties voor deze periode. De berekende waterkwaliteit is de resultante van de verschillende bronnen van de nutriëntenstromen in het oppervlaktewater.

De nutriëntenconcentraties (C_{uit}) en bijbehorende nutriëntenvrachten (L_{uit}) in het oppervlaktewater in de uitstroompunten van de deelgebieden wordt als volgt bepaald:

$$C_{uit \text{ berekend}} = ((1-R_{inlaat}) * L_{inlaat} + (1-R_{rwzi}) * L_{rwzi} + (1-R_{ER}) * L_{ER} + (1-R_{LG}) * L_{LG}) + (1-R_G) * L_G) / Q_{water}$$

Waarin:

$C_{uit \text{ berekend}}$	berekende nutriëntenconcentraties in de uitstroompunten;
R_{inlaat}	retentiefactor op de inkomende vracht via hevels, schutsluizen en inlaatpunten;
R_{rwzi}	retentiefactor op de inkomende vracht van de rwzi's;
R_{ER}	retentiefactor op de inkomende vracht uit de EmissieRegistratie;
R_{LG}	retentiefactor op de inkomende vracht uit het landelijk gebied;
R_G	retentiefactor op de inkomende vracht uit gasbronnen;

L_{inlaat}	inkomende vracht via hevels, schutsluizen en inlaatpunten;
L_{rwzi}	inkomende vracht van de rwzi's;
L_{ER}	inkomende vracht uit de EmissieRegistratie;
L_{LG}	inkomende vracht uit het landelijk gebied;
L_{G}	inkomende vracht uit gasbronnen;
Q_{water}	totale uitgaande hoeveelheid water.

De berekende waterkwaliteit op een bepaald moment (decadewaarde) wordt vergeleken met de gemeten waterkwaliteit die binnen hetzelfde moment is gemeten (dagwaarde):

$$F_R = C_{\text{uit berekend}} / C_{\text{uit gemeten}}$$

Waarin:

$C_{\text{uit berekend}}$	berekende nutriëntenconcentraties bij de uitstroompunten;
$C_{\text{uit gemeten}}$	gemeten nutriëntenconcentraties bij de uitstroompunten;
F_R	correctiefactor als maat voor het verschil.

Wanneer $F_R = 1,0$ zijn de berekende nutriëntenconcentraties op dag X exact gelijk aan de gemeten nutriëntenconcentraties op dag X. Dat betekent echter niet zondermeer dat de berekeningen de werkelijkheid exact beschrijven, omdat de onzekerheden in de uitkomst blijven bestaan en mogelijke foutieve schattingen (EmissieRegistratie, aanvoer bovenstrooms, emissies uit het landelijk gebied, retenties, waterafvoer) elkaar kunnen compenseren.

De verschillen tussen gemeten en berekende nutriëntenconcentraties kunnen door verschillende factoren worden veroorzaakt:

- Temporele en (gerichte) ruimtelijk verdeling van de bijdrage van de rwzi, overstorten, industrie, rechtstreekse depositie op open water, landbouw overig zoals deze zijn geschat en opgenomen in de EmissieRegistratie.
- Onzekerheden in de berekeningen nutriëntenemissie uit het landelijk gebied.
- Onzekerheden in de kwelflux en kwelconcentraties, maar in het bijzonder de bijdrage van de kwel aan de nutriëntenvracht in het oppervlaktewater.
- Nutriëntenbelasting vanuit de inlaatpunten.
- Retentie in greppels, sloten en waterlopen in de Wieringermeer.
- Labmetingen: bemonsteringsfouten, analysefouten, invoer- en rapportagefouten.
- Overige processen en patronen die niet in ogenschouw worden genomen.

Retentie

De stofstromen, inclusief retentie van nutriënten, is bij bovengenoemde methodiek vereenvoudigd gekwantificeerd voor stroomgebieden met daarbinnen een hoofdsysteem (vaak de waterlichamen) en een regionaal watersysteem bestaande uit de kleinere waterlopen/sloten met het bijbehorende vanggebied van waaruit het water afkomstig is. Voor het bepalen van de retentie is binnen deze studie aangesloten bij de methodiek die is ontwikkeld in de Ex-ante evaluatie landbouw en KRW. De retentiefactoren voor de verschillende bronnen zijn in tabel 9 weergegeven.

Tabel 9*Retentiefactoren voor de verschillende balanstermen.*

Balansterm	Omschrijving	Retentie
R_{LG}	Retentiefactor landelijk gebied (LG)	0,50
R_{rwzi}	Retentiefactor rwzi Wieringermeer	0,04
R_{ER}	Retentiefactor overige bronnen EmissieRegistratie	0,20
R_G	Retentiefactor gasbronnen	0,20
R_{inlaat}	Retentiefactor inlaat via hevels, schutsluizen etc.	0,20

3.5 Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater

De definitie van achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater is:

De verwachte concentraties stikstof en fosfor in het oppervlaktewater op relatief korte termijn indien de (gemakkelijk) beïnvloedbare bronnen (bemesting, rwzi's etc.) uitgeschakeld zijn waardoor er alleen nog sprake is van niet of nauwelijks beïnvloedbare bronnen (kwel, bodemsysteem etc.).

Voor het bepalen van de theoretische achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater wordt gebruik gemaakt van de opgestelde nutriëntenbalans, waarbij de verschillende bronnen worden onderverdeeld naar beïnvloedbaar en niet of moeilijk beïnvloedbaar. De volgende onderverdeling is gemaakt:

- Beïnvloedbare bronnen:
 - Inlaat vanuit Amstelmeerboezem en IJsselmeer;
 - Landbouw (bemestingsoverschot);
 - Rwzi's;
 - Industriële lozingen;
 - Gasbronnen.
- Niet of moeilijk beïnvloedbare bronnen:
 - Kwel;
 - Bodemcomplex (mineralisatie en uitloging);
 - Atmosferische depositie.

Het relatieve aandeel van de niet of moeilijk beïnvloedbare bronnen wordt gebruikt om een 'theoretische' achtergrondconcentratie te bepalen, wanneer de beïnvloedbare bronnen tot nul zouden worden gereduceerd.

4 Resultaten

In hoofdstuk 3 is de gehanteerde werkwijze beschreven. In dit hoofdstuk worden de resultaten voor de verschillende onderdelen besproken:

- Waterbalans voor de hydrologische jaren 2003-2009 (paragraaf 4.1).
- Nutriëntenbalans voor de jaren 2003-2006 (geen hydrologische jaren!) (paragraaf 4.2).
- Uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater (paragraaf 4.3).
- Betrouwbaarheid van de (model)resultaten (paragraaf 4.4).
- Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater (paragraaf 4.5).

4.1 Waterbalans

Neerslag (N)

Voor de hydrologische jaren 2003-2009 zijn de jaartotalen weergegeven in tabel 10.

Tabel 10

Neerslag voor de hydrologisch jaren 2003 t/m 2009 in mm.

Hydrologisch jaar	Wieringermeer	Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3	Afdeling 4
2003	774,2	688,4	815,4	747,9	846,1
2004	841,2	760,3	844,1	846,9	872,1
2005	840,4	817,0	845,7	832,6	862,4
2006	966,6	954,5	989,8	946,8	990,7
2007	859,2	819,9	900,3	832,2	906,0
2008	883,4	879,5	870,4	890,5	869,7
2009	736,2	705,9	737,3	735,0	749,3
Gemiddeld	843,0	803,6	857,6	833,1	870,9

De gemiddelde neerslag voor de periode 2003-2009 voor de gehele Wieringermeer bedraagt 843,0 mm, waarbij voor afdeling 4 de grootste neerslagsom is berekend (870,9 mm) en voor afdeling 1 de laagste neerslagsom (803,6 mm).

Verdamping (V)

In tabel 11 zijn de berekende potentiële verdampingswaarden voor de gehele Wieringermeer en de verschillende afdelingen weergegeven waarbij de referentie-gewasverdamping gecorrigeerd is voor het landgebruik in de Wieringermeer.

Tabel 11

Potentiële gebiedsverdamping voor de Wieringermeer voor de hydrologisch jaren 2003 t/m 2009 in mm rekening houdend met het landgebruik.

Hydrologisch jaar	Potentiële verdamping in mm				
	Wieringermeer	Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3	Afdeling 4
2003	534,9	547,9	529,0	532,8	537,5
2004	493,3	505,4	487,8	491,5	495,7
2005	497,3	509,4	491,9	495,4	499,9
2006	528,7	541,1	523,3	526,4	531,7
2007	493,7	506,0	488,4	491,7	495,9
2008	505,2	517,1	500,2	502,8	507,9
2009	519,0	530,8	513,7	516,8	522,2
Gemiddeld	510,3	522,5	504,9	508,2	513,0

De verschillen in (gemiddelde) verdamping voor de periode 2003-2009 tussen de afdelingen zijn beperkt, 504,9 mm voor afdeling 2 en 522,5 mm voor afdeling 1. Als niet gecorrigeerd wordt voor het landgebruik wordt een verdamping gevonden van ruim 600 mm, bijna 100 mm meer (bijlage 2).

Inlaat (I)

Voor de Wieringermeer zijn er twee wateraanvoer bronnen, namelijk het IJsselmeer en de Amstelmeerboezem. De volgende inlaten met de hoeveelheden kunnen worden onderscheiden (tabel 12):

- Hevels.
- Inlaat Amstelmeerboezem:
 - Wieringerrandweg;
 - Waardweg;
 - Ulkersluis.
- Schutsluizen:
 - Haukesluis;
 - Stontelersluis.
 - Overlekersluis.
 - Westfriesesluis.

Tabel 12

Jaarlijkse hoeveelheid water ($m^3 j^{-1}$) dat via de verschillende inlaatpunten wordt ingelaten.

Jaar	Amstelmeerboezem						Schutverliezen		Hevels	
	Wieringerrandweg		Waardweg		Ulkersluis		m^3	mm	m^3	mm
	m^3	mm	m^3	mm	m^3	mm				
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	2.917.000	15,0
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	1.257.000	6,5
2007	983.381	5,0	-	-	922.973	4,6	> 2.654.229	> 13,4	1.152.000	5,9
2008	927.864	4,7	36.054	0,2	983.226	5,0	3.390.417	17,1	1.113.000	5,7
2009	1.076.268	5,4	294.257	1,5	1.111.626	5,6	4.715.549	23,8	1.096.000	5,6
2010	-	-	-	-	-	-	> 1.863.049	> 9,4	-	-

De inlaathoeveelheden in de tabel zijn geen gemeten waarden, maar zijn op schattingen gebaseerd. Alleen voor de jaren 2008 en 2009 kan de 'volledige' hoeveelheid ingelaten water worden berekend. Voor 2008 wordt in totaal ongeveer 33 mm ingelaten, voor 2009 is dit ongeveer 42 mm. In een afstudeerstudie Watertekort in het Hollands Noorderkwartier (Ten Voorde, 2004) worden inlaathoeveelheden genoemd voor de gehele Wieringermeer, bepaald aan de hand van waterbalansen. Hiervoor wordt verwezen naar de Waterkansenkaart Hollands Noorderkwartier Noord (Royal Haskoning, 2002). Het watertekort is een gemiddelde van de jaren (1991-2000) in de zomer. In een droge zomer is het watertekort groter. In tabel 13 is door Ten Voorde voor de Wieringermeer een inlaat gegeven van 117,6 mln. m^3 , dit komt overeen met 588 mm. In de waterkansenkaart (Royal Haskoning) wordt bij het opstellen van de waterbalans de inlaat buiten beschouwing gelaten en wordt een gemiddeld watertekort voor de zomer berekend van 15 mm of 2,66 miljoen m^3 . Het is onduidelijk waarop de inlaat van 117,6 mln. m^3 is gebaseerd.

Tabel 13

Inlaathoeveelheden van deelgebieden in Hollands Noorderkwartier (Ten Voorde, 2004).

	Oppervlakte (ha)	Inlaat (mln. m^3)	Zomertekort (mln. m^3)	Doorspoelen (mln. m^3)
Kustzone	6.315	17,8	9,2	8,6
Veenweidegebieden	23.319	39,6	28,3	11,2
Droogmakerijen	20.301	36,2	12,8	23,4
West-Friesland en Geestmerambacht	63.312	161,1	49,3	111,8
Aangedijkte landen	19.125	43,7	18,9	24,8
Wieringermeer	19.950	117,6	0,3	117,3
Wieringen	2.496	4,0	3,2	0,9
Noordzeekanaal polders	1.308	10,1	1,9	8,3
Alkmaardermeergebied	6.344	29	9,2	19,9
Totaal	161.470	459	133	326

Uit het voorgaande volgt dat er een grote discrepantie aanwezig is tussen de opgegeven inlaat volgens het waterschap en een eerder opgestelde waterbalans voor het Hollands Noorderkwartier. Door het Instituut voor Cultuurtechnische Wetenschappen (ICW) is voor het hydrologisch jaar 1978 een waterbalans opgesteld. De ingelaten hoeveelheid voor de Wieringermeer was volgens deze waterbalans 41,4 mm. Ook Van der Gaast en Peerboom geven getallen voor inlaat voor het jaar '93-'94, nl. voor hevels 14,3 mm, voor drie inlaatpunten 23,2 mm en voor schutsluizen 25,2 mm, totaal 62.7 mm. Deze cijfers zijn hoger dan de afgeleide ca. 30 mm en aanmerkelijk lager dan de inlaathoeveelheden in tabel 13.

Uitlaat (U)

Voor het berekenen van de hoeveelheid uitgeslagen water via de gemalen Leemans en Lely zijn verschillende reeksen beschikbaar. Beide reeksen zijn gebruikt voor het bepalen van de hoeveelheid water die voor de Wieringermeer wordt uitgeslagen. In tabel 14 zijn voor de hydrologische jaren 2003-2009 de afvoeren weergegeven.

Tabel 14

Afvoer via gemalen voor de hydrologisch jaren 2003 t/m 2009 in mm.

Hydrologisch jaar	Leemans	Lely	Wieringermeer
2003	654,9	217,9	872,8
2004	775,5	146,4	921,9
2005	786,1	59,3	845,4
2006	762,6	181,3	943,9
2007	745,4	77,9	823,4
2008	605,3	294,2	899,6
2009	379,7	384,3	763,9
Gemiddelde	672,8	194,5	867,3

Gemiddeld bedraagt de afvoer 883 mm/jaar (stdev. 65 mm).

Voor de vier onderscheiden afdelingen is eveneens de afvoer te bepalen (tabel 15).

Tabel 15

Afvoer per deelgebied via gemalen voor de hydrologisch jaren 2007 t/m 2009 in mm.

Jaar	Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3	Afdeling 4	West	Oost	Totaal
2007	1192,3	410,1	1142,7	466,1	665,6	924,9	813,5
2008	1049,7	531,5	1162,8	968,2	700,8	1100,2	922,5
2009	688,9	538,9	957,2	847,6	587,9	921,9	773,4

Er zijn kleine verschillen in totale afvoer voor de Wieringermeer tussen tabel 14 en tabel 15. Beide tabellen zijn gebaseerd op twee verschillende meetreeksen. Verder valt op dat de berekende afvoer voor de afdelingen flink kan verschillen tussen de verschillende jaren.

Onttrekking (O)

Voor het bepalen van de grondwateronttrekking is gebruik gemaakt van het ontwerp Bestemmingsplan Uitbreiding Agriport A7 grootschalige glastuinbouw (2009) waarin de grondwateronttrekking 30.000 m³/jaar per bron bedraagt. Totaal komt dit overeen met 3.750.000 m³/jaar, of 18,9 mm/jaar. Omdat niet bekend is hoe de onttrekking verdeeld is over de afdelingen, wordt aangenomen dat voor elke afdeling de onttrekking 18,9 mm bedraagt.

Lozing (L)

In tabel 16 is de lozing van de RWZI per hydrologisch jaar weergegeven over de periode 2003-2009.

Tabel 16

Lozing van RWZI in mm/jaar voor de periode 2003-2009.

Hydrologisch jaar	Totaal	Afdeling 3	Wieringermeer
	m ³	mm	mm
2003	1.088.819	15,8	5,6
2004	1.103.927	16,0	5,7
2005	1.069.312	15,5	5,5
2006	1.228.967	17,8	6,3
2007	1.067.284	15,4	5,5
2008	1.116.842	16,2	5,7
2009	678.978	9,8	3,5
Gemiddeld	1.050.590	15,2	5,4

De gemiddelde waterafvoer van de rwzi's bedraagt voor de periode 2003-2009 ruim 1,1 miljoen m³. Omgerekend is dit voor afdeling 3, waarin de rwzi gelegen is, 15,2 mm per jaar. Omgerekend naar de hele Wieringermeer is de afvoer 5,4 mm.

Kwelflux ($nK = K - W$)

De kwel wordt meestal bepaald als restpost van de balans. Uit de beschouwing van de afzonderlijke balansposten blijkt dat de neerslag (N), verdamping (V) en uitlaat (U) redelijk kunnen worden geschat. De Onttrekking (O) en Lozing (L) zijn relatief klein en kunnen als schatting worden meegenomen. De wegzijging is 0. Door verder een periode te kiezen waarvoor bergingsveranderingen kunnen worden verwaarloosd, namelijk het hydrologisch jaar, wordt deze term eveneens 0.

Omdat naast de kwel de inlaat ook niet goed bekend is, is de som van beide balanstermen samengevoegd ($nK+I$). De waterbalans wordt dan:

$$nK + I = -(N - V) + U - L - O$$

In tabel 17 zijn de verschillende termen van de waterbalans voor de gehele Wieringermeer samengevat, waarbij de som van inlaat en kwel als restpost is beschouwd.

Tabel 17*Waterbalans van de Wieringermeer in mm/jaar voor de periode 2003-2009.*

	Inkomende termen			Uitgaande Termen		Restpost
	Neerslag	Onttrekking	Lozing	Verdamping	Uitlaat	Kwel en inlaat
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2003	774,2	18,9	5,6	534,9	872,8	609,0
2004	841,2	18,9	5,7	493,3	921,9	549,4
2005	840,4	18,9	5,5	497,3	845,4	477,9
2006	966,6	18,9	6,3	528,7	943,9	480,8
2007	859,2	18,9	5,5	493,7	823,4	433,5
2008	883,4	18,9	5,7	505,2	899,6	496,8
2009	736,2	18,9	3,5	519,0	763,9	524,3

In tabel 18 is de kwel als restpost van de waterbalans bepaald waarbij de inlaat uit boezem, schutsluizen en hevels gebaseerd is op de schattingen van het Hoogheemraadschap. In principe beschikken we over complete gegevens over inlaat, schutverliezen en hevels, opgegeven door het waterschap over 3 jaren (2007-2009). De afgeleide gemiddelde kwel bedraagt 450 mm.

Door het gemiddelde van de inlaatscijfers over de jaren 2007-2009 ook te gebruiken voor de periode 2003-2006 kan de reeks worden verlengd. Het gemiddelde van de kwel over periode 2003-2009 bedraagt 476 mm.

Tabel 18*Inschatting kwel in mm (hydrologisch jaar) voor de periode 2003-2009.*

	Restpost	Amstelmeerboezem	Hevels	Schutverliezen	Kwel
	mm	mm	mm	mm	mm
2003	609,0	-	-	-	475,5
2004	549,4	-	-	-	514,9
2005	477,9	-	15	-	443,4
2006	480,8	-	6,5	-	446,3
2007	433,5	9,6	5,9	>13,4	404,6
2008	496,8	9,8	5,7	17,1	464,2
2009	524,3	12,5	5,6	23,8	482,4

In tabel 19 staan ter vergelijking de beschikbare waterbalansen uit eerder studies weergegeven. Het gaat hierbij om de 'Regionale studie' (1982).

Tabel 19*Vergelijking van waterbalansen uit verschillende perioden (mm/hydrologisch jaar).*

	Periode	N	K	I	L	O	A	V	Verschil
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Werkgroep Noord-Holland (1982)	'78-'79	735	432	41,4		16,6	735	483	7
Van der Gaast en Peerboom (1996)	'93-'94	926	368	64,0		20,0	931	453	-6
Achtergrondbelasting 2011	'07-'09	826	450	34,5	4,9	18,9	829	506	0

De grootste verschillen met de overige twee studies zijn zichtbaar voor de verdamping (23-53 mm) en de bijdrage van kwel (18-82). Voor alle studies geldt dat de afvoer bij benadering overeenkomt met de neerslag.

De meeste waterbalanstermen die worden gebruikt voor het opstellen van de waterbalans zijn gebaseerd op metingen (afvoer, neerslag enz.), in een enkel geval is een balansterm gebaseerd op schattingen (inlaat, onttrekking). Een meting wijkt meestal enigszins af van werkelijke grootte van de gemeten grootheid (meet-onnauwkeurigheid of fout). Schattingen zijn mogelijk nog onnauwkeuriger dan metingen. Voor neerslag-metingen wordt de meetfout op 5% gesteld (tabel 20). Dit betekent dat de gemiddelde gemeten neerslag van 826 mm voor de periode 2003-2009 in werkelijkheid ook 785 of 867 mm kan bedragen. Ook voor de andere balanstermen is de meetfout ingeschat op basis van expert judgement.

De kwel is in deze studie vastgesteld als restpost van de waterbalans. De fouten in de verschillende termen van de waterbalans werken dus door in de kwel, waardoor de afgeleide kwel ook een zekere onnauwkeurigheid of fout heeft. Om een inschatting te maken van de nauwkeurigheid/fout in de kwel wordt gebruik gemaakt van de fout in de verschillende waterbalanstermen (tabel 20). Met de volgende formule, die opgaat als gebruik wordt gemaakt van optellen en aftrekken, kan worden bepaald hoe de fout in de afzonderlijke balanstermen doorwerkt in de kwel.

$$\Delta X = \sqrt{(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2 + \dots + (\Delta x_n)^2}$$

Waarin:

- ΔX fout van de berekende variabele in dit geval de kwel
- Δx_1 meetfout van de variabele x_1 van de waterbalans
- Δx_2 meetfout van de variabele x_2 van de waterbalans
- Δx_n meetfout van de variabele x_n van de waterbalans

Tabel 20

Nauwkeurigheid/fout van de kwel in de Wieringermeer op basis van expert judgement voor de periode 2003-2009.

Balansterm	'03-'09	Fout (%)	Fout (mm)
Neerslag	826	5	41,3
Inlaat	34,5	50	17,3
Onttrekking	18,9	50	9,5
Lozing	4,9	10	0,5
Afvoer	829	10	82,9
Verdamping	506	20	101
Kwel	450		138

Toepassing van bovenstaande formule en schattingen voor de fout in de verschillende balanstermen resulteert in een fout voor de kwel van 142 mm ofwel 30%.

4.2 Nutriëntenbalans

Landelijk gebied (LG)

In tabel 21 zijn de met STONE berekende uit- en afspoeling van stikstof- en fosfor (ton per jaar) naar het oppervlaktewater voor de gehele Wieringermeer weergegeven.

Tabel 21

Stikstof- en fosforbelasting (ton per jaar) naar het oppervlaktewater vanuit het landelijk gebied voor de Wieringermeer voor de jaren 1990-2006 berekend met het STONE-instrumentarium.

Jaar	Stikstof	Fosfor
	Ton	Ton
1990	681	104
1991	553	103
1992	798	139
1993	664	137
1994	911	152
1995	674	106
1996	731	98
1997	585	97
1998	1226	189
1999	776	135
2000	877	155
2001	653	143
2002	598	145
2003	395	86
2004	845	137
2005	691	143
2006	562	104
Gemiddeld	719	128
Gemiddelde 2003-2006	623	117

De gemiddelde af- en uitspoeling voor de periode 1990-2006 vanuit het landelijk gebied voor de gehele Wieringermeer is ruim 700 ton stikstof en ruim 125 ton fosfor. Als echter alleen naar de periode 2003-2006 gekeken wordt is de gemiddelde stikstofbelasting 96 ton lager (623 ton) en de fosforbelasting 11 ton lager (117 ton).

EmissieRegistratie (LO + R + IND + A_o + O)

De bijdrage van de verschillende bronnen uit de EmissieRegistratie voor de periode 1990-2006 zijn in tabel 22 weergegeven.

Tabel 22

Stikstof- en fosforbelasting (ton per jaar) naar het oppervlaktewater van bronnen uit de EmissieRegistratie voor de Wieringermeer voor de jaren 1990-2006

Jaar	Rwzi		Atmosferische depositie		Industriële lozingen		Overige landbouwemissies		Overige emissies	
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton
1990	12,4	1,8	23,6	-	0,03	0,00	26,9	2,2	8,7	0,9
1991	15,0	2,2	22,8	-	0,02	0,00	25,9	2,1	8,4	0,9
1992	9,1	1,8	22,0	-	0,02	0,00	24,9	2,0	8,1	0,8
1993	15,3	1,8	21,2	-	0,01	0,00	24,0	1,9	7,8	0,8
1994	13,1	1,8	20,4	-	0,01	0,00	23,0	1,8	7,4	0,7
1995	11,1	1,1	19,6	-	0,00	0,00	22,0	1,7	7,1	0,7
1996	10,2	1,5	41,2	-	0,20	0,07	19,9	1,6	4,6	0,6
1997	11,3	1,1	4,3	-	0,27	0,00	18,6	1,4	5,7	0,4
1998	9,9	1,8	4,4	-	0,00	0,00	26,9	2,4	4,0	0,3
1999	8,9	1,7	4,4	-	0,00	0,00	23,4	1,9	3,6	0,3
2000	8,0	2,2	17,7	-	0,00	0,00	20,2	1,8	9,1	0,5
2001	8,2	2,0	11,7	-	0,00	0,00	18,5	1,5	3,9	0,4
2002	7,2	2,4	5,5	-	0,00	0,00	18,4	1,6	6,0	0,7
2003	7,6	2,8	5,5	-	0,00	0,00	17,8	1,4	5,4	0,6
2004	6,9	2,9	11,7	-	0,00	0,00	19,1	1,6	2,9	0,4
2005	6,7	2,3	17,2	-	0,00	0,00	19,6	1,6	7,2	0,4
2006	4,0	1,8	16,9	-	0,00	0,00	23,0	1,7	6,3	0,4
Gemiddeld	9,7	2,0	15,9	-	0,03	0,00	21,9	1,8	6,2	0,6
Gemiddeld 2003-2006	6,3	2,5	12,8	-	0,00	0,00	19,9	1,6	5,4	0,5

De belasting van de verschillende termen uit de EmissieRegistratie zijn fors lager dan de belasting vanuit het landelijk gebied. De grootste bijdrage aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater van de bronnen uit de EmissieRegistratie zijn de overige landbouwemissies (21,9 ton N), voor fosfor levert de rwzi (Wieringermeer) de grootste bijdrage van deze bronnen. De bijdrage van industriële lozingen is verwaarloosbaar. De gemiddelde belasting over de periode 1990-2006 is hoger dan de gemiddelde belasting voor de periode 2003-2006, met uitzondering van de fosforbelasting van de rwzi.

Inlaat (I)

In tabel 23 is het aantal m³ per jaar (geen hydrologisch jaar) voor de verschillende inlaatpunten weergegeven.

Tabel 23

Jaarlijkse hoeveelheid water (m³ j⁻¹) dat via de verschillende inlaatpunten wordt ingelaten.

Jaar	Amstelmeerboezem m ³			Schutverliezen m ³	Hevels m ³
	Wieringerrandweg	Waardweg	Ulkersluis		
2007	989.526	0	749.897	0	1.134.000
2008	832.487	3.507	890.249	3.388.409	1.100.000
2009	959.515	232.494	967.040	4.713.540	1.127.000

Voor de concentraties van het IJsselmeerwater is de gemiddelde stikstof- en fosforconcentraties aangenomen dat door het projectbureau Wieringerrandweg (Witteveen en Bos, 2007) is bepaald voor de periode 2002-2006, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen het zomer- en winterhalfjaar (tabel 24).

Tabel 24

Gemiddelde N- en P-concentraties in mg/l van meetpunten nabij de inlaatpunten voor de periode 2003-2006 en de gemiddelde N- en P-concentraties van het IJsselmeer voor de periode 2002-2006.

Inlaatpunt	Meetpunt	N	P
Wieringerrandweg	072001	2.1	0.14
Waardweg	177102	-	-
Ulkersluis	177201	2.0	0.37
IJsselmeer zomer	-	2.22	0.11
IJsselmeer winter	-	3.07	0.14

Met hulp van tabel 23 en tabel 24 is het mogelijk om een inschatting te maken van de hoeveelheid nutriënten die via de verschillende inlaten binnenkomt. Dit is echter alleen mogelijk voor 2009. Voor de overige jaren ontbreekt een volledige waterbalans. De totale nutriëntenvracht in 2009 via inlaat bedraagt voor de Wieringermeer 17,1 ton stikstof en 1,9 ton fosfor.

Uitlaat (U)

In tabel 25 is een overzicht gegeven van de hoeveelheid water die via de verschillende gemalen wordt uitgeslagen voor de periode 2003-2006. In tabel 26 zijn de bijbehorende meetpunten en de gemiddelde stikstof- en fosforconcentraties voor deze periode weergegeven die representatief voor de verschillende pompen worden geacht.

Tabel 25

Jaarlijkse hoeveelheden water ($m^3 j^{-1}$) dat door de gemalen Leemans en Lely voor de periode 2003-2006 is uitgeslagen.

Jaar	Leemans 1	Leemans 2	Leemans 3	Leemans 4	Lely 1	Lely 2	Lely 3
2003	20.422.000	21.002.000	40.233.000	39.240.000	14.358.000	9.774.000	4.778.000
2004	26.530.000	25.429.000	50.407.000	51.708.000	24.373.000	14.046.000	4.647.000
2005	29.719.000	29.442.000	52.296.000	49.907.000	9.674.000	12.400.000	1.256.000
2006	22.376.000	22.292.000	44.369.000	44.523.000	10.293.000	8.682.000	1.885.000

Tabel 26

Gemiddelde stikstof- en fosforconcentraties voor de periode 2003-2006 van de meetpunten nabij de pompen van de gemalen Leemans en Lely.

Pomp	Meetpunt	N	P
Leemans 1	770104	4,3	0,51
Leemans 2	770104	4,3	0,51
Leemans 3	770304	5,3	0,30
Leemans 4	770304	5,3	0,30
Lely 1	777401	-	-
Lely 2	770308	-	-
Lely 3	770206	2,8	0,66

De totale berekende uitlaat aan nutriënten bedraagt voor stikstof 798 ton en voor fosfor 72 ton.

Gasbronnen (G)

In het onderzoek van Van der Gaast et al. (1996) is een stikstof- en fosforbalans voor de periode april 1993 t/m maart 1994 opgesteld. In dit onderzoek is de bijdrage van de gasbronnen $89 \text{ g ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ stikstof en $203 \text{ g ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ fosfor. Omgerekend naar het gehele beheergebied is dit ruim 16 ton stikstof en 3,7 ton fosfor.

Nutriëntenbalans

In tabel 27 is de nutriëntenbalans voor de gehele Wieringermeer weergegeven.

Tabel 27*Gemiddelde stikstof- en fosforvrucht (ton j⁻¹) voor de periode 2003-2006.*

Balansterm na retentie	Stikstof	Fosfor
	ton	ton
Uit- en afspoeling landelijk gebied ¹⁾	623	117
Landbouw overig	20	1,6
Rwzi	6,3	2,5
Industrie	0,0	0,0
Gasbronnen	16	3,7
Atmosferische depositie	13	0,0
Overige bronnen	5,4	0,5
Inlaat ²⁾	17	1,9
Uitlaat	798	72
Totaal Inlaat	701	127
Totaal Uitlaat	798	72
Balansverschil absoluut	-97	56
Balansverschil relatief	-14%	44%

¹⁾ Fase 1.²⁾ Hoeveelheid voor het hydrologisch jaar 2009.

De grootste bijdrage van de stikstof- en fosforbelasting is de uit- en afspoeling van het landelijk gebied. De inkomende stikstofvrucht is 97 ton lager dan de totale hoeveelheid stikstof dat via de gemalen wordt uitgeslagen. Voor fosfor is de inkomende fosforvrucht 56 ton hoger dan de totale hoeveelheid fosfor dat via de gemalen wordt uitgeslagen. Het balansverschil voor stikstof is negatief (-14%), voor fosfor is het balansverschil +44%. Een positief balansverschil kan worden verklaard met retentie in het oppervlaktewater. Een negatief balansverschil kan erop duiden dat er nalevering van nutriënten optreedt of dat bepaalde balans termen worden onderschat, of zelfs ontbreken. In de volgende paragraaf wordt de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater nader geanalyseerd (fase 2, 3a en 3b).

4.3 Uit- en afspoeling landelijk gebied

De uit- en afspoeling vanuit het landelijk gebied, berekent met het STONE-instrumentarium, draagt het meeste bij aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater (tabel 27). Voor het berekenen van de uit- en afspoeling worden drie fasen onderscheiden (paragraaf 3.3). In deze paragraaf worden de resultaten van deze fasen besproken.

Fase 1

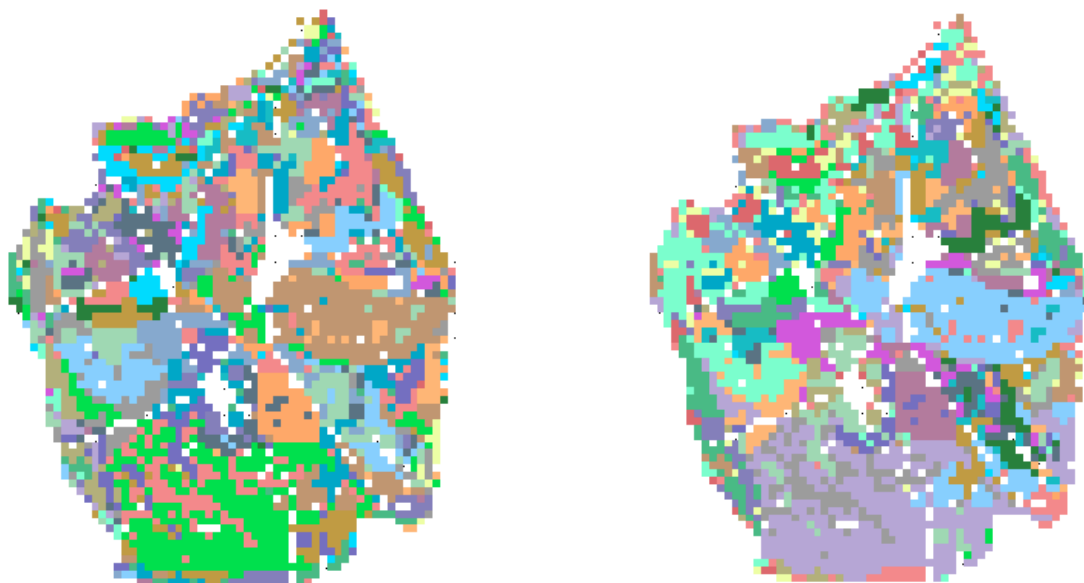
In fase 1 is de uit- en afspoeling voor de Wieringermeer berekend met het STONE-instrumentarium zoals deze is toegepast binnen de studie Ex-ante evaluatie landbouw en KRW (Van der Bolt et al., 2008).

De berekende uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater voor de Wieringermeer bedraagt 623 ton stikstof en 117 ton fosfor (tabel 27).

Fase 2

In fase 2 is de STONE-schematisering verbeterd door de STONE-plots voor de Wieringermeer ruimtelijk te herschikken, waarbij gerekend wordt met 250 meter grids. Hierbij zijn STONE-plots geselecteerd die beter aansluiten bij de regionale kenmerken (grondsoort, landgebruik etc.) van de Wieringermeer. In bijlage 7 is een uitgebreide beschrijving van de methodiek gegeven.

In figuur 9 is de huidige en aangepaste schematisatie van de STONE-plots voor de Wieringermeer weer-gegeven. In de uitgangssituatie liggen 146 STONE-plots in de Wieringermeer. In de aangepaste schematisering zijn dit 'maar' 29 STONE-plots.



Figuur 9

Ruimtelijk verdeling van de STONE-plots in de uitgangssituatie met 146 plots (links) en geaggregeerd naar de aangepaste schematisering (rechts) met 29 STONE-plots.

De bijdrage van de uit- en afspoeling is opnieuw berekend met de aangepaste schematisering. In tabel 28 is de nutriëntenbalans weergegeven voor fase 1 en fase 2.

Tabel 28

Gemiddelde stikstof- en fosforvrucht (ton j⁻¹) voor de periode 2003-2006 voor de verschillende balanstermen voor de fase 1 en fase 2.

Balansterm	Stikstof		Fosfor	
	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
	ton	ton	ton	ton
Uit- en afspoeling landelijk gebied	623	644	117	136
Landbouw overig	20	20	1,6	1,6
Rwzi	6,3	6,3	2,5	2,5
Industrie	0,0	0,0	0,0	0,0
Gasbronnen	16	16	3,7	3,7
Atmosferische depositie	13	13	0,0	0,0
Overige bronnen	5,4	5,4	0,5	0,5
Inlaat *	17	17	1,9	1,9
Uitlaat	798	798	72	72
Totaal Inlaat	701	722	127	146
Totaal Uitlaat	798	798	72	72
Balansverschil absoluut	-97	-76	56	74
Balansverschil relatief	-14%	-11%	44%	51%

De gemiddelde uit- en afspoeling voor de periode 2003-2006 vanuit het landelijk gebied naar het oppervlakte-water neemt in fase 2 vergeleken met fase 1 toe met 21 ton stikstof en 19 ton fosfor. Voor stikstof wordt nog steeds een negatief balansverschil gevonden (-11%), voor fosfor neemt het relatieve balansverschil toe van 44% naar 51%.

Fase 3

In fase 3 zijn de volgende gebiedsspecifieke gegevens geanalyseerd:

- Onderrandflux (wegzijging/kwel).
- Nutriëntenconcentraties van het (diepe) grondwater (kwelkwaliteit).

De opgelegde onderrandflux (wegzijging/kwel) in het STONE-instrumentarium is vergeleken met de kwelflux die op basis van de waterbalans van deze studie is geschat. De opgelegde kwelconcentraties zijn vergeleken met kwelconcentraties die gebruikt zijn voor eerdere studies.

In tabel 29 is de gemiddelde kwelflux die als onderrandvoorwaarde in het STONE-model is toegekend voor fase 1 en fase 2 weergegeven. Tevens zijn de (opgelegde) gemiddelde kwelconcentraties (mg/l) voor stikstof en fosfor weergegeven.

Tabel 29*Gemiddelde jaarlijkse kwelflux.*

	Kwelflux mm j ⁻¹
Kwel volgens nieuwe waterbalans	450
Fase 1	248
Fase 2	284
Regionale studie 16 (ICW)	382 ¹⁾
ICW-rapport 411	359
Achtergrondbelasting TNO 2002	452

¹⁾ Voor het bepalen van de stikstof- en fosforvrachten is voor de kwel een waarde ingesteld beneden de ondergrens en komt daarom niet overeen met de kwelflux zoals deze in tabel 3 in hoofdstuk 2 is weergegeven.

Op basis van de opgestelde waterbalans wordt een kwelflux geschat van 450 mm per jaar. De opgelegde kwelflux in het STONE-instrumentarium voor fase 1 en fase 2 zijn beduidend lager, resp. 248 mm 284 mm. De geschatte kwelflux die in de ICW studies en het TNO-onderzoek zijn ook beduidend hoger dan de opgelegde kwelflux in STONE.

In tabel 30 zijn de stikstof- en fosforconcentraties voor kwelwater weergegeven waarbij de verschillende componenten, indien beschikbaar, ook zijn weergegeven.

Tabel 30*Stikstof- en fosforconcentraties voor kwelwater.*

	N-concentratie mg/l				P-concentratie mg/l		
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	DON	N-tot	PO ₄ -P	DOP	P-tot
Fase 1	4,94	0,25	1,71	6,90	3,28	1,31	4,59
Fase 2	4,90	0,24	1,80	6,94	3,47	1,39	4,86
Regionale studie 16 (ICW)				7,0			0,7
ICW-rapport 411				7,5			1,5
Achtergrondbelasting TNO 2002	9,95	0,66	-	-	1,29	-	-

De opgelegde stikstofconcentraties in het STONE-instrumentarium komen aardig overeen met de stikstofconcentraties uit de ICW-studies, de geschatte stikstofconcentraties voor de TNO-studie liggen echter veel hoger. De fosforconcentraties zijn ook duidelijk verschillend. In de STONE-schematisering worden P-concentraties > 4,5 mg/l geschat, terwijl voor de overige studies de gemiddelde fosforconcentratie varieert tussen de 0,7 en 1,5 mg/l.

Op basis van tabel 29 en tabel 30 verdient het de aanbeveling om de inkomende vracht door kwel aan te passen, waarbij dus niet alleen voor de kwelflux gecorrigeerd moet worden, maar ook voor de opgelegde N- en P-concentraties.

Voor de kwelflux worden de resultaten uit dit onderzoek gebruikt (450 mm kwel). Voor het aanpassen van de kwelconcentraties wordt aangesloten bij het onderzoek van TNO uit 2002, waarbij stikstof en fosforconcentraties

traties in het 1e watervoerend pakket zijn bemeaten. Voor het bepalen van 'Dissolved Organic Nitrogen' (DON) en 'Dissolved Organisch Phosphorous' (DOP) is aangesloten bij de aanpassingen die in het kader van de EMW2012 (in voorbereiding). In tabel 31 zijn de aangepaste (gemiddelde) kwelconcentraties voor de verschillende componenten weergegeven.

Tabel 31

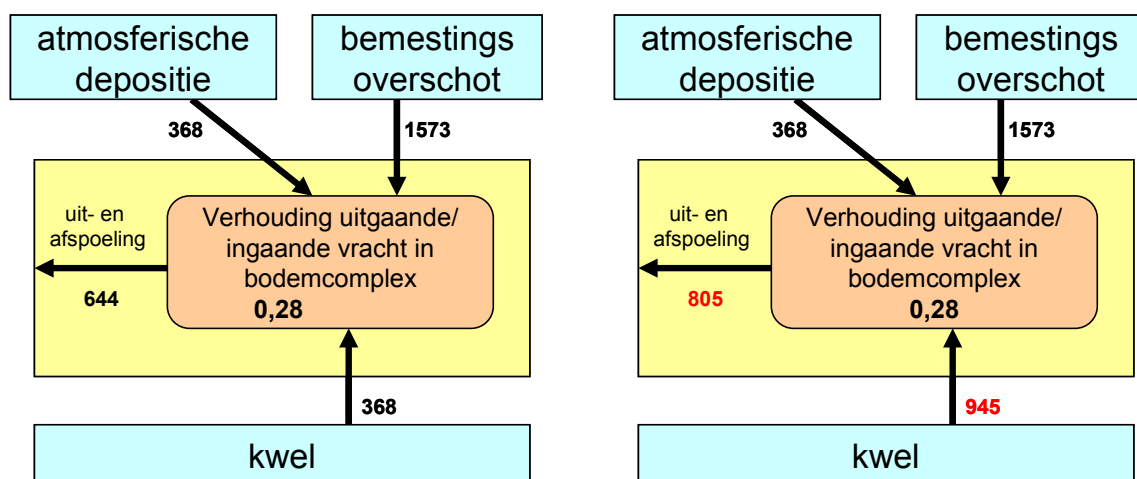
Stikstof- en fosforconcentraties voor de verschillende componenten voor het kwelwater.

Parameter	Waarden (mg/l)
DON	1,0
NH ₄ -N	9,95
NO ₃ -N	0,66
N-totaal	11,61
PO ₄ -P	1,29
DOP	0,4 * PO ₄ -P = 0,52
P-totaal	1,81

De correctie voor de bijdrage van kwel is op twee manieren uitgevoerd. Beide methoden worden hieronder besproken (fase 3a en fase 3b).

Fase 3a

De berekende nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater uit fase 2 wordt op basis van een eenvoudige balansmethode gecorrigeerd. In figuur 10 is een schematische weergave van de stikstofstromen weergegeven voor fase 2 (links) en fase 3a (rechts).



Figuur 10

Schematische weergave van de stikstofstromen in het bodemcomplex voor fase 2 (links) en fase 3a (rechts).

In fase 2 is de berekende uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater 644 ton (links). De gemiddelde berekende uit- en afspoeling van stikstof (2003-2006) is de resultante van de inkomende vracht van het bemestingsoverschot (1573 ton), atmosferische depositie (368 ton), de kwelflux (368 ton) en bijdrage van het bodemcomplex. De verhouding uitgaande en inkomende vracht is voor stikstof 0,28. Dit betekent dat 72% van de stikstofaanvoer wordt vastgelegd in het bodemcomplex of via verschillende processen (o.a. denitrificatie) uit het bodemcomplex worden verwijderd.

Op basis van de gegevens uit tabel 31 is de totale inkomende stikstofvracht via kwel opnieuw berekend met de volgende formule:

$$\text{Stikstofvracht} = \text{Kwelflux} * \text{areaal landelijk gebied} * N\text{-concentratie} / 10$$

De totale stikstofvracht via kwel is dan $450 * 18.081 * 11,61 / 10 = 945$ ton stikstof (zie rechterfiguur). Als wordt aangenomen dat verhouding uitgaande/ingaaende stikstofvracht van 0,28 niet veranderd als gevolg van de aanpassingen van de kwelvracht, kan de uit- en afspoeling opnieuw worden berekend. De uit- en afspoeling voor stikstof wordt dan 805 ton (een toename van 161 ton). In tabel 32 zijn de resultaten voor stikstof en fosfor weergegeven.

Tabel 32

Nieuwe uitgaande vracht op basis van de verhoudingen tussen het bemestingsoverschot, atmosferische depositie en kwelflux.

Balansterm	Stikstof	Fosfor
Bemestingsoverschot (ton)	1573	204
Atmosferische depositie (ton)	368	0
Kwelvracht (ton)	368	247
Inkomende vracht (ton)	2309	542
Uitgaande vracht (ton)	644	136
Verhouding instroom/uitstroom	0,28	0,30
Areaal landelijk gebied (ha)		18.081
Kwelflux (mm)		450
Kwelconcentratie (mg/l)	11,61	1,81
Aangepaste kwelvracht (ton)	945	147
Uitgaande vracht (ton)	805	105

Fase 3b

Het corrigeren van de bijdrage van kwel aan de stikstof- en fosforbelasting in fase 3b vindt niet, zoals bij fase 3a het geval is, achteraf plaats. De opgelegde randvoorwaarde (kwelflux en kwelconcentraties) in het STONE-instrumentarium worden op voorhand aangepast (450 mm kwelflux en concentraties volgens tabel 31). Het aanpassen van de kwelflux en kwelconcentraties en het berekenen van de uit- en afspoeling van nutriënten kan worden onderverdeeld in een aantal stappen.

- Eerst is de kwelflux voor de STONE-plots in de Wieringermeer zodanig aangepast dat de gemiddelde kwelflux 450 mm bedraagt. Vervolgens is de hydrologie voor de STONE-plots opnieuw berekend en zijn de resultaten geanalyseerd. Uit de analyse van de afzonderlijke STONE-plots is gebleken dat er, conform de voorwaarde (zie paragraaf 3.3), geen grote verschillen in de GHG en GLG zijn gevonden.
- Vervolgens is met de nieuwe hydrologie en de aangepaste concentraties uit tabel 31 de uit- en afspoeling opnieuw berekend.

In tabel 33 zijn de resultaten voor fase 3a en fase 3b weergegeven.

Tabel 33

Gemiddelde stikstof- en fosforvracht (ton j⁻¹) voor de periode 2003-2006 voor de verschillende balanstermen voor fase 3a en fase 3b.

Balansterm	Aangepaste kwelflux			
	Fase 3a	Fase 3b	Fase 3a	Fase 3b
	N	N	P	P
	ton	ton	ton	ton
Uit- en afspoeling landelijk gebied	644	1156	136	103
Correctie voor kwel	161	-	-30	-
Landbouw overig	20	20	1,6	1,6
rwzi	6,3	6,3	2,5	2,5
Industrie	0,0	0,0	0,0	0,0
Gasbronnen	16	16	3,7	3,7
Atmosferische depositie	13	13	0,0	0,0
Overige bronnen	5,4	5,4	0,5	0,5
Inlaat *	17	17	1,9	1,9
Uitlaat	798	798	72	72
Totaal Inlaat	883	1234	115	113
Totaal Uitlaat	798	798	72	72
Balansverschil absoluut	84	436	44	41
Balansverschil relatief	10%	35%	38%	36%

Voor stikstof is er een duidelijk verschil zichtbaar tussen het relatieve balansverschil van fase 3a en fase 3b. Voor fase 3a wordt een balansverschil van 10% gevonden, voor fase 3b is het balansverschil 35%. Voor fosfor is het verschil beperkt (36% om 38%).

De uit- en afspoeling voor stikstof neemt toe van 644 ton naar 1156 ton. Voor fosfor is het verschil in uit- en afspoeling tussen beide fases beperkt. In tabel 34 is de verhouding inkomende/uitgaande nutriëntenvracht voor de verschillende fasen weergegeven.

Tabel 34

Inkomende en uitgaande nutriëntenvracht (ton/jaar) voor de verschillende fasen en de verhouding inkomende/uitgaande vracht.

	Stikstof			Fosfor		
	Fase 2	Fase 3a	Fase 3b	Fase 2	Fase 3a	Fase 3b
	ton	ton	ton	ton	ton	ton
Bemestingsoverschot	1573	1573	1573	204	204	204
Atmosferische depositie	368	368	368	-	-	-
Kwel	368	945	945	247	147	147
Inkomende vracht	2309	2885	2885	452	351	351
Uitgaande vracht	644	805	1156	136	105	103
Verhouding	28%	28%	40%	30%	30%	29%

Voor het bepalen van de uitgaande vracht van fase 3a is aangenomen dat de verhouding inkomende/uitgaande vracht niet veranderd. Voor stikstof is de verhouding 28%, voor fosfor 30%. De uitgaande vracht voor fase 3b is opnieuw berekend door de kwelflux en kwelconcentratie op voorhand aan te passen. De verhouding inkomende/uitgaande vracht kan vervolgens opnieuw worden berekend. Uit de berekeningen blijkt dat de verhouding voor fosfor nauwelijks verandert (30% om 29%). Voor stikstof is echter een duidelijk verschil zichtbaar. De verhouding neemt toe van 28% naar 40%, met andere woorden in plaats van 72% wordt 'maar' 60% van de inkomende stikstof vastgelegd. Hieruit blijkt dat het 'achteraf' corrigeren voor verschillen in kwelflux en/of kwelconcentraties tot andere resultaten leidt dan een herberekening van de uit- en afspoeling met aangepaste kwelflux en kwelconcentraties.

4.4 Betrouwbaarheid gegevens (toetsing)

Om inzicht te krijgen in de mate van betrouwbaarheid van de (model)resultaten wordt de methodiek gebruikt die in de studie Ex-ante evaluatie landbouw en KRW is ontwikkeld en toegepast. Met het instrument is het mogelijk om inzicht te krijgen in welke mate de berekende nutriëntenconcentraties (zomer- of winterhalfjaar en/of jaarlijks) de gemeten nutriëntenconcentraties benaderen. De verschillen tussen gemeten en berekende nutriëntenconcentraties geven een indruk van de onzekerheid, deze komen tot uiting in de zogenoemde 'correctiefactoren'. In het vorige hoofdstuk is aangegeven op welke wijze de correctiefactor wordt berekend.

De 'correctiefactor' kan alleen voor fase 1, fase 2 en fase 3b worden bepaald. Fase 3a, waarin de bijdrage van kwel aan de N- en P-vracht naar het oppervlaktewater *achteraf* wordt gecorrigeerd, kan de correctiefactor niet worden bepaald. In tabel 34 zijn de correctiefactoren voor de verschillende fasen weergegeven.

Tabel 34

Correctiefactoren voor de stikstof- en fosforconcentraties op jaarbasis voor de Wieringermeer.

Fase	Stikstof	Fosfor
Fase 1	0,75	1,29
Fase 2	0,73	1,39
Fase 3a	-	-
Fase 3b	0,93	0,83

Zowel voor fase 1 als voor fase 2 wordt voor stikstof een correctiefactor lager dan 1,0 gevonden, de stikstofconcentraties in de uitstroompunten worden te laag geschat. Op basis van de analyses in paragraaf 4.3 kan dit zeer waarschijnlijk voor een groot deel verklaard worden doordat de kwelflux in de STONE-schematisering fors wordt onderschat en hierdoor de bijdrage van kwel aan de totale stikstofvracht naar het oppervlaktewater. De fosforconcentratie in het oppervlaktewater wordt voor zowel fase 1 als fase 2 overschat. Hier kan de overschatting gedeeltelijk verklaard worden door de (veel te) hoge opgelegde fosforconcentraties van het kwelwater. Dit wordt gedeeltelijk weer gecompenseerd door de lagere kwelflux.

De correctiefactor voor fase 3b voor de stikstofconcentratie ligt dichterbij 1,0 dan voor fase 1 en fase 2. De fosforconcentratie wordt in fase 3b nu licht onderschat, terwijl in fase 1 en fase 2 de fosforconcentratie nog wordt onderschat.

Voor het bepalen van de 'achtergrondconcentratie' van de waterlichamen met stikstof en fosfor moet een keuze gemaakt worden voor een van de fases. In tabel 35 is een overzicht gegeven van de relatieve balansverschillen voor de verschillende fases.

Tabel 35

Relatieve balansverschil voor de stikstof- en fosforvracht voor de Wieringermeer.

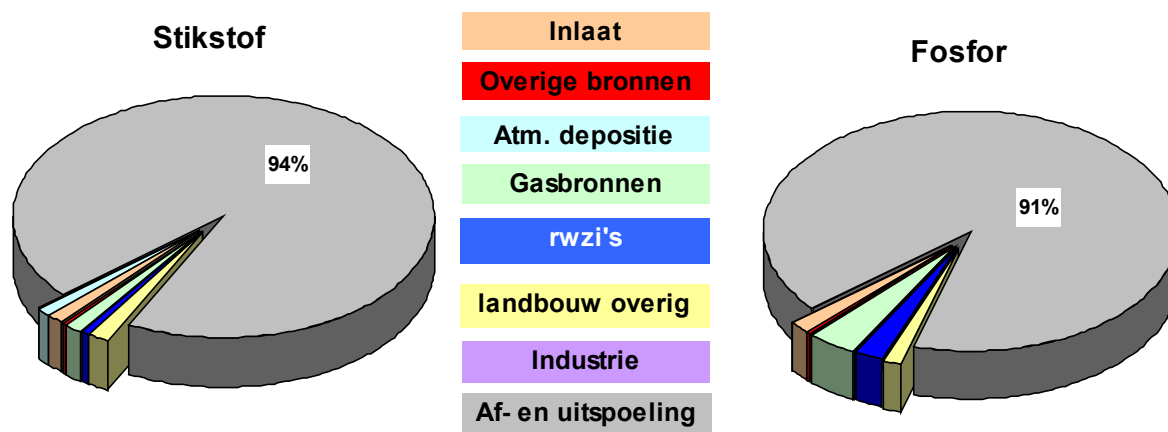
Fase	Stikstof	Fosfor
Fase 1	-14%	44%
Fase 2	-11%	51%
Fase 3a	10%	38%
Fase 3b	35%	36%

In het onderzoek van de Klein (2007) en Kronvang (2004) is aangenomen dat de retentie in de orde van 20-50% van de inkomende vracht kan zijn. Uitgaande dat dit ook voor de Wieringermeer het geval is en dat het relatieve balansverschil kan worden gerelateerd aan de retentie, voldoet alleen fase 3b zowel voor stikstof als voor fosfor aan deze range.

Op basis van de tabel 33 en tabel 34 is voor het bepalen van de theoretische achtergrondconcentraties gekozen voor de resultaten uit fase 3b.

4.5 Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater

Voor het bepalen van de 'achtergrondconcentraties' in het oppervlaktewater wordt gebruik gemaakt van de resultaten van fase 3b. In figuur 11 zijn de relatieve bijdragen van de verschillende bronnen aan de totale stikstofbelasting (links) en de fosforbelasting (rechts) in de vorm van een taartdiagram weergegeven.



Figuur 11

Gemiddelde relatieve bijdrage van de verschillend balanstermen voor de stikstof- en fosforbelasting in het oppervlaktewater voor de periode 2003-2006.

Zowel voor stikstof als voor fosfor is de grootste aanvoer afkomstig van de uit- en afspoeling van het landelijk gebied. De bijdrage van de uit- en afspoeling voor stikstof bedraagt 94%, voor fosfor is de bijdrage 91%. De bijdrage van de overige bronnen is beperkt (maximale bijdrage van een specifieke bron is < 3,2%).

De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor is een resultante van de bronnen atmosferische depositie (op het land), bemestingsoverschot, verandering in de bodemvoorraad en kwel in zowel landbouwgebieden als natuurgebieden.

Voor de onderverdeling in de beïnvloedbare en niet of nauwelijks beïnvloedbare bronnen is het noodzakelijk om de bijdrage van de uit- en afspoeling verder onder te verdelen waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen de volgende balanstermen:

- bemestingsoverschot;
- atmosferische depositie;
- kwel;
- bodemcomplex (mineralisatie en uitloging).

Het bepalen van de bijdrage van het bodemcomplex is echter zeer lastig te bepalen. Er zijn verschillende onderzoeken bekend (Hendriks et al., 2002; Plette et al., 2004; Hendriks et al., 2006; Van der Bolt et al., 2007; Van Boekel et al., 2009) waarin getracht is om deze bijdrage te kwantificeren.

In dit onderzoek wordt aangesloten bij de resultaten die gevonden zijn bij de meest recente studie (Van Boekel et al., 2009). In deze studie is de bijdrage van bronnen aan de stikstof- en fosforbelasting in het landelijk gebied aan de belasting van het oppervlaktewater geanalyseerd met het STONE-instrumentarium (versie STONE 2.3), waarbij onderscheid gemaakt is tussen zand, klei- en veengebieden.

Voor het bepalen van de bijdrage van de verschillende diffuse bronnen in het landelijke gebied zijn verschillende varianten doorgerekend. De bijdrage van de N- en P-belasting van het oppervlaktewater van de verschillende bronnen is bepaald door steeds één of meer bronnen gelijk aan nul te stellen. Door de veranderingen in de belastingen van het oppervlaktewater te relateren aan de afwezige bronnen en deze veranderingen uit te drukken in de verandering in procenten ten opzichte van de belasting in de uitgangssituatie kan de relatieve bijdrage van de afzonderlijke bronnen worden bepaald.

Door de bronnen in verschillende combinaties te elimineren worden de verschillende terugkoppelmechanismen in de relaties tussen de bronnen (via transport, processen en vastlegging) meegenomen. Als gevolg van de niet-lineaire processen resulteert dit in een range van bijdragen voor de bronnen.

De bijdrage van de bodem kan echter niet eenvoudig op nul worden gezet. De bijdrage van de bodem is bepaald als restpost nadat alle andere bronnen zijn uitgeschakeld. Voor de bijdrage van de bodem kan hierdoor geen range worden berekend. Bij het interpreteren van de resultaten moet dan ook in ogenschouw genomen worden dat ook de bijdrage van het bodemcomplex niet één waarde is, maar ook een range heeft.

In tabel 36 is de bijdrage van de verschillende balanstermen voor de periode 2001-2015 aan de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater weergegeven voor kleigronden.

Tabel 36

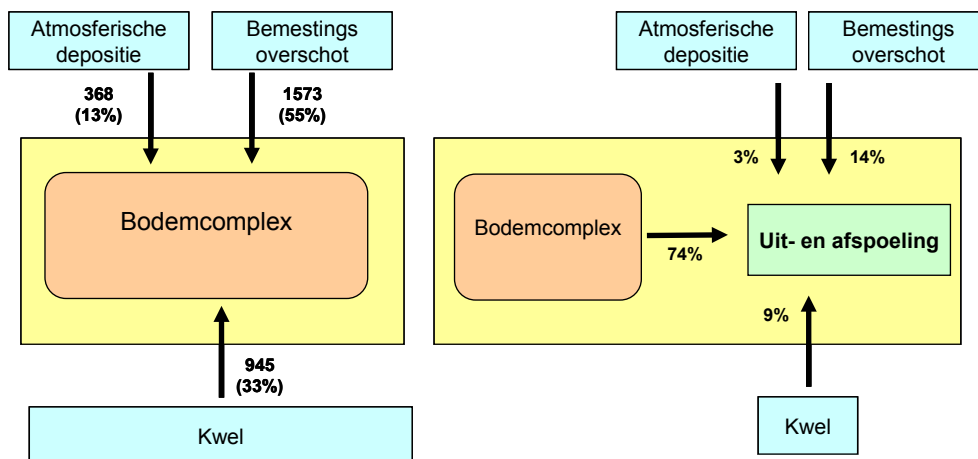
Relatieve bijdrage (%) verschillende balanstermen aan de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater voor kleigronden.

Bronnen	Stikstof %	Fosfor %
Depositie	6-11	0-0
Bemestingsoverschot	15-19	13-14
Kwel	2-2	3-3
Bodemcomplex	74	84

De gemiddelde bijdrage van het bodemcomplex aan de uit- en afspoeling voor kleigronden in Nederland bedraagt 74% voor stikstof, voor fosfor is de bijdrage 84%. Let op: Dit is **alleen** de relatieve bijdrage van de **uit- en afspoeling** en **niet** van **alle** nutriëntenbronnen). De bijdrage van het bemestingsoverschot varieert tussen de 15-19% voor stikstof en tussen de 13-14% voor fosfor. De bijdrage van kwel is voor stikstof en fosfor respectievelijk 2% en 3%. De bijdrage van de atmosferische depositie aan de stikstofbelasting varieert tussen de 6-11%.

De bijdrage van het bemestingsoverschot en van kwel wordt o.a. bepaald door regiospecifieke kenmerken van het kleigebied, waardoor de bijdrage van deze bronnen kan afwijken van de gepresenteerde resultaten uit tabel 35. In dit onderzoek is er voor gekozen om alleen de bijdrage van het bodemcomplex uit tabel 35 over te nemen.

Voor het bepalen van de bijdrage van de overige bronnen wordt gebruik gemaakt van een eenvoudige stoffenbalans en bestaat uit een aantal stappen. In figuur 12 is de werkwijze schematisch weergegeven.

**Figuur 12**

Gemiddelde relatieve bijdrage van de verschillend balanstermen voor de stikstof- en fosforbelasting in het oppervlaktewater voor de periode 2003-2007.

Stap 1: bepalen van de relatieve bijdragen op basis van de inkomende vracht

De totale input voor de Wieringermeer bedraagt 2885 ton stikstof, waarvan 1573 ton (55%) afkomstig is van het bemestingsoverschot, 945 ton stikstof (33%) wordt via kwel aangevoerd en 368 ton (13%) via atmosferische depositie (linker figuur). De bijdrage van het bodemcomplex kan (nog) niet worden bepaald.

Stap 2: bepalen relatieve bijdrage bodemcomplex

De bijdrage van het bodemcomplex aan de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater is overgenomen uit het onderzoek van Van Boekel et al. (2009). De bijdrage van het bodemcomplex aan de stikstofuitspoeling voor kleigebieden is 74%, voor fosfor is de bijdrage 84%. Let op: Dit is **alleen** de relatieve bijdrage van de **uit- en afspoeling** en **niet** van **alle** nutriëntenbronnen).

Stap 3 bepalen relatieve bijdrage overige bronnen

De som van de bijdrage van de bronnen atmosferische depositie, bemestingsoverschot en kwel kan worden bepaald op basis van stap 2 (100% - 74% = 26%). De verdeling van dit percentage over de overige bronnen is bepaald op basis van de verdeling van de inkomende vracht (zie linker figuur). De bijdrage van het bemestingsoverschot wordt dan 14%, voor kwel is de bijdrage 9% en de atmosferische depositie draagt bij voor 3% bij aan de uit- en afspoeling.

In tabel 37 zijn de absolute en relatieve bijdrage van de verschillende bronnen aan de stikstof- en fosforvracht naar het bodemcomplex weergegeven. In tabel 38 is vervolgens de bijdrage van de bronnen aan de uit- en afspoeling weergegeven.

Tabel 37

Absolute (ton jr⁻¹) en relatieve bijdrage van de bronnen bemestingsoverschot, atmosferische depositie en kwel voor de Wieringermeer.

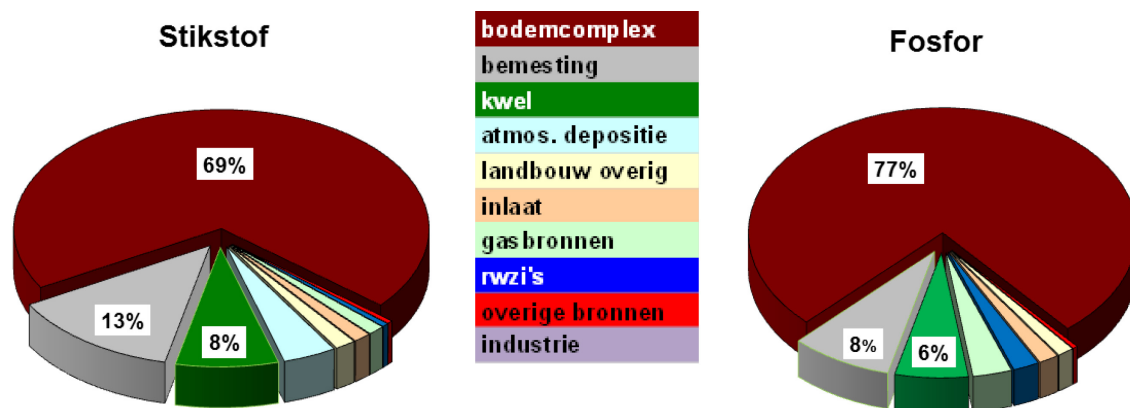
Stap 1	Stikstof		Fosfor	
	ton/j	%	ton/j	%
Bemestingsoverschot	1573	55	204	58
Atmosferische depositie	368	13	-	-
Kwel	945	33	147	42
Bodemcomplex	-	-	-	-

Tabel 38

Relatieve bijdrage van de bronnen aan de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor.

Stap 2 + stap 3	Stikstof %	Fosfor %
Bemestingsoverschot	14	9
Atmosferische depositie	3	0
Kwel	9	7
Bodem	74	84

In figuur 13 is de bijdrage van de verschillende bronnen weergegeven, inclusief overige bronnen, waarbij de uit- en afspoeling is uitgesplitst naar de verschillende componenten.



Figuur 13

Relatieve bijdrage aan de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater uitgesplitst naar de verschillende bronnen.

Zowel voor stikstof (69%) als voor fosfor (77%) draagt het bodemcomplex het meeste bij aan de eutrofiering van het oppervlaktewater. De bijdrage van het bodemcomplex is lager dan in tabel 38 is weergegeven, omdat hier hierbij gaat om **alle** bronnen (inclusief rwzi's, industrie etc) en **niet** alleen de **uit- en afspoeling**. De bijdrage van het bemestingsoverschot en kwel dragen ook voor een deel bij aan de belasting naar het oppervlaktewater. De bijdrage van de overige bronnen is beperkt.

Voor het bepalen van de achtergrondconcentratie worden de bronnen onderverdeeld in makkelijk beïnvloedbare en niet of moeilijk beïnvloedbare bronnen (tabel 39).

Tabel 39

Relatieve bijdrage beïnvloedbare en niet beïnvloedbare bronnen.

Categorie	Balansterm	Relatieve bijdrage	
		Stikstof %	Fosfor %
Beïnvloedbaar	Bemesting	13	8
	Landbouw overig	1,6	1,4
	Inlaat	1,4	1,7
	Rwzi's	0,5	2,2
	Industriële lozingen	0,0	0,0
	Gasbronnen	1,3	3,2
	Overige bronnen	0,4	0,4
	Totaal	19	17
Niet of nauwelijks beïnvloedbaar	Kwel	8,0	6,1
	Bodemcomplex	69	77
	Atmosferische depositie	4,1	-
	Totaal	81	83

De bijdrage van beïnvloedbare bronnen aan de eutrofiering van het oppervlaktewater voor stikstof bedraagt 19%, voor fosfor is de bijdrage iets lager namelijk 17%.

Het relatieve aandeel van de niet of nauwelijks beïnvloedbare bronnen kan worden gebruikt om de theoretische 'achtergrondconcentratie' te bepalen. Voor het bepalen van de gemiddelde concentratie in het oppervlaktewater zijn de meetpunten gebruikt nabij de gemalen Leemans en Lely voor de periode 2003-2006 en voor zover beschikbaar. Het gaat hierbij dus om dezelfde meetpunten die gebruikt zijn voor het toetsen van de betrouwbaarheid van het instrumentarium (tabel 40).

Tabel 40

Afleiding theoretische achtergrondconcentratie.

Wieringermeer	Stikstof	Fosfor
Gemiddelde concentratie in het oppervlaktewater (mg/l)	4,16	0,49
GEP-waarden		
Wieringermeer-West+	1,8	≤ 0,22
Wieringermeer Oost	≤ 2,9	≤ 0,22
Aandeel achtergrondbelasting (%)	81	83
Theoretische achtergrondconcentratie (mg/l)	3,37	0,41

De theoretische achtergrondconcentraties in de tabel zouden beschouwd kunnen worden als de concentraties in het oppervlaktewater na verwijdering van alle makkelijk beïnvloedbare bronnen.

De huidige GEP-waarden voor de waterlichamen in de Wieringermeer zijn vastgesteld op 1,8 en ≤ 2,9 mg/l N (Wieringermeer West+ en Oost) en ≤ 0,22 mg/l P. De achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater zijn fors hoger, waardoor het moeilijk wordt om aan de huidige GEP-waarden te voldoen.

Bij het interpreteren van bovenstaande resultaten moeten een aantal zaken in ogenschouw genomen worden. In het hoofdstuk Discussie wordt hier uitgebreid op ingegaan.

5 Discussie

Waterbalans

Bij het opstellen van de waterbalans is de som van de inlaat en kwel als restpost gebruikt. Omdat de ingelaten hoeveelheden en onttrekkingen niet nauwkeurig berekend zijn, is ook de bijdrage van de kwel niet nauwkeurig.

Door rekening te houden met de foutvoortplanting is een inschatting gemaakt van deze nauwkeurigheid. Door de mogelijke fouten in de verschillende balansen is de standaard deviatie in de berekende kwel 108 mm. Dit houdt in dat de werkelijke kwel dus fors hoger of lager kan zijn dan de gevonden waarde. Door een grotere of kleinere inlaat moet ook de kwelflux naar beneden of boven worden bijgesteld. In fase 3 wordt de opgelegde kwelflux in de STONE-schematisering vergeleken met de berekende kwelflux en wordt de bijdrage van kwel aan de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater gecorrigeerd.

In het eindresultaat wordt de bijdrage van kwel als niet of nauwelijks beïnvloedbaar geclassificeerd, de bijdrage van inlaat kan wel worden beïnvloed. De verhouding tussen inlaat en kwel bepaalt hierdoor dus ook de theoretische achtergrondconcentratie in het oppervlaktewater.

Uit en afspoeling

De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor is de resultante van de bronnen atmosferische depositie, kwel, bemestingsoverschot en het bodemcomplex. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van het STONE-instrumentarium (STONE 2.3). STONE is ontwikkeld voor toepassing op landelijke schaal met een landelijk schematisering, zodat de gesimuleerde vrachten en concentraties op nationale schaal plausibel zijn. In deze studie wordt STONE op regionale schaal ingezet met landelijke parameters.

Bijdrage bodemcomplex

Het bepalen van de bijdrage van het bodemcomplex is zeer lastig te bepalen. Er zijn verschillende onderzoeken bekend (Hendriks et al., 2002; Plette et al., 2004; Hendriks et al., 2006; Van der Bolt et al., 2007; Van Boekel et al., 2009) waarin getracht is om deze bijdrage te kwantificeren. Voor het bepalen van de bijdrage van het bodemcomplex in deze studie is gebruik gemaakt van de resultaten uit het onderzoek van Van Boekel (2009). Het bepalen van de bijdrage van de verschillende bronnen aan de uit- en afspoeling heeft binnen verschillende studies de aandacht. Binnen het project 'Monitoring Stroomgebieden' wordt in het voorjaar van 2011 een nieuwe methodiek ontwikkeld voor het bepalen van de bijdrage van de verschillende bronnen. De resultaten uit dit onderzoek worden bij een vervolgonderzoek meegenomen.

Zoals aangegeven is de bijdrage van de verschillende bronnen met het STONE-instrumentarium doorgerekend. Het STONE-instrumentarium maakt gebruik van nationale gegevens die worden toegepast voor een regionale studie. Wellicht is de 'echte' nalevering van het bodemcomplex in de Wieringermeer hoger of zelfs veel lager dan nationaal gemiddeld voor kleigronden.

De bijdrage van het bodemcomplex is 74% voor stikstof en 84% voor fosfor. Bij het gebruik van deze waarden moet in ogenschouw genomen worden dat deze percentages gebaseerd zijn op de huidige toestand, met andere woorden met het huidige bemestingsoverschot. Het bemestingsoverschot kan echter als gevolg van aanvullende maatregelen afnemen. Het bodemsysteem reageert snel op een verlaging van de stikstofgift, waardoor de nalevering vanuit het bodemsysteem ook zal afnemen. De fosfaatvoorraad in de bodem is daarentegen nog zodanig dat het tientallen jaren duurt voordat de nalevering van fosfor uit het bodemcomplex zal

afnemen. De geschatte bijdrage van het bodemcomplex voor stikstof moet dan ook gezien worden als de bovengrens en zal dus na verloop van tijd afnemen.

Achtergrondbelasting

De achtergrondbelasting is berekend door het relatieve aandeel van de niet of moeilijk beïnvloedbare bronnen aan de totale nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater te gebruiken. Hierboven is aangegeven dat de relatieve bijdrage van het bodemcomplex voor stikstof gezien kan worden als de bovengrens, waardoor de berekende achtergrondconcentratie voor stikstof ook de bovengrens is.

In deze studie is de bijdrage van het bodemcomplex geclassificeerd als niet of moeilijk beïnvloedbare bron. Door het nemen van maatregelen is het echter mogelijk om de bijdrage van het bodemcomplex omlaag te krijgen (bijvoorbeeld verlagen van de mestgift). De nalevering van het bodemcomplex aan de stikstofvrucht neemt hier relatief snel (2-4 jaar) af, voor fosfor zal dit echter nog tientallen jaren duren. Naast de lange doorlooptijd moet ook rekening worden gehouden met de kosten en de inpasbaarheid van maatregelen. Het onderdeel maatregelen maakt echter geen onderdeel uit van deze studie. De achtergrondbelasting uit dit rapport moet dan ook als bovengrens worden gezien.

Voor het bepalen van de theoretische achtergrondconcentratie is gebruik gemaakt van de gemiddelde stikstof- en fosforconcentraties voor de periode 2003-2006 van de meetpunten nabij de gemalen Leemans en Lely. Als andere metingen worden gebruikt, kan de berekende achtergrondconcentratie hoger of lager uitpakken. Bovendien zijn het gemiddelde concentraties voor het zomerhalfjaar en kunnen er ook pieken met hoge concentraties voorkomen.

6 Conclusies

In dit onderzoek is een methodiek ontwikkeld om een antwoord te kunnen geven op de kennisvragen van het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. In dit onderdeel worden de antwoorden op de kennisvragen beschreven.

Kennisvragen

Welke bronnen van nutriënten in het beheergebied van het Hollands Noorderkwartier dragen significant bij aan de belasting van het oppervlaktewater.

Voordat de bijdrage van de nutriëntenbronnen aan de belasting van het oppervlaktewater in beeld kan worden gebracht, is het noodzakelijk om de waterbalans op orde te krijgen en de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater juist in te schatten.

Waterbalans

Bij het opstellen van de waterbalans kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De balansposten neerslag, verdamping en de uitlaat via gemalen kunnen goed worden geschat. De hoeveelheid water die via de boezem, hevels en schutsluizen wordt ingelaten is niet nauwkeurig bekend.
- De bijdrage van gasbronnen en de rwzi's zijn relatief klein en kunnen als schatting worden meegenomen.
- De waterbalans is opgesteld voor een hydrologisch jaar, waardoor de bergingsveranderingen kunnen worden verwaarloosd.
- De kwelflux is als restpost gebruik (er vindt geen wegzigging plaats). Op basis van de waterbalans volgt een kwel van resp. 450 en 475 mm afhankelijk van de beschouwde periode.

Uit en afspoeling + betrouwbaarheid

Voordat de nutriëntenbalans wordt opgesteld is het van belang dat de uit- en afspoeling vanuit het landelijk gebied goed wordt ingeschat. Voor het juist inschatten van de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater wordt het modelinstrumentarium (STONE) stapsgewijs (3 fases) geregionaliseerd en verbeterend. De betrouwbaarheid van de modelresultaten worden getoetst op basis van stikstof- en fosformetingen in het oppervlaktewater.

- De aanpassingen van de modelinvoer resulteert in een forse toename van de uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater met 533 ton (86%). De fosforvracht neemt juist af met 14 ton (12%).
- De stikstofvracht wordt zowel in fase 1 als in fase 2 onderschat (correctiefactor $\pm 0,75$ en $0,73$), de fosforvracht wordt juist overschat (correctiefactor $\pm 1,29$ n $1,39$).
- Het aanpassen van de modelinvoer resulteert in een betere 'match' tussen de gemeten en berekende nutriëntenconcentraties. De gemiddelde (debietgewogen) correctiefactor voor de stikstofvracht is $0,93$ en voor de fosforvracht is de correctiefactor $0,83$.

Nutriëntenbalans

Na het berekenen van de uit- en afspoeling van het landelijke gebied naar het oppervlaktewater is een nutriëntenbalans opgesteld, waarbij gebruik gemaakt is van gegevens uit de EmissieRegistratie (rwzi's, industriële lozingen, overige landbouwemissies, atmosferische depositie open water en overige bronnen), de nutriëntenconcentraties bij de inlaat- en uitlaatpunten en de waterbalans. Uit de nutriëntenbalans is het volgende gebleken:

- Het relatieve balansverschil tussen de uitgaande en ingaande vracht is 35% voor stikstof en 36% voor fosfor. Het positieve balansverschil kan voor een deel verklaard worden met retentie. De retentie is in overeenstemming met retentiewaarden die in eerdere studies van De Klein en Kronvang zijn genoemd.
- De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor levert de grootste bijdrage aan nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater. Zowel voor stikstof als voor fosfor is dit meer dan 90%. De bijdrage van de overige bronnen is beperkt.

Welk deel van deze bronnen kan worden toegeschreven aan (antropogene) beïnvloedbare bronnen en welk deel kan toegeschreven worden aan de gebiedseigen achtergrondbelasting (niet of nauwelijks beïnvloedbare bronnen) binnen het beheergebied van het Hollands Noorderkwartier.

De bronnen uit de nutriëntenbalans zijn ingedeeld in twee categorieën, de (makkelijk) beïnvloedbare bronnen en de niet of nauwelijks beïnvloedbare bronnen. Met uitzondering van de uit- en afspoeling kunnen de bronnen uit de nutriëntenbalans worden toegekend aan één van de categorieën. De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor is de resultante van de bronnen, atmosferische depositie (op het land), bemestingsoverschot, verandering in de bodemvoorraad (bodemcomplex) en kwel. Voor het bepalen van de theoretische achtergrondconcentraties zijn deze bronnen verder opgesplitst.

- De bijdrage van het bodemcomplex aan de uit- en afspoeling is zowel voor stikstof (74%) als voor fosfor (84%) fors. De bijdrage van het bemestingsoverschot is 14% voor stikstof en 9% voor fosfor. De bijdrage voor kwel is respectievelijk 9% en 7%. De bijdrage van atmosferische depositie is beperkt.
- De bronnen kwel, bodemcomplex en atmosferische depositie worden gezien als niet of nauwelijks beïnvloedbare bronnen en kunnen hierdoor als 'achtergrond' belasting worden gezien. Het bemestingsoverschot is toegekend aan de categorie (makkelijk) beïnvloedbaar.

Wat zijn gegeven het aandeel van deze bronnen de theoretische achtergrondconcentraties van stikstof en fosfor voor de waterlichamen in het beheergebied van het hoogheemraadschap.

Voor het bepalen van de achtergrondconcentraties zijn de gemiddelde waarden voor de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater voor de meetpunten nabij de gemalen voor de periode 2003-2006 gebruikt. Dit resulteert in de volgende theoretische achtergrondconcentraties:

- 3,37 mg N/l voor totaal stikstof;
- 0,41 mg P/l voor totaal fosfor.

Aanbevelingen

- Voor het opstellen van een sluitende waterbalans is het van belang dat de ingelaten hoeveelheden, met hevels, inlaatpunten en schutverliezen, bekend zijn omdat hiermee de kwel en daarmee de achtergrondbelasting beter kan worden geschat. Het dient dus de aanbeveling dat deze hoeveelheden in de toekomst nauwkeuriger worden bepaald.
- Met de toegepaste methodiek is het mogelijk om een beeld te krijgen van de achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater voor de Wieringermeer. De methodiek kan ook worden toegepast voor andere gebieden binnen het beheergebied van het hoogheemraadschap. Voorwaarde is dat er een (min of meer) sluitende waterbalans kan worden opgesteld, en dat er metingen met betrekking tot de stikstof- en fosforconcentraties beschikbaar zijn.

Literatuur

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.

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.

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

Cultuurtechnische Vereniging, 1988. *Cultuur technisch vademecum*. Utrecht.

Dam, H. van, 2009. Evaluatie basismetnet waterkwaliteit Hollands Noorderkwartier: trendanalyse hydrobiologie, temperatuur en waterchemie 1982-2007. In opdracht van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Amsterdam. Rapport 708.

Databestanden HHNK voor waterkwaliteit en kwantiteit.

EmissieRegistratie, 2008. www.emissieregistratie.nl

Gaast J.W.J. van der en J.M.P.M Peerboom, 1996. *Effecten van desanering van gasbronnen in Noord-Holland benoorden het IJ op de nutriënten- en chloridebelasting van het oppervlaktewater*. SC-DLO-rapport 411, Wageningen.

Gemeente Wieringermeer, 2009. *Bestemmingsplan Uitbreiding Agriport A7, grootschalig glastuinbouw*.

Heijboer D. en J. Nellestijn, 2002. *Klimaatatlas van Nederland. De normaalperiode 1971-2000*. KNMI, De Bilt.

Hendriks, R.F.A., R. Kruijne, 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.

Hendriks, R.F.A., D.J.J. Walvoort en M.H.J.L. Jeuken, 2006 (in prep.). *Evaluation of SWAP and ANIMO for simulating nutriënt loading of surface water for a peat land area. Calibration, validation, and system and scenario analysis for a study area in the Vlietpolder*. Report 619, Alterra, Wageningen.

Jansen, H.C., L.V. Renaud, T.P. Leenders en F.J.E. van der Bolt, 2006. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Schuitenbeek Fase 1*. Alterra-rapport 1272, ISSN 1566-7197. Reeks Monitoring Stroomgebieden.

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.

Klein J.J.M. de en R. Portielje, 2007. *Effecten van hydromorfologische ingrepen op de afleiding van MEP/GEP voor nutriënten*. Alterra-rapport 1611, Wageningen.

Klein J.J.M. de en B. Brinkman, 2007. *Effecten van hydromorfologische ingrepen op nutriëntenconcentraties en overige fysisch-chemische grootheden in oppervlaktewater*. Rapportnummer 1416, Alterra, Wageningen.

Kroes, J.G., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders en L.V. Renaud, 2006. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Krimpenerwaard Fase 1*. Alterra-rapport 1273, ISSN 1566-7197. Reeks Monitoring Stroomgebieden 5-III. Alterra, Wageningen.

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.

Kronvang, B. en J. Hezlar et al., 2004. *Nutrient Retention Handbook. Software Manual for EUROHARP-NUTRET and Scientific review on nutrient retention*. Oslo, Norway, NIVA.

Plette, S., C. van Beek en C. van der Salm, 2004. *Mest en oppervlaktewater. Een synthese van de 3 DOVE projecten t.b.v. de evaluatie meststoffenwet 2004*. RIZA werkrapport, nr. 2004.092x

Roelsma, J., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders en L.V. Renaud, 2006. *Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Drentse Aa Fase 1*. Alterra-rapport 1271, ISSN 1566-7197. Reeks Monitoring Stroomgebieden 5-I. Alterra, Wageningen.

Roelsma, J., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders en L.V. Renaud, 2006. *Systeemanalyse voor het bemalingsgebied Quarles van Ufford Fase 1*. Alterra-rapport 1274, ISSN 1566-7197. Reeks Monitoring Stroomgebieden 5-IV. Alterra, 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 Drentse Aa Fase 2*.; Alterra-rapport 1386, ISSN 1566-7197. Reeks Monitoring Stroomgebieden 8-I. Alterra, Wageningen.

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.

Someren, M.H. van, 2001. *De kwel- en infiltratiekaart van Noord-Holland Noord*. Van Someren Consultancy, Wijk aan Zee.

Royal Haskoning, 2002. *Waterkansen in Hollands Noorderkwartier Noord*. Definitief technisch achtergrondrapport.

Royal Haskoning, 2002. *Waterkansen in Hollands Noorderkwartier Noord*. Bestuurlijk rapport.

Voorde, M. ten, 2004. *Watertekort in het Hollands Noorderkwartier. Het bepalen van de kwantitatieve bijdrage van oplossingen voor het watertekort en een uitwerking van het watertekort in de Schermer-Noord*. Afstudeeronderzoek Universiteit Twente.

Werkgroep Noord-Holland, 1982. *Kwantiteit en kwaliteit van grond- en oppervlaktewater in Noord-Holland benoorden het IJ*. Regionale studie 16. ICW, Wageningen.

Witteveen en Bos, 2007. Nadere uitwerking waterkwaliteit en ecologische kwaliteit Wieringerrandmeer.

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

Bijlage 1 Neerslag

Tabel B1.1

Aandeel neerslagstation in ha op het oppervlak van de Wieringermeer c.q. de afdelingen op basis van Thiessenpolygonen.

Oppervlak (ha)	Neerslagstations						Totaal
	227	236	238	239	240	252	
	Anna Paulowna	Medemblik	De Haukes	Den Oever	Kreileroord	Kolhorn	
Afdeling 1	87,7		2.730,8	290,6		45,3	3.154,4
Afdeling 2		2.454,6	597			3.450,7	6.502,3
Afdeling 3		1.493,5	1.381,4	1.217,9	2.795,5	19,7	6.908
Afdeling 4		1.841,8			1.437,2		3.279
Wieringermeer	87,7	5.789,9	4.709,2	1.508,5	4.232,7	3.515,7	19.843,7

Tabel B1.2

Aandeel neerslagstation (%) op het oppervlak van de Wieringermeer c.q. de afdelingen op basis van Thiessenpolygonen.

Percentage %	Neerslagstations						Totaal
	227	236	238	239	240	252	
	Anna Paulowna	Medemblik	De Haukes	Den Oever	Kreileroord	Kolhorn	
Afdeling 1	2,8%		86,6%	9,2%		1,4%	100,0%
Afdeling 2		37,7%	9,2%			53,1%	100,0%
Afdeling 3		21,6%	20,0%	17,6%	40,5%	0,3%	100,0%
Afdeling 4		56,2%			43,8%		100,0%
Totaal	0,4%	29,2%	23,7%	7,6%	21,3%	17,7%	100,0%

Tabel B1.3*Jaarsommen in mm neerslag voor zes neerslagstations in en nabij de Wieringermeer.*

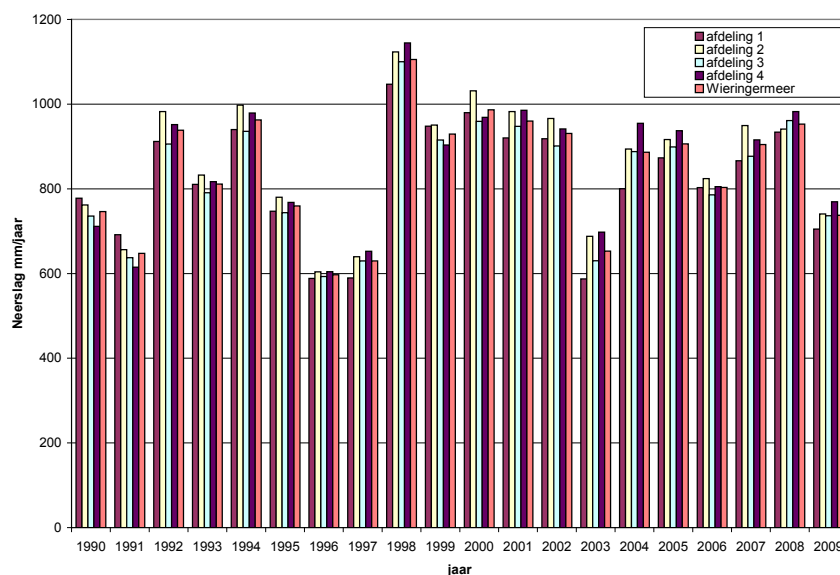
Neerslagsom	Anna Paulowna	Medemblik	De Haukes	Den Oever	Kreileroord	Kolhorn
Jaar	227	236	238	239	240	252
1990	758,4	714,7	778,3	778,0	706,9	792,6
1991	708,8	625,9	693,4	671	600,9	671,7
1992	940,0	1.021,3	916,6	850,1	862,4	966,4
1993	844,1	862,3	816,0	747,1	758,6	814,6
1994	964,0	1.035,1	946,2	867,0	907,2	979,9
1995	743,8	808,9	749,6	723,5	715,0	764,8
1996	613,6	629,3	585,8	603,7	572,1	588,9
1997	653,6	652,1	585,8	597,4	653,4	640,0
1998	1.132,5	1.158,6	1.045,1	1.029,3	1.126,4	1.111,9
1999	980,7	896,5	951,0	903,3	912,7	989,2
2000	1.092,3	974,4	982,6	906,6	961,7	1.080,2
2001	990,3	1.012,8	920,2	889,9	950,8	971,5
2002	1.056,0	1.013,4	919,7	861,3	849,3	940,7
2003	650,6	761,8	588,0	550,9	615,4	652,8
2004	876,6	986,3	795,9	811,1	914,5	845,7
2005	909,5	976,9	873,0	863,4	886,2	881,4
2006	874,6	815,3	810,3	706,8	792,0	832,8
2007	967,8	941,5	869,3	791,9	882,9	969,2
2008	1.012,7	966,4	936,7	885,9	1.003,4	924,0
2009	761,7	772,2	707,7	657,9	765,9	724,2
Gemiddeld	876,6	881,3	823,6	784,8	821,9	857,1

In tabel B1.2 zijn de oppervlakten weergegeven als percentage van het totale oppervlak. Voor de zes neerslagstations, die van belang zijn voor de Wieringermeer, zijn in tabel B1.3 de jaarsommen weergegeven voor de periode 1990-2009. In tabel B1.4 is per afdeling de jaarsom van de neerslag weergegeven. Het verschil in jaarlijkse neerslag tussen de vier afdelingen varieert tussen 15,9 en 154,6 mm/jaar in resp. 1996 en 2004.

Tabel B1.4

Jaarsommen in mm neerslag voor vier afdelingen en de Wieringermeer.

Jaar	Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3	Afdeling 4	Wieringermeer
1990	777,9	761,9	735,6	711,3	746,2
1991	691,5	656,4	637,4	615,0	647,8
1992	911,8	982,5	905,7	951,7	938,6
1993	810,4	832,7	790,6	816,9	811,1
1994	939,9	997,6	935,8	979,1	962,9
1995	747,2	780,0	743,8	767,8	759,5
1996	588,3	603,8	592,8	604,2	597,0
1997	589,5	639,6	629,7	652,7	629,7
1998	1.047,0	1.123,4	1.100,0	1.144,5	1.105,5
1999	948,0	950,7	915,4	903,6	929,2
2000	980,0	1.031,3	959,3	968,8	986,7
2001	920,1	982,4	947,4	985,6	959,9
2002	918,4	966,2	901,2	941,5	931,0
2003	587,2	687,9	630,3	697,7	652,9
2004	800,3	894,1	887,9	954,9	886,3
2005	873,3	916,6	899,1	937,2	906,2
2006	802,9	824,1	785,8	805,1	803,4
2007	866,3	949,6	877,1	915,8	904,6
2008	934,0	941,2	961,1	982,6	952,8
2009	704,9	740,8	736,5	769,4	737,6
Gemiddeld	821,9	863,1	828,6	855,3	842,4

**Figuur B1.1**

Jaarlijkse neerslag voor de Wieringermeer en de vier afdelingen binnen de Wieringermeer.

Bijlage 2 Verdamping

Tabel B2.1

Referentiegewasverdamping in mm voor station De Kooij en Berkhout.

Verdamping	De Kooij	Berkhout		
Jaar	235	244	249	Verschil
1990	627,0			
1991	571,0			
1992	621,5	581,3		40,2
1993	575,5	543,9		31,6
1994	580,1	557,4		22,7
1995	633,4	611,5		21,9
1996	558,3			
1997	603,0			
1998	538,6			
1999	625,5			
2000	568,9		562,1	6,8
2001	618,0		595,7	22,3
2002	601,1		584,6	16,5
2003	675,3		645,4	29,9
2004	593,5		577,8	15,7
2005	601,5		592,1	9,4
2006	627,3		609,3	18,0
2007	630,3		594,3	36,0
2008	639,5		599,3	40,2
2009	661,3		627,8	33,5
Totaal	607,5	573,5	598,8	24,6

Dat De Kooij sterker onder invloed staat van de Noordzee (kusteffect) blijkt uit de hogere verdampingswaarde dan voor Berkhout (tabel B2.1). De verschillen op jaarbasis variëren tussen de 6,8 en 40,2 mm en bedragen gemiddeld 24,6 mm. In tabel B2.2 staan de referentiegewasverdamping en het neerslagoverschot voor de verschillende afdelingen weergegeven.

Tabel B2.2*Referentiegewasverdamping en neerslagoverschot in mm voor de hydrologisch jaren 2003 t/m 2009 in mm.*

Hydrologisch jaar	Referentie gewasverdamping	Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3	Afdeling 4	Wieringermeer
2003	630,5	57,9	184,9	117,4	215,6	143,7
2004	581,7	178,6	262,4	265,2	290,4	259,5
2005	585,3	231,7	260,4	247,3	277,1	255,1
2006	619,6	334,9	370,2	327,2	371,1	347,0
2007	589,0	230,9	311,3	243,2	317,0	270,2
2008	595,8	283,7	274,6	294,7	273,9	287,6
2009	627,5	78,4	109,8	107,5	121,8	108,7
Gemiddeld	604,2	199,5	253,4	228,9	266,7	238,8

Tabel B2.3*Landgebruik in procenten voor de Wieringermeer.*

LGN5	Landgebruik	Totaal	Oost	West	Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3	Afdeling 4
1	Gras	8,7%	6,6%	10,9%	15,1%	8,9%	5,1%	9,9%
2	Maïs	2,2%	2,5%	1,9%	3,7%	1,0%	1,6%	4,4%
3	Aardappelen	25,3%	26,2%	24,3%	23,2%	24,9%	26,3%	25,8%
4	Bieten	14,0%	13,9%	14,1%	11,3%	15,4%	13,9%	14,0%
5	granen	13,8%	13,5%	14,0%	11,1%	15,5%	10,4%	20,2%
6	Overige landbouw	19,8%	18,8%	20,9%	18,3%	22,2%	19,9%	16,6%
8	Glastuinbouw	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
9	Boomgaard	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
10	Bollen	3,6%	3,8%	3,5%	4,9%	2,8%	4,2%	2,9%
11	Loofbos	2,2%	3,5%	0,8%	2,3%	0,0%	5,1%	0,1%
12	Naaldbos	0,6%	0,9%	0,3%	0,9%	0,0%	1,3%	0,0%
16	Zoet water	1,8%	1,5%	2,0%	3,1%	1,5%	1,5%	1,6%
18	Sted. bebouwd	1,5%	1,8%	1,1%	0,3%	1,6%	2,5%	0,4%
19	Bebouwing	0,3%	0,1%	0,5%	0,1%	0,7%	0,1%	0,1%
20	Loofbos in beb.	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
21	Naaldbos in beb.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
22	Bos met dichte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
23	Gras in beb	0,6%	0,6%	0,6%	0,3%	0,8%	0,9%	0,1%
25	Hoofdwegen	3,9%	3,8%	4,0%	4,1%	3,9%	4,3%	2,6%
26	Bebouwing	1,0%	1,1%	0,9%	1,1%	0,8%	1,1%	1,1%
42	Riet	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
43	Bos in moeras	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
45	Overig begroeid	0,5%	1,0%	0,0%	0,1%	0,0%	1,5%	0,0%

Tabel B2.4*Geclusterd landgebruik in procenten voor de Wieringermeer.*

Landgebruik	Wieringermeer						
	Totaal	Oost	West	Afdeling 1	Afdeling 2	Afdeling 3	Afdeling 4
Gras	12,9%	13,0%	12,7%	18,8%	9,7%	14,3%	10,2%
Maïs	2,2%	2,5%	1,9%	3,7%	1,0%	1,6%	4,4%
Aardappelen	25,3%	26,2%	24,3%	23,2%	24,9%	26,3%	25,8%
Bieten	14,0%	13,9%	14,1%	11,3%	15,4%	13,9%	14,0%
Granen +overig	33,6%	32,3%	34,9%	29,4%	37,6%	30,2%	36,8%
Bollen	3,6%	3,8%	3,5%	4,9%	2,8%	4,2%	2,9%
Water	1,8%	1,5%	2,0%	3,1%	1,5%	1,5%	1,6%
Bebouwing	6,7%	6,8%	6,5%	5,6%	7,0%	8,1%	4,3%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabel B2.5*Gewogen gewasfactoren voor de Wieringermeer.*

Maand	Decade	Gras	Maïs	Aardappelen	Bieten	Granen	Bollen	Water	Stedelijk
Jan.	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	0,5
	2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	0,5
	3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	0,5
Feb.	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	0,5
	2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	0,5
	3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	0,5
Mrt.	1	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,25	0,5
	2	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,25	0,5
	3	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,25	0,5
Apr.	1	1,0	0,3	0,3	0,3	0,7	0,3	1,25	0,5
	2	1,0	0,3	0,3	0,3	0,8	0,3	1,25	0,5
	3	1,0	0,3	0,3	0,3	0,9	0,3	1,25	0,5
Mei	1	1,0	0,5	0,25	0,5	1,0	0,25	1,25	0,5
	2	1,0	0,7	0,7	0,5	1,0	0,5	1,25	0,5
	3	1,0	0,8	0,9	0,5	1,0	0,7	1,25	0,5
Jun.	1	1,0	0,9	1,0	0,8	1,2	0,7	1,25	0,5
	2	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	0,9	1,25	0,5
	3	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2	1,2	1,25	0,5
Jul.	1	1,0	1,3	1,2	1,2	1,0	1,2	1,25	0,5
	2	1,0	1,3	1,1	1,1	0,9	1,2	1,25	0,5
	3	1,0	1,2	1,1	1,1	0,8	1,2	1,25	0,5
Aug.	1	1,0	1,2	1,1	1,1	0,6	1,2	1,25	0,5
	2	1,0	1,2	1,1	1,2	0,3	1,2	1,25	0,5
	3	1,0	1,2	1,1	1,2	0,3	1,2	1,25	0,5
Sept.	1	1,0	1,2	0,7	1,2	0,4	1,2	1,25	0,5
	2	1,0	1,2	0,4	1,1	0,4	1,2	1,25	0,5
	3	1,0	1,2	0,4	1,1	0,4	1,2	1,25	0,5
Okt.	1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,25	0,5
	2	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,25	0,5
	3	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,25	0,5
Nov.	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1	1,25	0,5
	2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1	1,25	0,5
	3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1	1,25	0,5
Dec.	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1	1,25	0,5
	2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1	1,25	0,5
	3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1	1,25	0,5

Bijlage 3 Inschatting capaciteit hevels

De hoeveelheid water die via hevels wordt ingelaten is vrij onzeker, de capaciteit wordt niet gemeten, het aantal is onbekend evenals de periode waarin de hevel wordt gebruikt.

Voor het schatten van de hoeveelheid water die via hevels aan het IJsselmeer wordt onttrokken zijn meerdere bronnen en methoden beschikbaar.

Op basis van formules

Voorals het IJsselmeer liggen verschillende hevels, waarmee water over de IJsselmeerdijk kan worden ingelaten in het gebied. Ook op andere locaties langs de rand van de Wieringermeer liggen nog enkele hevels. Deze hevels worden niet bemeten. Om een idee te krijgen van de capaciteit van de hevel kan gebruik worden gemaakt van de volgende formule:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{\frac{2g\Delta H}{\xi}}$$

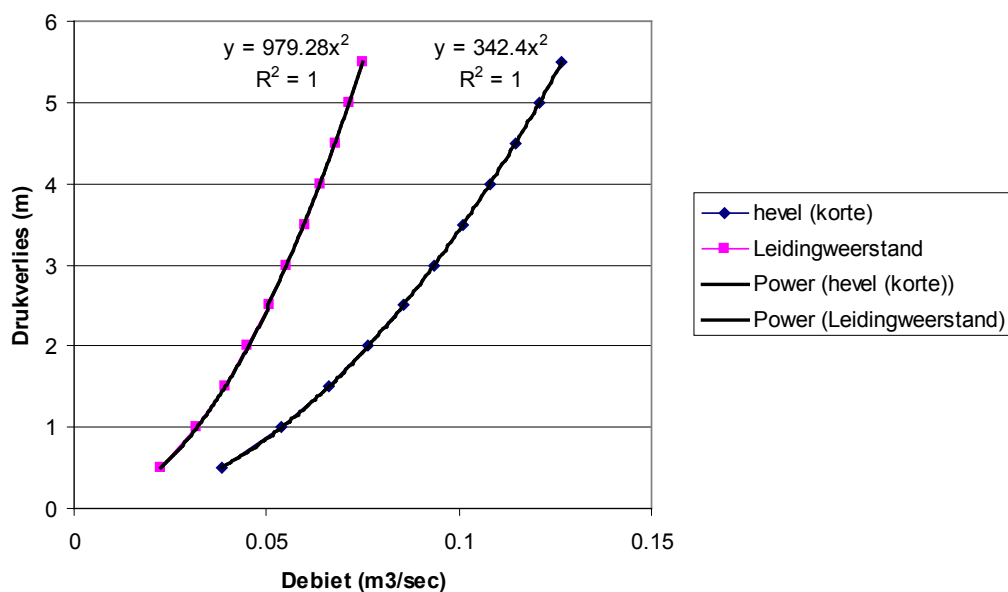
Hierin is D diameter van de pijp in m, ΔH drukverschil tussen IJsselmeer en polderpeil, ξ wrijvingsverlies als gevolg van in en uitstromingsverliezen.

Als we voor $D = 0,15$ m, voor $\Delta H = 5,5$ m en voor $\xi = 2,1$ aanhouden bedraagt het berekende debiet van een hevel ca. 125 l/sec, dit is bijna 11.000 m³/dag. Bij 40 werkende hevels kan daarmee 0,44 miljoen m³/dag worden ingelaten. De formule is van toepassing voor korte pijpen. Omdat de afstand waarover het water getransporteerd wordt enkele tientallen meters bedraagt, moet rekening worden gehouden met wrijvingsverlies in de leiding waardoor het debiet kleiner uitvalt.

Het drukverlies bij stroming door buizen kan met een vergelijkbare formule worden berekend:

$$h_v = \lambda \frac{Lv^2}{d \cdot 2g}$$

Hierin is λ het wrijvingsverlies, hiervoor is een waarde van 0,018 aangehouden. Beide formules zijn toegepast voor verschillende drukverliezen (figuur B3.1).



Figuur B3.1

Relatie tussen drukverlies en debiet voor korte hevels en leidingweerstand.

Het totale drukverlies wordt verdeeld over in- en uitstromingsverliezen en wrijvingsverliezen. Bij eenzelfde debiet is het wrijvingsverlies groter dan het in- en uitstromingsverlies. Voor twee diameters van hevels is het debiet van een hevel doorerekend.

Tabel B3.1

Inschatting debiet en drukverlies voor een hevel over de IJsselmeerdijk.

Diameter (cm)	Debiet (l/sec)	In- en uittreeverlies (m)	Wrijvingsverlies (m)
0,15	64	1,5	4,0
0,10	25	1,0	4,5

Uitgaande van 40 hevels die 100 dagen in bedrijf zijn geeft een berekend debiet van resp. 8,6 en 22,4 miljoen m³ bij een diameter van resp. 0,1 en 0,15 m.

Op basis van gegevens van het Hoogheemraadschap

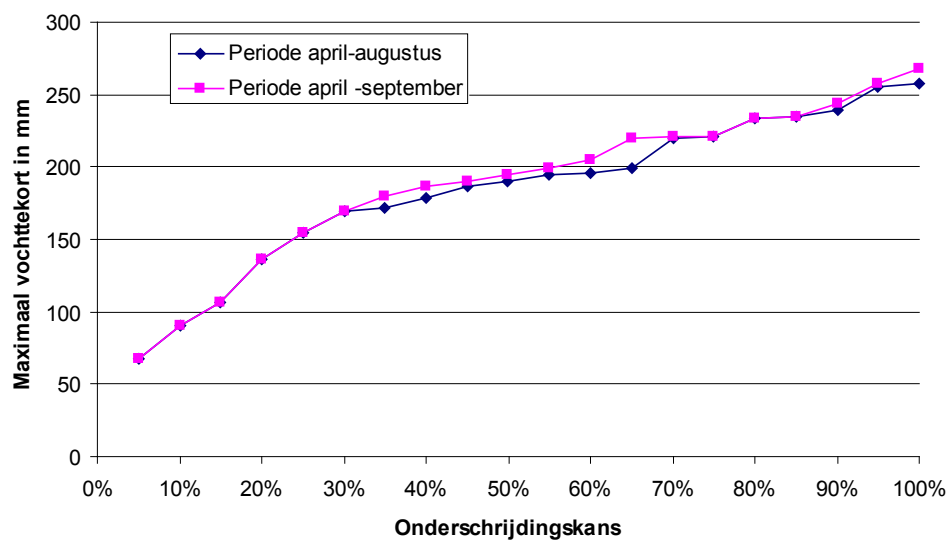
Er is vergunning om 1 miljoen m³ per jaar via hevels aan het IJsselmeer te onttrekken. Het vermoeden is dat in werkelijkheid veel meer water wordt ingelaten, volgens bureau Arcacia variëren de ingelaten hoeveelheden tussen 1,5 en 6 miljoen m³ per jaar. Volgens opgave van een boer (mondelinge mededeling bureau Arcacia) is de hoeveelheid die door de hevel stroomt 60-70 m³/uur, omgerekend 17-20 l/sec. Er wordt daarbij soms ook gebruik gemaakt van een motor. Als we uitgaan van 100 dagen en 40 hevels geeft dit een inlaat van 6.000.000 m³/jaar. Het waterschap noemt 4,5 miljoen m³ per jaar, als we dit omslaan naar de gehele Wieringermeer dan is dit 22,7 mm per jaar. In tabel B3.2 zijn de hoeveelheden voor de periode 2005 t/m 2009 weergegeven.

Tabel B3.2*Ingeschatte hoeveelheden via Hevels, opgave HHNK.*

Debiet	2005	2007	2008	2009
Maand	m ³	m ³	m ³	m ³
1	0	0	0	0
2	0	30.000	18.000	31.000
3	62.000	93.000	31.000	43.000
4	120.000	180.000	77.000	75.000
5	248.000	248.000	178.000	174.000
6	480.000	372.000	252.000	248.000
7	992.000	180.000	339.000	345.000
8	744.000	31.000	175.000	180.000
9	240.000	0	30.000	31.000
10	62.000	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
Totaal	2.948.000	1.134.000	1.100.000	1.127.000

Op basis van de droogtegraad

Naast bovenstaande methode kan de hoeveelheid ook worden bepaald op basis van de droogtegraad van het jaar. De ingelaten hoeveelheid heeft een relatie met de droogtegraad van het jaar. Om de verschillen in ingelaten hoeveelheid in rekening te brengen is het maximale neerslagtekort bepaald in het groeiseizoen (april t/m augustus, resp. april t/m september) voor de periode 1990-2009.

**Figuur B3.2***Onderschrijdingskans van het maximale neerslagoverschot.*

Het maximale vochttekort voor de periode april t/m augustus verschilt nauwelijks van de periode april t/m september. Verder is aangenomen dat de ingelaten hoeveelheid in het groeiseizoen met het geringste maximale vochttekort overeenkomt met 1,5 miljoen m³/jaar en in het jaar met het grootste maximale vochttekort overeenkomt met 6 miljoen m³/jaar. Voor de tussenliggende jaren is de ingelaten hoeveelheid geschat naar rato van het maximale vochttekort in dat jaar, met onderstaande formule:

$$Inlaat = 1,5 + (MaxVochttekortGroeiseizoen - 67,7) * 0,022534$$

Toepassing van deze relatie op de periode 1990-2009 geeft een schatting van de aanvoer via hevels in tabel B3.3.

Tabel B3.3

Geschatte inlaat via hevels op basis van het vochttekort en ingeschatte maximale en minimale inlaat.

jaar	Maximaal vochttekort groeiseizoen mm	Ingeschatte Inlaat Hevels in miljoen m ³	mm/jaar
1990	257,1	5,77	29,1
1991	172,3	3,86	19,4
1992	154,1	3,45	17,4
1993	189,7	4,25	21,4
1994	186,4	4,17	21,0
1995	219,3	4,92	24,8
1996	221,3	4,96	25,0
1997	178,1	3,99	20,1
1998	67,7	1,50	7,6
1999	255,6	5,73	28,9
2000	199,8	4,48	22,6
2001	194,4	4,36	21,9
2002	107,0	2,39	12,0
2003	239,4	5,37	27,1
2004	168,9	3,78	19,1
2005	90,0	2,00	10,1
2006	233,3	5,23	26,4
2007	136,6	3,05	15,4
2008	234,2	5,25	26,5
2009	195,9	4,39	22,1
Gemiddeld	185,1	4,14	20,9

Bijlage 4 Inlaatpunten Amstelmeerboezem

Naast hevels zijn er enkele inlaatpunten vanuit Amstelmeerboezem-Waard-Groetkanaal (foto B4.1 t/m B4.3):

- Waard-Groetkanaal ten noorden van de Nieuwe Sluizerbrug.
- Inlaat Ulkersluis.
- Inlaat Wieringerrandweg.



Foto B4.1

Inlaatpunt ten noorden van de Nieuwe Sluizerbrug.



Foto B4.2

Inlaatpunt Ulkersluis.



Foto B4.3

Inlaatpunt Wieringerrandweg.

In tabel B4.1 zijn de maandcijfers in m³ voor de drie locaties weergegeven.

Tabel B4.1*Maandcijfers (m³/maand) voor de inlaatpunten voor de Wieringermeer.*

Jaar	Maand	Wieringerrandweg	waardweg	Ulkersluis	Totaal
2006	8	14.480	0	2.141	16.621
	9	49.502	0	56.895	106.397
	10	45.675	0	15.054	60.729
	11	43.185	0	12.238	55.423
	12	38.924	0	10.199	49.123
2007	1	36.383	0	11.224	47.607
	2	32.753	0	10.153	42.906
	3	33.704	0	16.032	49.736
	4	189.053	0	141.062	330.115
	5	186.139	0	111.877	298.016
	6	144.326	0	93.364	237.690
	7	98.206	0	71.956	170.162
	8	95.117	0	103.610	198.727
	9	75.009	0	85.346	160.355
	10	56.333	0	31.673	88.006
	11	37.587	0	35.396	72.983
	12	4.916	0	38.204	43.120
2008	1	1.643	0	41.460	43.103
	2	1.537	0	41.232	42.769
	3	1.637	0	37.250	38.887
	4	91.878	0	90.543	182.421
	5	205.097	0	141.380	346.477
	6	164.067	0	140.290	304.357
	7	182.377	0	175.415	357.792
	8	128.182	0	75.810	203.992
	9	42.665	0	33.585	76.250
	10	7.091	0	37.601	44.692
	11	3.108	0	37.206	40.314
	12	3.205	3.507	38.477	45.189
2009	1	3.209	5.240	37.610	46.059
	2	2.897	4.662	24.011	31.570
	3	2.586	10.333	36.185	49.104
	4	91.502	12.312	115.113	218.927
	5	122.285	18.248	105.793	246.326
	6	130.402	16.056	124.637	271.095
	7	180.952	30.949	171.443	383.344
	8	143.467	33.983	147.409	324.859
	9	91.262	33.134	110.731	235.127
	10	146.992	37.050	36.697	220.739
	11	40.335	17.789	25.396	83.520
	12	3.626	12.738	32.015	48.379
2010	1	3.713	12.727	40.195	56.635
	2	3.270	11.512	31.848	46.630
	3	9.175	20.012	47.576	76.763
	4	109.287	37.746	122.773	269.807
	5	143.236	68.794	135.623	347.653
	6	166.785	37.323	174.407	378.515
	7	148.267	52.854	186.636	387.757

Bijlage 5 Afvoergegevens

Tabel B5.1

Uitgeslagen hoeveelheden in m³ over de periode september 2006 - juni 2010 voor gemaal Lely.

Jaar	Dagen	Pomp 1	Pomp 2	Pomp 3	Totaal	m ³ /dag	mm/d
2006	122	1.146.384	5.063.949	5.133.726	11.344.059	92.9840,47	
2007	365	6.652.980	5.575.671	11.900.772	24.129.423	66.1080,33	
2008	365	13.376.106	9.287.019	18.421.992	41.085.117	112.5620,57	
2009	365	28.723.608	25.620.768	25.857.270	80.201.646	219.7311,11	
2010	181	11.862.819	22.621.401	18.423.963	52.908.183	292.3101,47	
Eindtotaal	1.398	61.761.897	68.168.808	79.737.723	209.668.428	149.9770,76	

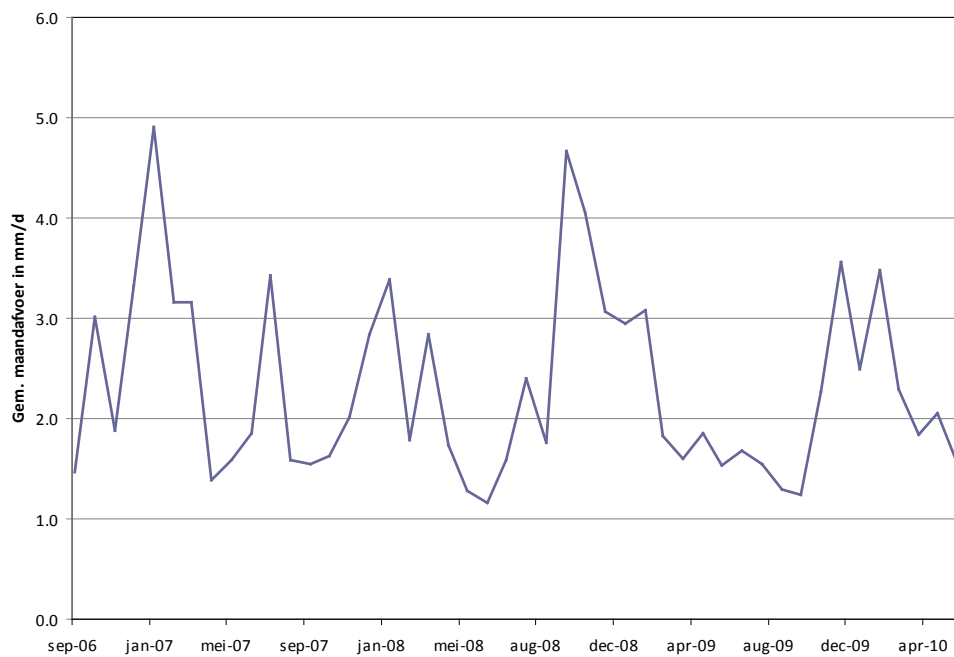
Tabel B5.2

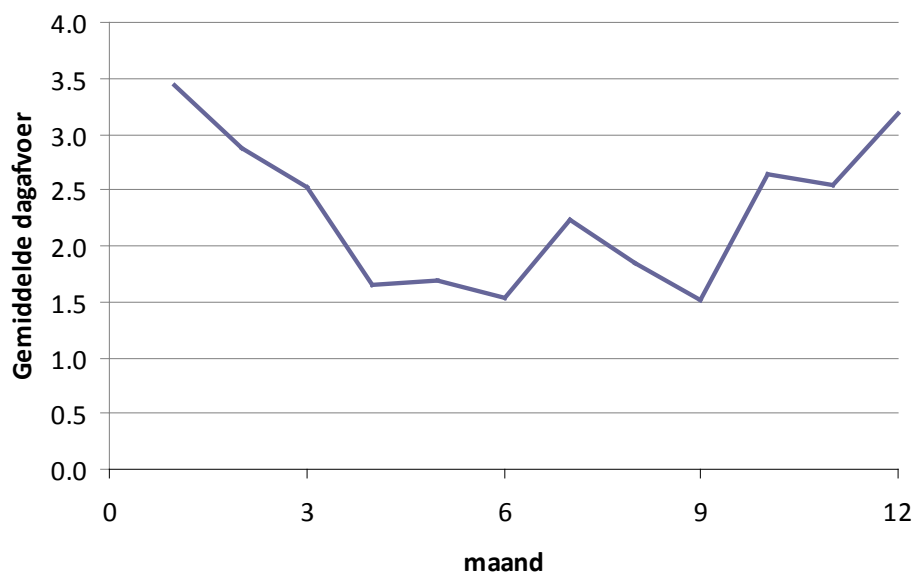
Uitgeslagen hoeveelheden in m³ over de periode september 2006 - juni 2010 voor gemaal Leemans.

Jaar	Dagen	Pomp 1	Pomp 2	Pomp 3	Pomp 4	Totaal	m ³ /d	mm/d
2006	122	8.780.945	8.866.552	15.054.971	15.209.793	47.912.261	392.7241,98	
2007	365	30.380.904	29.963.378	51.669.373	41.062.231	153.075.886	419.3862,11	
2008	365	26.210.199	24.973.854	53.558.149	36.034.438	140.776.640	385.6891,94	
2009	365	13.694.418	13.908.732	21.032.322	19.530.331	68.165.803	186.7560,94	
2010	181	6.751.166	6.292.187	7.716.978	8.535.198	29.295.529	161.8540,82	
Eindtotaal	1398	85.817.632	84.004.703	149.031.793	120.371.991	439.226.119	314.1821,58	

Tabel B5.3*Gemiddelde maandafvoer Wieringermeer in mm per maand.*

Gemiddelde mm/maand	Jaar					Eindtotaal
	2006	2007	2008	2009	2010	
Januari		4,91	3,39	2,94	2,50	3,43
Februari		3,15	1,79	3,08	3,47	2,87
Maart		3,16	2,84	1,83	2,30	2,53
April		1,39	1,74	1,60	1,83	1,64
Mei		1,59	1,29	1,86	2,06	1,70
Juni		1,85	1,17	1,54	1,55	1,53
Juli		3,43	1,58	1,68		2,23
Augustus		1,59	2,40	1,54		1,84
september	1,47	1,55	1,76	1,29		1,52
Oktober	3,01	1,63	4,66	1,24		2,64
November	1,88	2,01	4,05	2,27		2,55
December	3,31	2,84	3,07	3,55		3,19
Eindtotaal	2,42	2,43	2,48	2,04	2,28	2,32

**Figuur B5.1***Gemiddelde maandafvoer Wieringermeer in mm/d.*



Figuur B5.2

Gemiddelde dagafvoer per maand voor de periode sept. 2006 - juni 2010.

Tabel B5.4

Maandelijkse afvoer in m³ over de periode 2003-2009 Gemaal Leemans.

Jaar	Maand	Pomp 1	Pomp 2	Pomp 3	Pomp 4	Leemans (m³)	Leemans (mm)
2003	1	1.879.000	1.735.000	3.559.000	3.405.000	10.578.000	53,3
	2	1.968.000	1.918.000	3.677.000	3.561.000	11.124.000	56,1
	3	1.459.000	1.430.000	2.687.000	2.533.000	8.109.000	40,9
	4	1.326.000	1.833.000	2.040.000	1.237.000	6.436.000	32,4
	5	923.000	1.142.000	3.384.000	4.001.000	9.450.000	47,6
	6	854.000	887.000	2.564.000	2.554.000	6.859.000	34,6
	7	1.288.000	1.345.000	2.887.000	2.923.000	8.443.000	42,5
	8	1.611.000	1.676.000	2.931.000	2.410.000	8.628.000	43,5
	9	1.689.000	1.690.000	2.845.000	2.842.000	9.066.000	45,7
	10	1.685.000	1.664.000	3.400.000	3.866.000	10.615.000	53,5
	11	2.310.000	2.276.000	4.098.000	4.113.000	12.797.000	64,5
	12	3.430.000	3.406.000	6.161.000	5.795.000	18.792.000	94,7
2004	1	1.926.000	1.912.000	5.906.000	6.725.000	16.469.000	83,0
	2	1.537.000	1.337.000	4.478.000	5.198.000	12.550.000	63,2
	3	1.650.000	1.599.000	3.475.000	3.132.000	9.856.000	49,7
	4	2.007.000	1.955.000	3.309.000	3.250.000	10.521.000	53,0
	5	2.117.000	2.072.000	3.043.000	3.022.000	10.254.000	51,7
	6	2.030.000	2.000.000	3.107.000	3.110.000	10.247.000	51,6
	7	2.549.000	2.431.000	4.127.000	4.137.000	13.244.000	66,7
	8	2.057.000	1.766.000	3.572.000	3.588.000	10.983.000	55,3
	9	1.757.000	1.593.000	4.309.000	4.296.000	11.955.000	60,2
	10	3.006.000	2.988.000	5.272.000	5.219.000	16.485.000	83,1
	11	2.807.000	2.704.000	4.934.000	5.043.000	15.488.000	78,0
	12	3.087.000	3.072.000	4.875.000	4.988.000	16.022.000	80,7

Jaar	Maand	Pomp 1	Pomp 2	Pomp 3	Pomp 4	Leemans (m ³)	Leemans (mm)
2005	1	2.322.000	2.278.000	4.728.000	4.480.000	13.808.000	69,6
	2	3.109.000	2.969.000	3.123.000	1.503.000	10.704.000	53,9
	3	2.698.000	2.668.000	4.482.000	4.319.000	14.167.000	71,4
	4	2.756.000	2.761.000	4.031.000	3.985.000	13.533.000	68,2
	5	2.296.000	2.290.000	4.164.000	4.100.000	12.850.000	64,8
	6	2.078.000	2.144.000	3.568.000	3.472.000	11.262.000	56,8
	7	2.243.000	2.227.000	4.169.000	4.214.000	12.853.000	64,8
	8	2.514.000	2.490.000	4.370.000	4.677.000	14.051.000	70,8
	9	1.987.000	1.952.000	4.315.000	4.192.000	12.446.000	62,7
	10	2.273.000	2.243.000	4.446.000	4.416.000	13.378.000	67,4
	11	2.689.000	2.687.000	5.701.000	5.425.000	16.502.000	83,2
	12	2.754.000	2.733.000	5.199.000	5.124.000	15.810.000	79,7
2006	1	1.787.000	1.754.000	4.520.000	3.999.000	12.060.000	60,8
	2	1.530.000	1.505.000	3.733.000	3.723.000	10.491.000	52,9
	3	1.683.000	1.659.000	3.724.000	3.696.000	10.762.000	54,2
	4	1.498.000	1.475.000	3.585.000	3.222.000	9.780.000	49,3
	5	1.243.000	1.435.000	3.785.000	2.573.000	9.036.000	45,5
	6	1.419.000	1.341.000	2.197.000	2.986.000	7.943.000	40,0
	7	1.228.000	1.183.000	2.453.000	2.364.000	7.228.000	36,4
	8	2.077.000	1.995.000	5.095.000	4.870.000	14.037.000	70,7
	9	1.213.000	1.169.000	3.495.000	2.792.000	8.669.000	43,7
	10	2.666.000	2.624.000	5.019.000	3.868.000	14.177.000	71,4
	11	2.670.000	2.781.000	1.853.000	5.292.000	12.596.000	63,5
	12	3.362.000	3.371.000	4.910.000	5.138.000	16.781.000	84,6
2007	1	4.111.000	3.619.000	6.333.000	4.926.000	18.989.000	95,7
	2	3.241.000	3.219.000	5.458.000	4.190.000	16.108.000	81,2
	3	2.989.000	3.015.000	5.642.000	4.340.000	15.986.000	80,6
	4	1.554.000	1.517.000	2.340.000	2.888.000	8.299.000	41,8
	5	1.944.000	1.879.000	3.187.000	2.568.000	9.578.000	48,3
	6	2.262.000	2.194.000	3.257.000	2.617.000	10.330.000	52,1
	7	3.590.000	3.544.000	6.060.000	4.778.000	17.972.000	90,6
	8	1.998.000	1.938.000	3.181.000	2.503.000	9.620.000	48,5
	9	1.821.000	1.792.000	3.201.000	2.503.000	9.317.000	47,0
	10	1.864.000	1.852.000	3.717.000	2.660.000	10.093.000	50,9
	11	1.743.000	2.204.000	3.840.000	2.862.000	10.649.000	53,7
	12	3.871.000	3.833.000	7.114.000	5.953.000	20.771.000	104,7
2008	1	3.424.000	3.407.000	5.997.000	4.452.000	17.280.000	87,1
	2	1.724.000	1.678.000	5.378.000	1.496.000	10.276.000	51,8
	3	2.228.000	2.189.000	6.706.000	2.612.000	13.735.000	69,2
	4	1.551.000	1.502.000	3.837.000	3.001.000	9.891.000	49,8
	5	1.401.000	1.155.000	2.703.000	2.708.000	7.967.000	40,1
	6	1.227.000	1.072.000	2.585.000	2.063.000	6.947.000	35,0
	7	1.875.000	1.769.000	3.174.000	2.546.000	9.364.000	47,2
	8	2.587.000	2.501.000	5.129.000	4.001.000	14.218.000	71,6
	9	2.009.000	1.815.000	3.506.000	2.753.000	10.083.000	50,8
	10	3.201.000	3.162.000	6.691.000	4.439.000	17.493.000	88,2
	11	3.036.000	2.890.000	3.849.000	2.717.000	12.492.000	63,0
	12	1.869.000	1.824.000	3.920.000	3.243.000	10.856.000	54,7

Jaar	Maand	Pomp 1	Pomp 2	Pomp 3	Pomp 4	Leemans (m³)	Leemans (mm)
2009	1	1.178.346	1.135.658	3.295.465	2.625.614	8.235.083	41,5
	2	1.006.353	982.847	2.799.410	2.197.814	6.986.424	35,2
	3	547.064	533.936	2.533.862	1.974.341	5.589.203	28,2
	4	500.203	495.186	1.580.219	1.219.977	3.795.585	19,1
	5	892.915	871.398	2.193.921	1.772.814	5.731.048	28,9
	6	611.486	815.437	1.222.144	1.290.217	3.939.284	19,9
	7	974.594	900.629	29.515	20.554	1.925.292	9,7
	8	1.010.182	757.849	1	2	1.768.034	8,9
	9	795.318	1.087.475	466.250	388.157	2.737.200	13,8
	10	929.074	1.216.036	8.23.530	712.215	3.680.855	18,5
	11	1.909.242	1.699.409	1.814.794	3.035.789	8.459.234	42,6
	12	3.347.723	3.421.256	4.261.327	4.283.856	15.314.162	77,2

Tabel B5.5

Maandelijkse afvoer in m³ over de periode 2003-2009 Gemaal Lely.

Jaar	Maand	Pomp 1	Pomp 2	Pomp 3	Totaal (m³)	Totaal (mm)
2003	1	4.334.000	3.062.000	1.499.000	8.895.000	44,8
	2	8.000	1.531.000	268.000	1.807.000	9,1
	3	0	308.000	990.000	1.298.000	6,5
	4	364.000	2.169.000	1.472.000	4.005.000	20,2
	5	2.276.000	858.000	32.000	3.166.000	16,0
	6	2.112.000	40.000	24.000	2.176.000	11,0
	7	1.360.000	8.000	16.000	1.384.000	7,0
	8	461.000	8.000	0	469.000	2,4
	9	16.000	8.000	16.000	40.000	0,2
	10	154.000	57.000	0	211.000	1,1
	11	8.000	105.000	8.000	121.000	0,6
	12	3.265.000	1.620.000	453.000	5.338.000	26,9
2004	1	9.713.000	2.915.000	1.741.000	14.369.000	72,4
	2	6.870.000	2.915.000	1.661.000	11.446.000	57,7
	3	372.000	146.000	0	518.000	2,6
	4	154.000	689.000	16.000	859.000	4,3
	5	24.000	16.000	32.000	72.000	0,4
	6	24.000	16.000	56.000	96.000	0,5
	7	170.000	373.000	0	543.000	2,7
	8	4.220.000	5.696.000	979.000	10.895.000	54,9
	9	1.643.000	543.000	0	2.186.000	11,0
	10	729.000	575.000	162.000	1.466.000	7,4
	11	89.000	49.000	0	138.000	0,7
	12	365.000	113.000	0	478.000	2,4

Jaar	Maand	Pomp 1	Pomp 2	Pomp 3	Totaal (m³)	Totaal (mm)
2005	1	445.000	16.000	0	461.000	2,3
	2	720.000	7.665.000	316.000	8.701.000	43,8
	3	1.684.000	955.000	519.000	3.158.000	15,9
	4	24.000	1.547.000	57.000	1.628.000	8,2
	5	8.000	24.000	0	32.000	0,2
	6	760.000	8.000	0	768.000	3,9
	7	931.000	453.000	105.000	1.489.000	7,5
	8	1.247.000	267.000	0	1.514.000	7,6
	9	0	0	0	0	0,0
	10	186.000	0	0	186.000	0,9
	11	1.822.000	1.036.000	218.000	3.076.000	15,5
	12	1.847.000	429.000	41.000	2.317.000	11,7
2006	1	96.000	0	16.000	112.000	0,6
	2	364.000	0	97.000	461.000	2,3
	3	178.000	0	8.000	186.000	0,9
	4	186.000	24.000	16.000	226.000	1,1
	5	0	8.000	227.000	235.000	1,2
	6	0	8.000	0	8.000	0,0
	7	8.000	16.000	16.000	40.000	0,2
	8	3.054.000	826.000	380.000	4.260.000	21,5
	9	583.000	8.000	81.000	672.000	3,4
	10	2.137.000	2.147.000	477.000	4.761.000	24,0
	11	2.026.000	3.953.000	243.000	6.222.000	31,4
	12	1.661.000	1.692.000	324.000	3.677.000	18,5
2007	1	4.375.000	2.641.000	4.357.000	11.373.000	57,3
	2	851.000	276.000	438.000	1.565.000	7,9
	3	1.751.000	422.000	769.000	2.942.000	14,8
	4	41.000	0	0	41.000	0,2
	5	242.000	0	0	242.000	1,2
	6	349.000	453.000	0	802.000	4,0
	7	2.368.000	559.000	363.000	3.290.000	16,6
	8	251.000	0	0	251.000	1,3
	9	0	0	0	0	0,0
	10	0	0	16.000	16.000	0,1
	11	705.000	639.000	57.000	1.401.000	7,1
	12	995.000	582.000	405.000	1.982.000	10,0
2008	1	1.916.000	861.000	850.000	3.627.000	18,3
	2	0	0	79.000	79.000	0,4
	3	2.647.000	636.000	452.000	3.735.000	18,8
	4	502.000	0	0	502.000	2,5
	5	4.000	0	0	4.000	0,0
	6	0	0	1.000	1.000	0,0
	7	342.000	35.000	2.1000	398.000	2,0

Jaar	Maand	Pomp 1	Pomp 2	Pomp 3	Totaal (m³)	Totaal (mm)
2009	8	594.000	0	0	594.000	3,0
	9	279.000	169.000	0	448.000	2,3
	10	4.543.000	3.855.000	2.902.000	11.300.000	56,9
	11	3.450.000	2.666.000	5.211.000	11.327.000	57,1
	12	3.726.000	898.000	3.136.000	7.760.000	39,1
	1	4.863.654	395.163	4.739.940	9.998.757	50,4
	2	4.838.130	1.136.889	4.309.056	10.284.075	51,8
	3	2.322.378	16.245	3.430.575	5.769.198	29,1
	4	1.673.703	1.233.909	2.925.090	5.832.702	29,4
	5	2.548.944	0	3.243.465	5.792.409	29,2
	6	1.735.182	777.312	2.762.352	5.274.846	26,6
	7	1.687.257	4.138.785	2.683.386	8.509.428	42,9
2010	8	1.434.357	3.824.460	2.542.743	7.801.560	39,3
	9	334.269	3.715.209	961.245	5.010.723	25,3
	10	261.153	3.722.688	518.94	4.035.735	20,3
	11	964.467	3.627.306	579.330	5.171.103	26,1
	12	3.193.776	3.032.802	494.532	6.721.110	33,9

Tabel B5.6*Maandelijkse afvoer in m³ over de periode 2006-2010.*

Jaar	Mnd.	Gebied 1		Gebied 2		Gebied3			Gebied4			
		Afvoer		Aanvoer	Afvoer		Afvoer		Aanvoer	Afvoer		
		Leemans	Leemans	Slootvaart	Lely	Slootvaart	Leemans	Leemans	Lely	Hoekvaart	Lely	Hoekvaart
		Pomp 1	Pomp 2	Slootvaart	Pomp 3		Pomp 3	Pomp 4	Pomp 2	Hoekvaart	Pomp 1	
2006	9	1.243.217	1.132.797	612.315	570.078	612.315	3.193.005	2.568.637	6.156	1.321.054	80.289	1.321.054
2006	10	2.424.187	2.410.300	1.608.930	2.155.482	1.608.930	5.100.464	3.913.991	2.153.277	1.410.827	490.428	1.410.827
2006	11	1.747.923	1.891.312	1.751.175	739.719	1.751.175	1.851.763	3.588.463	1.197.720	709.057	246.420	709.057
2006	12	3.365.618	3.432.143	2.205.315	1.668.447	2.205.315	4.909.739	5.138.702	1.706.796	531.790	329.247	531.790
2007	1	4.103.721	3.610.737	2.118.510	4.362.426	2.118.510	6.326.225	4.917.485	2.640.825	1.035.230	4.478.409	1.035.230
2007	2	3.243.015	3.218.548	2.399.130	851.553	2.399.130	5.455.405	4.190.214	270.684	1.323.660	433.098	1.323.660
2007	3	3.075.864	3.091.449	2.266.110	1.748.115	2.266.110	5.857.193	4.508.964	414.369	1.619.102	902.925	1.619.102
2007	4	1.556.411	1.519.042	768.915	35.361	768.915	2.335.743	2.890.872	0	879.993	0	879.993
2007	5	1.946.368	1.882.827	870.930	241.785	870.930	3.188.395	2.569.635	0	855.938	0	855.938
2007	6	2.263.061	2.193.321	1.217.475	345.294	1.217.475	3.257.010	2.616.199	453.438	919.166	0	919.166
2007	7	3.590.588	3.546.500	2.156.310	2.369.241	2.156.310	6.058.811	4.776.839	561.384	1.578.612	365.418	1.578.612
2007	8	1.995.968	1.937.071	1.231.785	248.823	1.231.785	3.181.572	2.503.673	0	947.210	0	947.210
2007	9	1.820.427	1.793.901	1.137.060	0	1.137.060	3.201.209	2.502.340	0	995.839	0	995.839
2007	10	1.865.996	1.852.182	1.445.985	0	1.445.985	3.717.356	2.658.943	4.194	974.929	20.673	974.929
2007	11	1.744.262	2.203.928	1.326.285	709.092	1.326.285	3.837.200	2.864.440	642.258	1.024.984	53.091	1.024.984
2007	12	3.175.223	3.113.872	2.188.800	989.082	2.188.800	5.253.254	4.062.627	588.519	1.303.838	399.366	1.303.838
2008	1	3.422.751	3.413.238	2.161.170	1.957.428	2.161.170	6.016.128	4.450.801	874.818	1.370.022	870.111	1.370.022
2008	2	1.733.203	1.674.083	1.301.940	0	1.301.940	5.376.241	1.501.399	0	906.960	82.224	906.960
2008	3	2.238.433	2.192.224	1.262.475	2.701.269	1.262.475	6.710.804	2.617.185	669.267	1.245.104	488.934	1.245.104
2008	4	1.558.367	1.500.172	823.635	527.742	823.635	3.836.731	3.007.300	0	1.006.268	0	1.006.268
2008	5	1.407.700	1.158.151	402.435	4.545	402.435	2.699.317	2.700.317	0	805.089	0	805.089
2008	6	1.236.250	1.077.509	331.695	0	331.695	2.600.850	2.064.852	0	709.598	11.232	709.598
2008	7	1.885.083	1.768.392	772.560	376.668	772.560	3.178.650	2.551.506	33.471	804.018	20.970	804.018
2008	8	2.601.020	2.509.828	1.547.865	611.613	1.547.865	5.141.699	3.997.690	0	1.233.532	0	1.233.532

Jaar	Mnd.	Gebied 1		Gebied 2			Gebied3			Gebied4		
		Afvoer		Aanvoer		Afvoer	Afvoer		Aanvoer	Afvoer		
		Leemans	Leemans	Slootvaart	Lely		Leemans	Leemans	Lely	Hoekvaart	Lely	Hoekvaart
		Pomp 1	Pomp 2	Slootvaart	Pomp 3		Pomp 3	Pomp 4	Pomp 2	Hoekvaart	Pomp 1	
2008	9	2.015.964	1.807.682	1.284.435	300.060	1.284.435	3.507.419	2.750.155	165.960	997.853	0	997.853
2008	10	3.196.615	3.164.932	1.406.610	4.571.433	1.406.610	6.712.309	4.428.317	3.887.001	1.209.254	295.0056	1.209.254
2008	11	3.041.611	2.885.076	1.611.045	3.504.177	1.611.045	3.841.703	2.720.656	2.718.819	97.330	5.605.308	97.330
2008	12	1.873.202	1.822.567	588.870	3.867.057	588.870	3.936.298	3.244.260	937.683	468.445	3.347.271	468.445
2009	1	1.178.330	1.135.655	0	4.863.654	0	3.295.463	2.625.594	395.163	30	4.739.940	30
2009	2	1.006.358	982.848	0	4.838.130	0	2.799.397	2.197.815	1.136.889	0	4.309.056	0
2009	3	538.991	525.573	0	2.322.378	0	2.545.722	1.983.363	16.245	0	3.430.575	0
2009	4	500.193	495.192	0	1.673.703	0	1.580.221	1.219.971	1.233.909	0	2.925.090	0
2009	5	892.916	871.400	0	2.548.944	0	2.193.924	1.772.827	0	0	3.243.465	0
2009	6	611.486	815.448	0	1.735.182	0	1.222.145	1.290.209	777.312	1.734	2.762.352	1.739
2009	7	974.597	900.637	0	1.687.257	0	29.515	20.553	4.138.785	6.120	2.683.386	611.994
2009	8	1.010.171	757.848	0	1.434.357	0	2	2	3.824.460	0	2542.743	0
2009	9	795.321	1.087.470	174.600	334.269	174.600	466.257	388.156	3.715.209	456.269	961.245	456.269
2009	10	929.066	1.216.003	400.590	261.153	400.590	823.522	712.208	3.722.688	775.164	51.894	775.164
2009	11	1.909.257	1.699.410	983.565	964.467	983.565	1.814.815	3.035.774	3.627.306	1.372.764	579.330	1.372.764
2009	12	3.347.732	3.421.248	3.719.565	3.193.776	3.719.565	4.261.339	4.283.859	3.032.802	1.730.741	494.532	1.730.741
2010	1	2.721.235	2.607.267	3.657.690	1.505.025	3.657.690	3.168.778	3.416.324	879.057	1.060.887	1.198.557	1.060.887
2010	2	2.883.939	2.842.608	3.223.755	3.157.848	3.223.755	3.398.431	3.613.405	2.922.984	1.299.872	634.392	1.299.872
2010	3	585.672	556.902	546.480	3.836.538	5.46480	939.366	745.137	4.924.854	368.386	2.643.174	368.386
2010	4	351	0	0	3.941.631	0	5	71	4.192.317	0	2.869.722	0
2010	5	0	0	0	3.904.398	0	0	0	5.631.408	0	3.206.907	0

Tabel B5.7*Afvoer via gemalen voor kalenderjaren in mm.*

Kalenderjaar	Leemans	Lely	Afvoer (mm)
			Wieringermeer
2003	609,2	145,7	754,9
2004	776,4	217,0	993,5
2005	813,2	117,6	930,7
2006	673,1	105,1	778,2
2007	794,8	120,5	915,2
2008	708,5	200,4	909,0
2009	343,5	404,2	747,7

Voor de periode september 2006-juni 2010 zijn uitgemalen hoeveelheden van alle gemalen beschikbaar. Per jaar zijn de uitgemalen hoeveelheden weergegeven in tabel B5.1 en tabel B5.2. Hieruit blijkt dat er ondanks het streven om zoveel mogelijk uit te malen via Leemans toch gebruik wordt gemaakt van Lely om het waterbezwaar af te voeren. De gemalen Lely en Leemans verzorgen gezamenlijk de afvoer van de gehele Wieringermeer. In figuur B5.1 en tabel B5.3 is de gemiddelde maandafvoer weergegeven. Hieruit blijkt dat er altijd wordt afgevoerd, ook in de zomermaanden. De gemiddelde dagafvoer is in figuur B5.2 weergegeven.

Bijlage 6 Kwelcijfers Wieringermeer

Voor het berekenen van de kwelcijfers voor de Wieringermeer zijn meerdere studies uitgevoerd:

- Regionale studie (1982);
- Studie Van der Gaast/Peerboom (1996);
- Studie van Van Someren (2001);
- Nationaal Hydrologisch instrumentarium (NHI).

Regionale studie (1982)

De kwelflux voor de Wieringermeer is in de regionale studie (1982) op twee manieren onderzocht:

- afgeleid uit de waterbalans;
- op basis van berekeningen voor de grondwaterstroming.

Studie Van der Gaast en Peerboom (1996)

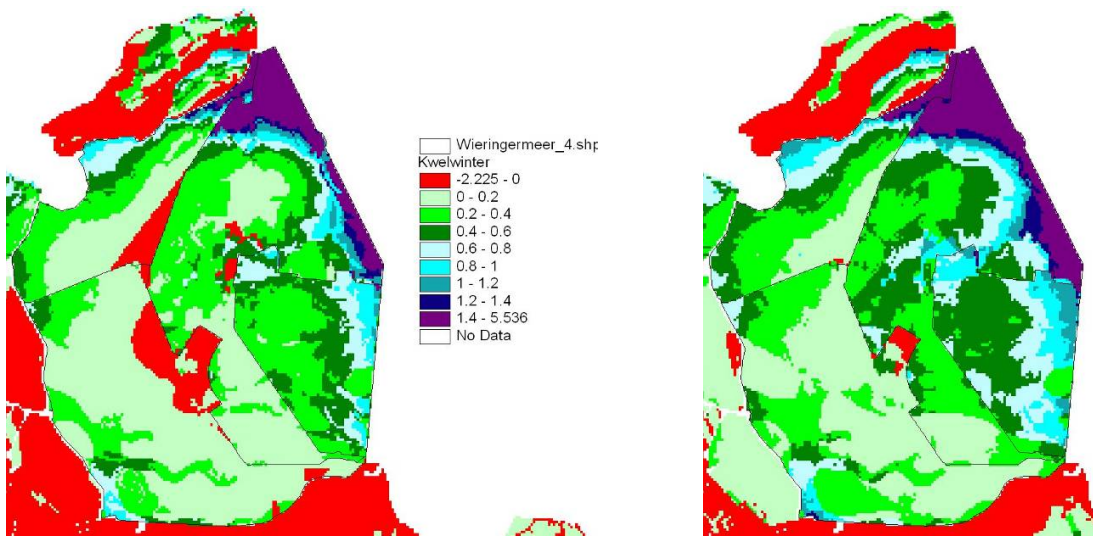
In dit onderzoek, waarin de effecten van sanering van gasbronnen in Noord-Holland zijn beschreven, is eveneens een waterbalans opgesteld waarbij de kwelwaarde is afgeleid als restpost voor de balansperiode april 1993 t/m maart 1994 voor zowel de gehele Wieringermeer alsook de vier afdelingen (tabel B6.1).

Tabel B6.1

Kwel Wieringermeer volgens studie Van der Gaast/Peerboom.

Gaast/Peerboom	Wieringermeer	West	Oost	Afd. 1	Afd. 2	Afd. 3	Afd. 4
'93-'94	359,1			82,6	-82,0	828,8	466,2

Door Van Someren zijn kaarten voor de zomerkwel en de winterkwel afgeleid (figuur B6.1).



Figuur B6.1

Kwelkaart winter(links) en zomer(rechts).

Op basis van deze kaart is een overlay gemaakt met de gebiedsindeling van de Wieringermeer voor de verschillende schaalniveaus. In tabel B6.2 is de gemiddelde kwel in mm/d weergegeven.

Tabel B6.2

Kwel in mm/d/halfjaar.

Afdeling	Zomer				Winter			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Kwel mm/d	0,5004	0,2347	0,8921	0,6603	0,3418	0,1403	0,6518	0,4764
Deelgebied	West		Oost		West		Oost	
Kwel mm/d	0,3226		0,8192		0,2072		0,5967	
Wieringermeer	Wieringermeer				Wieringermeer			
Kwel mm/d	0,5765				0,4053			

Deze waarden zijn vervolgens met 182,5 vermenigvuldigd om de totale kwel per zomer/winterperiode te bepalen (tabel B6.3).

Tabel B6.3*Kwel in mm/halfjaar.*

	Zomer				Winter			
Afdeling	1	2	3	4	1	2	3	4
Kwel mm/d	91,3	42,8	162,8	120,5	62,4	25,6	119,0	86,9
Deelgebied	West		Oost		West		Oost	
Kwel mm/d	58,9		149,5		37,8		108,9	
Wieringermeer	Wieringermeer				Wieringermeer			
Kwel mm/d	105,2				74			

In tabel B6.4 zijn de kwelwaarden uit tabel B9.2 gesommeerd tot jaartotalen.

Tabel B6.4*Kwel in mm/jaar.*

Afdeling	1	2	3	4
Kwel mm/d	153,7	68,4	281,8	207,4
Deelgebied	West		Oost	
Kwel mm/d	96,7		258,4	
Wieringermeer	Wieringermeer			
Kwel mm/d	179,2			

In tabel B6.5 staat het eindresultaat weergegeven waaruit blijkt dat de kwel voor de Wieringermeer 179 mm bedraagt.

Tabel B6.5*Kwelcijfers voor de Wieringermeer voor de verschillende schaalniveaus.*

	Wieringermeer	West	Oost	Afd. 1	Afd. 2	Afd. 3	Afd. 4
Van Someren							
Zomer	105,2	58,9	149,5	91,3	42,8	162,8	120,5
Winter	74,6	37,8	108,9	62,4	25,6	119,0	86,9
Jaar	179,2	96,7	258,4	153,7	68,4	281,8	207,4

Nationaal Hydrologische Instrumentarium (NHI)

Een vierde bron is het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI). Ook met dit model is een kwel berekend voor het jaar 2003. De resultaten zijn weergegeven in tabel B6.6.

Tabel B6.6

Kwel in de Wieringermeer op basis NHI.

Deelgebied	Gemiddeld	Standaarddeviatie	Gemiddeld	Verhouding
	mm/d		mm/jaar	
Wieringermeer	0,794	1,1428	289,8	
Oost	1,181	1,4411	431,1	148,8%
West	0,3892	0,4545	142,1	49,0%
Afdeling 1	0,3515	0,6905	128,3	44,3%
Afdeling 2	0,4336	0,254	158,3	54,6%
Afdeling 3	1,1258	1,4469	410,9	141,8%
Afdeling 4	1,2969	1,4218	473,4	163,4%

Bijlage 7 Aanpassingen STONE-schematisering (fase 2)

Voor het selecteren van de STONE-plots die 'beter' aansluiten bij de regionale kenmerken is een methode toegepast die hieronder verder wordt toegelicht.

Een STONE-plot bestaat uit meerdere gridcellen van 250*250 m. De parametrisatie van de STONE-plot is gebaseerd op de gemiddelde eigenschappen van alle grids. Het gaat hierbij om de volgende eigenschappen:

- Hoofdingeling:
 - Hydrotype
 - Grondwatertrap
 - Kwelklasse
 - Drainageklasse
- Subindeling:
 - Grondsoort (zand, klei en veen)
 - Bodemtype
 - Meteorologische regio
 - Bodemfysische kenmerken
 - Mineralisatiecapaciteit
 - Kationenuitwisselingscapaciteit

Voor de verdere onderverdeling wordt alleen gebruik gemaakt van de hoofd- en subindeling.

Binnen de Wieringermeer worden 146 Stone-plots onderscheiden, deze bestaan uit zuivere plots en onzuivere plots. De zuivere plots liggen geheel binnen de Wieringermeer (zogenaamde Wieringermeer UC, kortweg WUC) en de onzuivere plots liggen voor een deel binnen de Wieringermeer. Onzuiverheid kan ook ontstaan door verschil in kaartschalen, bijv. Hydrotypenkaart heeft een schaal 1 : 600.000 en de bodemkaart 1 : 50.000. In tabel B7.1 is de opbouw weergegeven.

Tabel B7.1

'Zuiverheid', aantal en het cumulatieve areaal van de STONE-plots binnen de Wieringermeer.

Zuiverheid WUC %	Aantal	Cumulatief areaal %
100	18	62,2
50-100	11	76,0
25-50	17	84,7
<25	101	100

Uit tabel B7.1 blijkt dat er achttien zuivere WUC-plots voorkomen die 62,2 % van het areaal beslaan.

Omdat de plots zijn geparametriseerd op basis van de gemiddelde eigenschappen van de grids die tot de STONE-plot worden gerekend, betekent voor een onzuivere plot dat deze eigenschappen heeft die slechts beperkt hoeft overeen te komen met de Wieringermeer. Omdat bij deze stap geen invoergegevens worden

aangepast, verdient het aanbeveling om STONE-plots te selecteren die binnen of grotendeels binnen de Wieringermeer zijn gesitueerd.

Daarom is, om de STONE-plots beter te laten aansluiten bij de regionale kenmerken voor plots die minder dan 50% zuiverheid hebben, gekeken of deze samengevoegd konden worden met een 'zuivere' STONE-plot.

Stap 1

Omdat de Wieringermeer een droogmakerij is, zal het Westland-C-profiel het meest dominant zijn, en omdat er voor de droogmakerij een redelijk correlatie mag worden verwacht met de bodem wordt het kenmerk hydrotipe buiten beschouwing gelaten. Verder behoort de gehele Wieringermeer tot één meteorologische regio (nr. 4).

In de Wieringermeer komen in totaal elf bodemtypes voor, waarbij zes bodemtypes betrekking hebben op vijftien plots. Om het aantal plots te beperken is als eerste stap voor deze zes bodemtypes gekeken of deze vervangen kon worden. Dit is visueel gedaan door te kijken naar de omliggende bodems.

Tabel B7.2

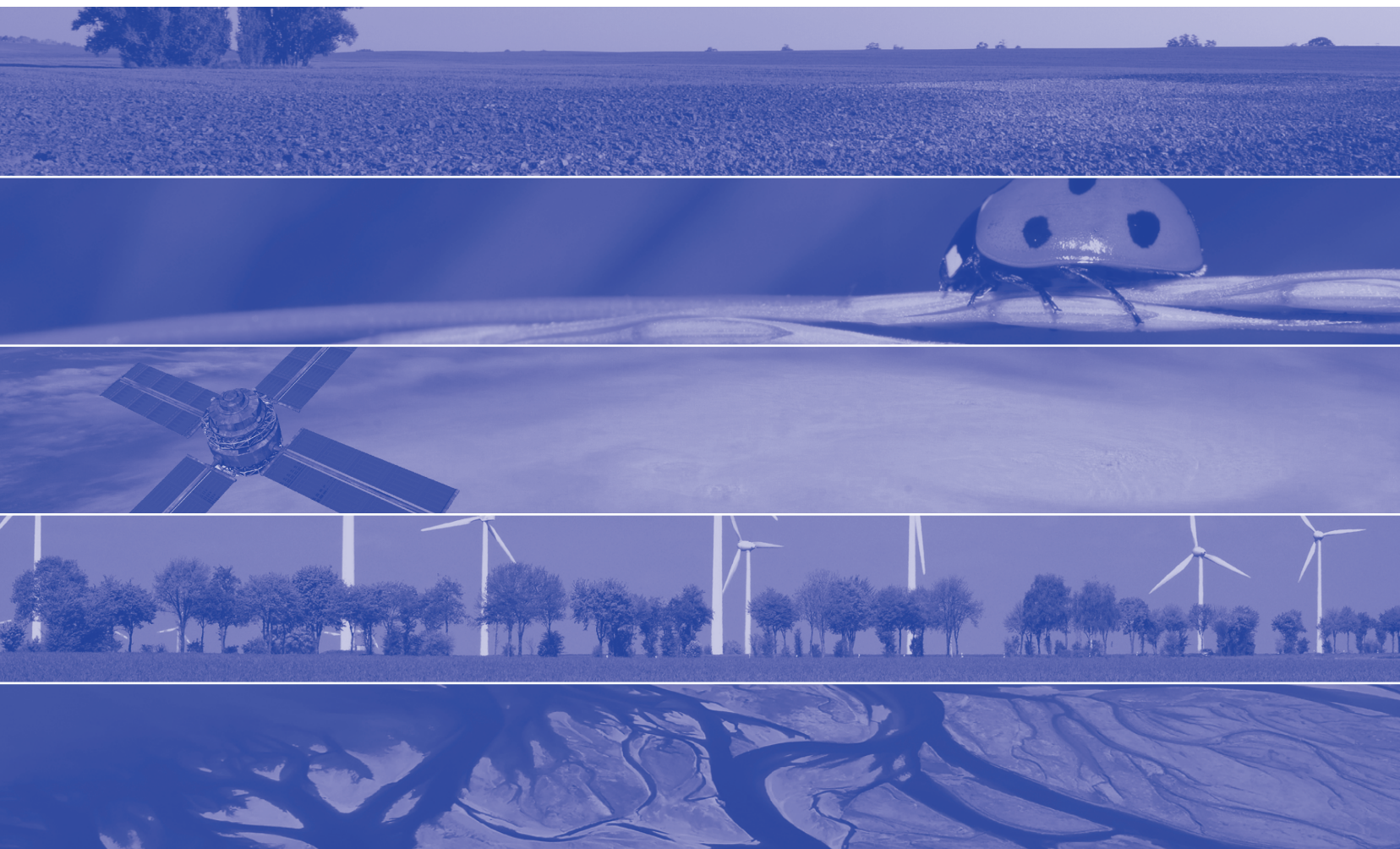
Bodemfysische eenheid van de STONE-plots gelegen binnen de Wieringermeer.

Bodemfysische eenheid	Aantal plots	Vervangende bodemtype
3	2	15
5	1	17
7	3	15
9	7	19
12	1	19
15	48	-
16	38	-
17	13	-
18	11	-
19	21	-
21	1	19
Totaal	146	

Stap 2

Uit tabel B7.1 blijkt dat 118 STONE-plots een zuiverheid hebben van minder dan 50%. In de tweede stap is, rekening houdend met het landgebruik, voor elk van deze 118 plots uit de 29 plots, met een zuiverheid groter dan 50%, een vervangende plot gekozen. De definitie van een WUC is hierdoor verruimd naar een UC die voor ruim 50% van het areaal in de Wieringermeer ligt. Bij de toekenning van een plotnummer uit de set van 29 min of meer zuivere STONE-plots aan de 118 onzuivere STONE-plots hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld:

- Voor natuur was slechts één natuurplot (1611) beschikbaar, deze is voor alle natuurplots genomen.
- Voor landgebruik maïs was geen zuivere maïsplot beschikbaar binnen de Wieringermeer, daarom is gezocht binnen de graslandplots, omdat een sterke relatie met gebruik als grasland wordt verondersteld.
- Voor grasland is binnen de drie grasland plots gezocht.
- Als belangrijkste kenmerk is het bodemtype genomen, daarom is rekening houdend met voorgaande overwegingen, voor alle onzuivere plots binnen bodemeenheid 15 t/m 19 gezocht naar vervangende plots binnen dezelfde bodemeenheid.



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het 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.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl