

Nutriënten: bronnenanalyse en afleiding van achtergrondconcentraties als basis voor het bijstellen van KRW-doelen

Peter Schipper en Erwin van Boekel (WUR-Alterra), Gert van Ee en Jeroen Hermans (hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)

In de helft van de regionale wateren blijven nutriënten een beperkende factor om KRW-doelen te bereiken. Is een groot deel daarvan misschien natuurlijk? Een belangrijke vraag, omdat de KRW de mogelijkheid geeft om achtergrondbelasting van nutriënten in de doelen te verrekenen. Uit het hieronder beschreven onderzoek weet HHNK nu per waterlichaam in zijn gebied waar de nutriënten vandaan komen en wat daarin het aandeel natuurlijke achtergrond is. Deze kennis is essentieel om KRW-doelen onderbouwd te kunnen bijstellen en om te kunnen bepalen waar welke maatregelen efficiënt zijn.

De fosfor- en stikstofconcentraties in de wateren van hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) zijn al decennia hoog, en dalen niet veel meer [1]. Ook in het eerste stroomgebiedbeheerplan (SGBP) van Rijn-West werd al geconstateerd dat er in West-Nederland sprake is van een 'doelgat' voor nutriënten: hoge concentraties nutriënten in het oppervlaktewater maken het moeilijk om de KRW-doelen te halen. Dat doelgat heeft zowel te maken met nutriëntenemissies uit de landbouw, als met de complexiteit van het water- en bodemsysteem in West-Nederland. Reden voor het Regionaal Bestuurlijk Overleg (RBO) Rijn-West om enerzijds aan te dringen op aanscherping van het generieke mestbeleid en anderzijds een aanvullende regionale nutriëntenaanpak te ontwikkelen.

Door de nutriëntenadviesgroep Rijn-West is een concreet stappenplan opgesteld hoe de waterschappen in het deelstroomgebied hier op uniforme wijze mee omgaan [2, 3]. Een belangrijke stap hierin is het uitzoeken van de herkomst van de nutriëntenbelasting, zodanig dat onderscheid gemaakt kan worden in de antropogene belasting en de belasting die als natuurlijk kan worden beschouwd.

Het ontrafelen van de herkomst van de nutriëntenbronnen dient:

- a) om focus aan te brengen in ambitie en inzet van middelen - Waar geven natuurlijke achtergrondconcentraties aanleiding om KRW-doelen bij te stellen? En waar dient juist extra in maatregelen geïnvesteerd te worden omdat de antropogene nutriëntenbelasting dominant is? En gelet op de herkomst: op welke termijn worden effecten van bronmaatregelen zichtbaar?
- b) voor de dialoog met de landbouw - Welke bronnen dragen bij aan de belasting van het oppervlaktewater; zijn dat vooral landbouwemissies of zijn er ook andere bronnen, waaronder natuurlijke? En als de landbouw significant bijdraagt, welke emissies zijn dan de belangrijkste? En waar kan je dan het beste maatregelen nemen?
- c) als verantwoordingskader naar de EU - Als sprake is van significante natuurlijke achtergrondbelasting kunnen KRW-doelen worden bijgesteld. Daarnaast kan historische achtergrond-

belasting aanleiding zijn voor uitstel van doelbereik. Maar dat kan niet zonder afdoende onderbouwing.

In dit artikel worden de methode voor het analyseren van de bronnen en de resultaten daarvan voor het beheergebied van HHNK behandeld. Het onderzoek is gebaseerd op meetgegevens tot 2010.

Natuurlijke en antropogene nutriëntenbronnen

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

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

Dit geeft de volgende verdeling in natuurlijke en antropogene bronnen [2]:

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

1) meemesten sloten, glastuinbouw, erfafspoeling

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

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

Methode voor het analyseren van de nutriëntenbronnen

Alterra heeft een uitgekende methode (ECHO [4]) ontwikkeld om op gebiedsniveau de herkomst van de nutriënten te kwantificeren. De hierin te onderscheiden stappen zijn:

- gebiedsanalyse maken
- waterbalans opstellen
- in- en uitgaande N- en P-vrachten bepalen
- emissiegegevens van het waterschap verzamelen (www.emissieregistratie.nl/erpubliek/bumper.nl.aspx)
- STONE-rekenplots (landelijk model uit- en afspoeling nutriënten) regionaliseren
- huidige nutriëntenbelasting en retentie in open water berekenen
- emissies valideren aan de hand van stoffenbalans
- indien nodig emissieberekeningen bijstellen
- bronnen achter de uit- en afspoeling analyseren (uitsplitsen)

Nadat de hoofdkenmerken (routing van het water, landgebruik, bodem, omvangrijke puntbronnen e.d.) van een te beschouwen polder of andere afwateringseenheid in kaart zijn gebracht, wordt een waterbalans opgesteld, bij voorkeur door of in nauwe samenwerking met het waterschap. Als de waterbalans voldoende betrouwbaar is, wordt de in- en uitgaande stikstof- en fosforvracht afgeleid op basis van beschikbare waterkwaliteitsgegevens (meetpunten die representatief zijn voor de kwaliteit van het inlaatwater en het uitgeslagen water).

Vanuit emissieregistratie worden de punt- en diffuse bronnen in het gebied gekwantificeerd. Voor bronnen zoals rwzi's wordt bij voorkeur uitgegaan van de gegevens van het waterschap. Dit geldt ook voor bronnen waar het waterschap regio specifieke informatie over heeft..

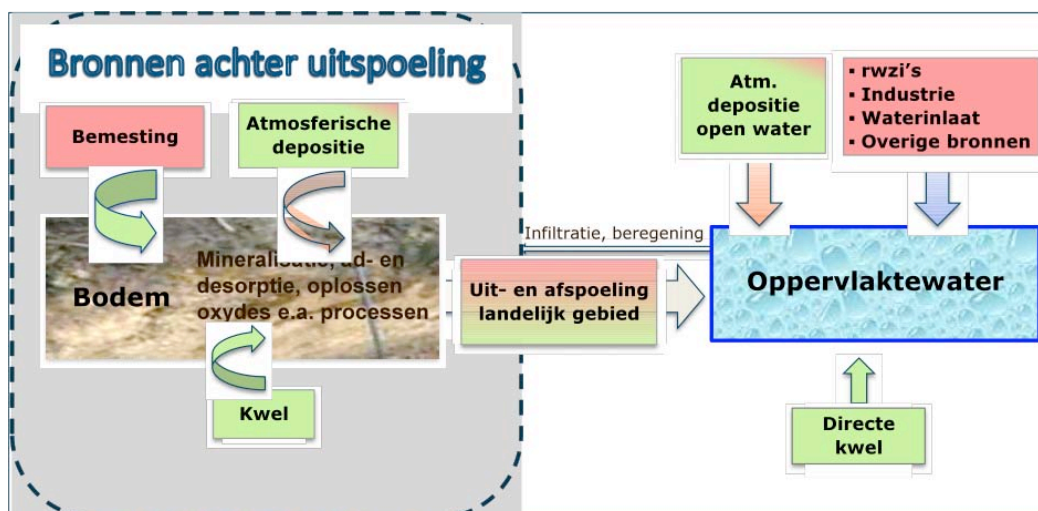
Voor de diffuse uit- en afspoeling, die in landelijke gebieden meestal de belangrijke belasting vormt, wordt uitgegaan van het landelijke modelinstrumentarium STONE. De rekeneenheden van STONE (6504 plots) zijn o.a. samengesteld op basis van landgebruik, bodemtype, grondwaterstanden, kwel/wegzijing en detailontwatering. In werkelijkheid zijn hiervan in Nederland honderdduizenden combinaties. Het aantal rekenplots en de ruimtelijke schaal waarop deze worden toegekend (250 x 250 m) zijn een compromis tussen de beschikbare informatie en de hanteerbaarheid van het complexe landelijke modelinstrumentarium. Als binnen een polder in detail wordt gekeken, staan de rekenplots niet altijd op de goede plek. Voor de regionale toepassing met ECHO wordt op basis van de gebiedsanalyse eerst bepaald welke rekenplot het meest representatief is voor een bepaalde plek. Vervolgens worden nieuwe berekeningen uitgevoerd waarbij regionale informatie over de neerslag, kwelflux en nutriëntenconcentraties in het kwelwater worden meegenomen. Het meenemen van regionale informatie levert een aanzienlijke verbetering op van de representativiteit van de berekende uit- en afspoeling op het niveau van de afwateringseenheden.

Met een stofbalans wordt getoetst of de met ECHO berekende belasting op gebiedsniveau overeenkomt met de werkelijkheid. De inkomende balanstermen zijn de waterinlaat, de met ECHO berekende uit- en afspoeling en de overige bronnen die via Emissieregistratie en gegevens van het waterschap zijn afgeleid. De uitgaande balanstermen zijn de vrachten van het uitgeslagen water en de retentie van de nutriënten in het oppervlaktewater. Onder retentie wordt verstaan het achterblijven en verdwijnen van een deel van de nutriënten in het

oppervlaktewater door processen zoals nitraatreductie, opname van nutriënten door waterplanten en adsorptie aan sediment.

Voor het schatten van de retentie is onder andere de afstand en verblijftijd tussen het lozingspunt en het uitstroompunt van belang, maar ook het areaal open water en de morfologie en het beheer van de watergangen. De retentie wordt berekend op basis van rekenregels die zijn afgeleid van het onderzoeksprogramma Plons [4]. De gemiddelde fosforretentie voor de afwateringseenheden is 41%, de gemiddelde stikstofretentie is 32%.

Als is vastgesteld of de berekende uit- en afspoeling voldoende representatief is, worden de bronnen achter de uit- en afspoeling ontrafeld (afbeelding 1). De onderscheiden achterliggende bronnen zijn de actuele en historische bemesting, atmosferische depositie, kwel en de natuurlijke uitloging en mineralisatie. De methode voor deze uitsplitsing gaat uit van het variëren van de afzonderlijke brontermen binnen een bepaalde bandbreedte [5]. Met het model wordt dit op een monte-carlo-achtige wijze zo vaak gedaan, dat statistisch betrouwbaar het effect (de richtingscoëfficiënt) op de uit- en afspoeling kan worden bepaald. Deze methode heeft de voorkeur boven een eenvoudiger uit te voeren uitsluitingsmethode waarin steeds een bron wordt uitgezet, omdat in die laatste methode voor diverse processen extreme situaties worden gesimuleerd die ver buiten het domein van het gevalideerde model liggen.



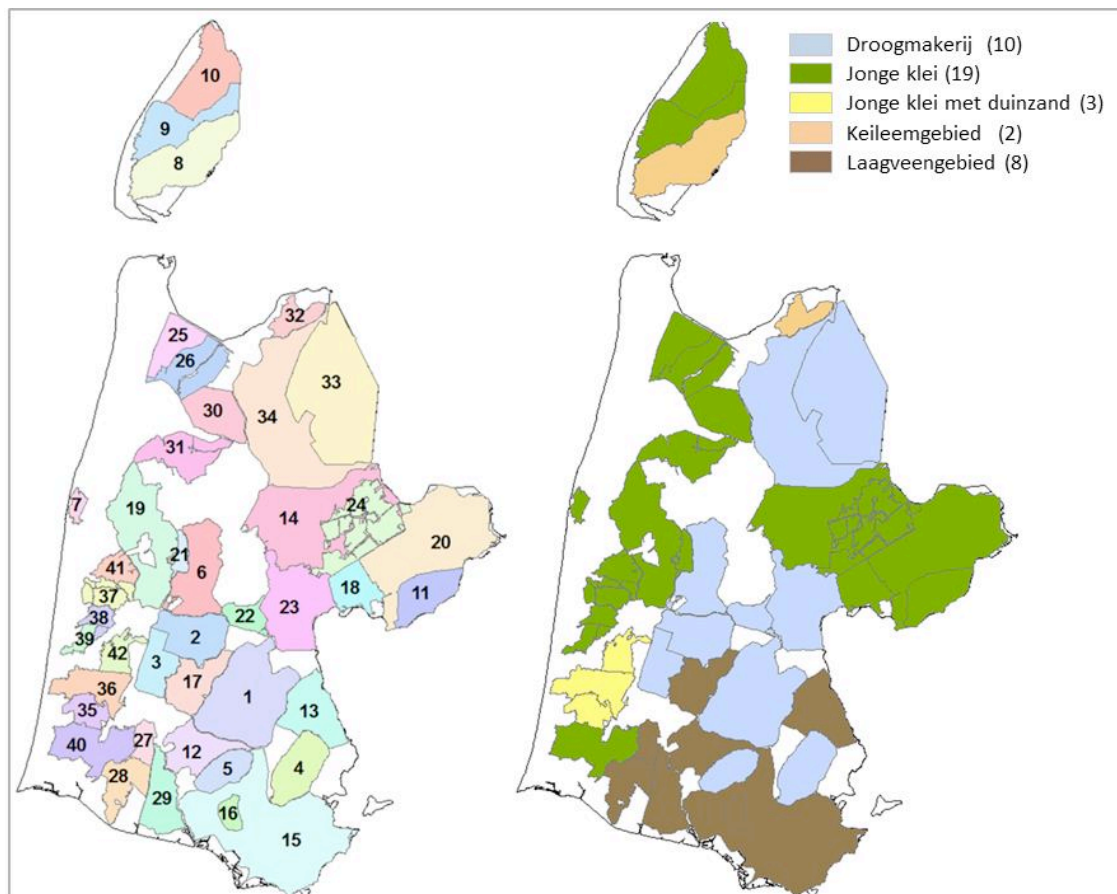
Afbeelding 1. Schematisch overzicht nutriëntenbronnen en bronnen achter de uit- en afspoeling

Als de herkomst van nutriënten voor de uit- en afspoeling is bepaald, wordt de theoretische achtergrondconcentratie berekend door de gemeten gemiddelde nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater te vermenigvuldigen met het aandeel van de natuurlijke bronnen.

De resultaten voor HHNK

De bronnenanalyse is voor HHNK uitgevoerd voor 42 KRW-afwateringseenheden [6]. Ten behoeve van de interpretatie zijn de 42 deelgebieden ingedeeld in 5 typen: 10 droogmakerijen, 19 gebieden met jonge klei, 3 met jonge klei met duinzand, 2 keileemgebieden en 8 laagveen-

gebieden (afbeelding 2). Deze gebiedstypen zijn verschillend qua landgebruik, bodemopbouw, grondwaterstand en percentage open water. Vooral de laagveengebieden verschillen hierin sterk van de andere typen (natte veenbodems, geen akkerbouw, veel open water).

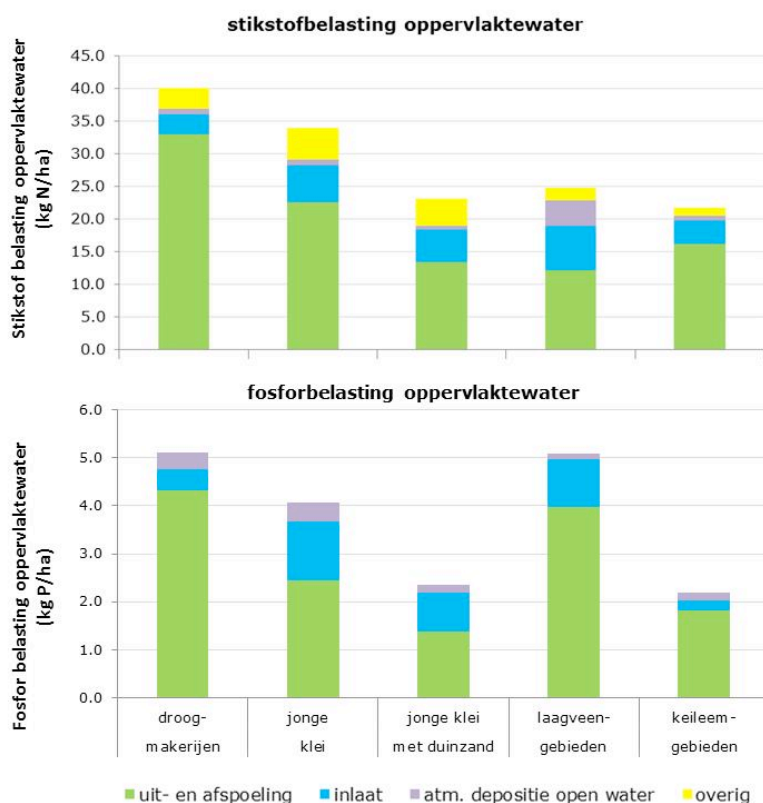


Afbeelding 2. Gebiedsindeling nutriëntenbalans HHNK

Links de 42 onderscheiden deelgebieden, rechts de clustering in gebiedstypen.

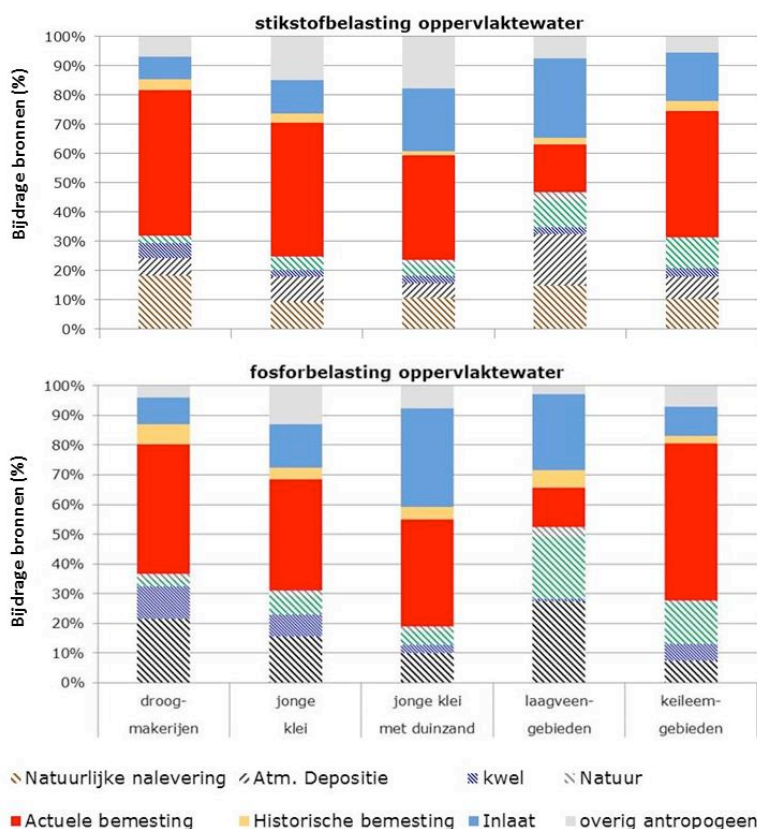
Voor het merendeel van de droogmakerijen en laagveengebieden kon een betrouwbare waterbalans worden opgesteld. Voor de andere gebiedstypen is de waterbalans minder betrouwbaar. Een belangrijke oorzaak hiervan is dat inlaathoeveelheden vaak niet goed kunnen worden vastgesteld.

De berekende stikstofbelasting is relatief groot in de droogmakerijen en, hoewel in iets mindere mate, de gebieden met jonge klei (afbeelding 3). De fosforbelasting is het grootst in de droogmakerijen en laagveengebieden. Uit de analyse komt duidelijk naar voren dat de (diffuse) uit- en afspoeling gemiddeld het meeste bijdraagt aan de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater. Daarnaast is de bijdrage van inlaatwater van belang en voor laagveengebieden ook de atmosferische depositie op open water. De bijdrage van andere bronnen is in de meeste gebieden gering, vooral doordat de meeste rwzi's niet op de regionale wateren lozen.



Afbeelding 3. Berekende stikstof- en fosforbelasting en de belangrijkste bronnen

Een verdere uitsplitsing van de bronnen (afbeelding 4) laat zien dat de actuele bemesting het meeste bijdraagt aan de totale belasting, behalve in de laagveen-gebieden. Als de laagveen-gebieden niet worden meegerekend, is het aandeel van de actuele bemesting bijna de helft (46% voor stikstof, 42% voor fosfor). In de laagveen-gebieden is het aandeel van de bemesting niet groot en leveren vooral atmosferische depositie natuurlijke nalevering uit de bodem en inlaatwater een belangrijke bijdrage. Opvallend in de analyse is dat de historische bemesting geen grote bijdrage geeft. (Hierbij moet wel worden bedacht dat de splitsing tussen historische en actuele bemesting voor de rekenperiode van 1940 tot 2010 is gelegd op het jaar 2000; de laatste 10 jaar zijn dus toebedeeld aan actuele bemesting.)

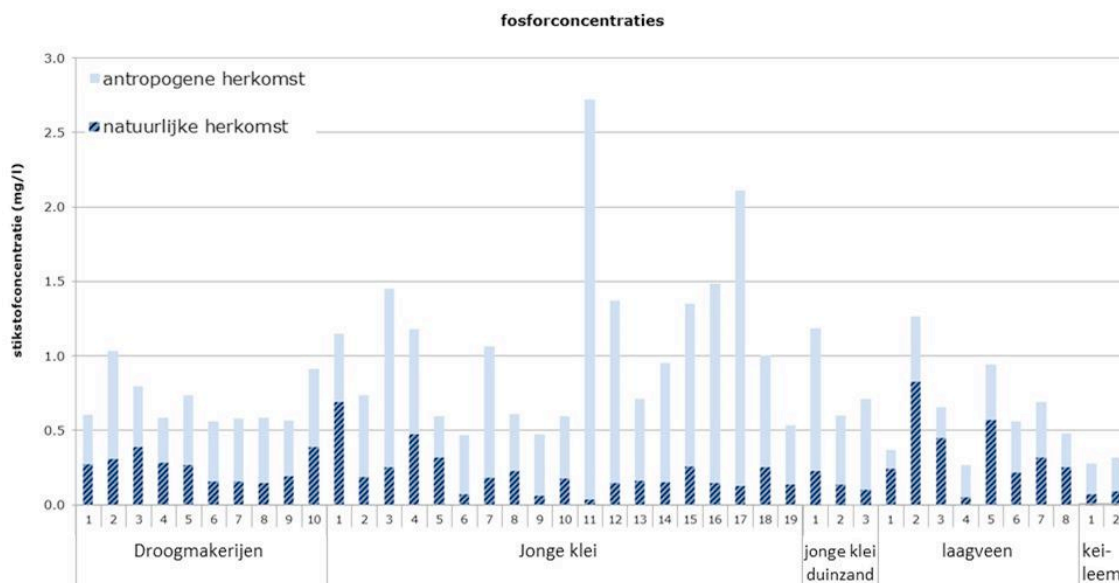


Afbeelding 4. Herkomst van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater voor de periode 2000-2009 De natuurlijke bronnen zijn gearceerd weergegeven.

Voor ieder deelgebied is uit de metingen een gemiddelde concentratie bekend. Met het berekende aandeel uit natuurlijke bronnen is hieruit een achtergrondconcentratie berekend.

De fosforconcentraties liggen in de 42 deelgebieden gemiddeld op 0,9 mg/l P (zie afbeelding 5). Dit is zeer hoog, gelet op de landelijk vaak gehanteerde norm van 0,15 mg/l P. Met de berekende natuurlijke en antropogene fosforbelasting zijn in deze studie achtergrondconcentraties afgeleid van gemiddeld 0,24 mg/l P. In de twee gebieden met keileem en de gebieden met jonge klei met duinzand blijkt de achtergrondconcentratie het laagst (respectievelijk 0,08 en 0,16 mg/l P), in de laagveengebieden is de achtergrondconcentratie het hoogst (0,37 mg/l P).

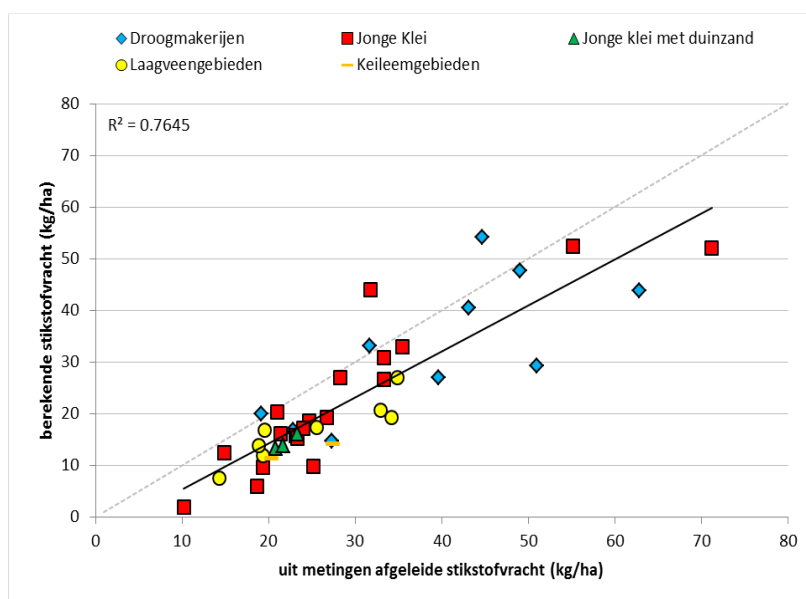
De stikstofconcentraties liggen in de 42 gebieden gemiddeld op een niveau van 3,8 mg/l N. Gelet op de landelijk vaak gehanteerde norm van 2,2 mg/l N is dat hoog. Uit de berekende natuurlijke en antropogene stikstofbelasting zijn in deze studie achtergrondconcentraties afgeleid van gemiddeld 1,2 mg/l N. De verschillen tussen de 42 gebieden zijn relatief groot, variërend van 0,3 tot 3,1 mg/l N. In de gebieden met jonge klei en die met jonge klei met duinzand worden de laagste achtergrondconcentraties berekend (0,9 en 0,6 mg/l N), in de laagveengebieden het hoogst (1,9 mg/l N).



Afbeelding 5. Gemeten fosforconcentraties (mg/l P-totaal) voor de periode 2000-2009, onderverdeeld op basis van de per gebied berekende herkomst (versus antropogeen)

Hoe betrouwbaar is de analyse?

De relatie tussen de berekende en uit metingen afgeleide stikstofbelasting is sterk (zie afbeelding 6), voor fosfor is de relatie minder sterk. De berekende netto belasting (inkomende vrachten minus retentie) is voor de meeste gebieden lager dan de belasting die uit de metingen is afgeleid. Dit geldt vooral voor fosfor. De onderschatting van de fosfor- en stikstofbelasting is voor een deel verklaarbaar doordat de rekenplots voor zandige bodems (met name bollengronden) met een te hoge bindingscapaciteit voor fosfor rekenen en doordat de debieten die afgeleid worden van de gemaalcijfers vaak worden overschat. Verder zijn de hoeveelheden inlaatwater en de retentie belangrijke onzekere posten.



Afbeelding 6. Vergelijking van de uit metingen afgeleide en de berekende stikstofvracht

Om na te gaan in hoeverre deze onderschatting doorwerkt in de berekende achtergrondconcentraties, is een pragmatische gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Het naar boven bijstellen van het niveau van de uit- en afspoeling (tot het niveau van de uit metingen afgeleide vrachten), omlaag bijstellen van de uitgaande debieten en daarmee ook de hoeveelheid inlaatwater heeft niet veel effect op de berekende achtergrondconcentraties.

Een belangrijk resultaat is dat de actuele bemesting kennelijk een hoge bijdrage levert aan de totale belasting. Als gekeken wordt naar het verband tussen de berekende bijdrage van de actuele bemesting en de gemeten concentraties, blijkt voor stikstof een duidelijke correlatie (lineair verband). Voor fosfor is geen duidelijk verband zichtbaar.

Verdere detaillering of nadere modelberekeningen leveren alleen betrouwbaardere resultaten op als ook wordt ingezet op aanvullende monitoring en op het valideren van uit gemaalcijfers af te leiden debieten. Wel zal de berekening met ECHO van de belasting betrouwbaardere uitkomsten geven als voor bollengronden op de overwegend kalkrijke zandgronden nieuwe rekenplots worden opgezet.

Conclusies en aanbevelingen

De resultaten van dit onderzoek geven inzicht in theoretische achtergrondconcentraties van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater. Voor ieder deelgebied is een apart rapport opgesteld met de resultaten van de gebiedsanalyse, waterbalans, nutriëntenbalans, bronnenanalyse en achtergrondconcentraties [7]. Deze kennis laat zien waar het nodig en logisch is om de KRW-doelen bij te stellen. Met name voor fosfor blijkt dat de theoretische achtergrondconcentratie duidelijk hoger ligt dan de landelijke norm van 0.15 mg/l P. Wanneer voor waterlichamen realistische doelen worden vastgesteld, kan efficiënt ingezet worden op gebieden waar dan nog een behoorlijke KRW-opgave resteert.

De resultaten geven ook inzicht in de overige bronnen van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater en daarmee inzicht in mogelijke maatregelen om de nutriëntenbelasting te verlagen. Actuele bemesting, inlaat en nalevering vanuit de landbouwbodems leveren in de meeste deelgebieden een hoge bijdrage.

Het modelinstrumentarium zoals dat nu gebiedsspecifiek is ontwikkeld voor HHNK is heel geschikt om effectiviteit van (bron)maatregelen te verkennen en te kwantificeren. De studie biedt ook goede aanknopingspunten om de hiaten en onzekerheden voor het monitoren en opstellen van water- en nutriëntenbalansen in de gebieden op te vullen.

Referenties

1. Dam, H. van (2009). Evaluatie basismetnet waterkwaliteit Hollands Noorderkwartier: trendanalyse hydrobiologie, temperatuur en waterchemie 1982-2007. In opdracht van: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Herman van Dam, Adviseur Water en Natuur. Amsterdam. Rapport 708. 253p.

2. Schipper, P.N.M., O. Schoumans, P. Groenendijk en E.v.Boekel (2012). *Nutriëntenbelasting oppervlaktewater; Herkomst en bijdrage landelijke gebied*. Notitie ter ondersteuning van de KRW-aanpak voor nutriënten in Rijn-West, Alterra mei 2012.
3. Nutriëntenadviesgroep waterschappen Rijn-West (2012). Nutriëntenmaatwerk in de polder, Eindadvies nutriënten Rijn-West, deelrapport 1: Stappenplan nutriëntenaanpak. Notitie voor het Regionaal Bestuurlijk Overleg Rijn-West, 1 november 2012.
4. Kroes, J.G., E.M.P.M. van Boekel, F.J.E. van der Bolt, L.V. Renaud en J. Roelsma, 2011. ECHO, een methodiek ter ondersteuning van waterbeleid; methodiekbeschrijving en toepassing Drentse Aa. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1913.
5. Groenendijk, P., H.M. Mulder, R.F.A. Hendriks en F.J.E. van der Bolt 2014. Bronnen van diffuse nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater, evaluatie Meststoffenwet 2012, deelrapport ex-post. Alterra rapport 2328.
6. Boekel, E.M.P.M. van, J. Roelsma, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.C. Jansen, L.V. Renaud, R.F.A. Hendriks en P.N.M. Schipper, 2015. Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK, Hoofdrapport: Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntenbalansen voor het beheergebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Alterra rapport 2475, in voorb.
7. Boekel, E.M.P.M. van, J. Roelsma, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.C. Jansen, L.V. Renaud en R.F.A. Hendriks, 2013-2014. Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK. Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water- en nutriëntenbalansen. Alterra rapporten: deelrapporten 2475.1-2475.42.