

BTO 2015.005 | Januari 2015

BTO rapport

Gevolgen inname
Lekwater als back-up
voor drinkwaterkwaliteit
en ecologie duin

BTO

Gevolgen inname Lekwater als back-up voor drinkwaterkwaliteit en ecologie duin

BTO 2015.005 | Januari 2015

Opdrachtnummer

400393

Projectmanager

ir. L.J.Palmen

Opdrachtgever

BTO – Speerpuntonderzoek Dunea

Kwaliteitsborger(s)

Prof. dr. G.J. Medema

Auteur(s)

dr.ir. M.J.M. Hootsmans

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.
Een jaar na publicatie is het openbaar.

Jaar van publicatie
2015

Meer informatie

T +31 (0)30 60 69 648
E michiel.hootsmans@kwrwater.nl

Keywords

fosfaat Cyanobacterien algenbloei
duininfiltratie

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR

Watercycle
Research
Institute

BTO 2015.005 | Januari 2015 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

BTO Managementsamenvatting

Kortdurende inname uit de Lek is slechts beperkt mogelijk zonder sterk vergrote kans op algenbloei in Meijndel

Auteur(s) dr.ir. M.J.M. Hootsmans

Door klimaatverandering kan de waterkwaliteit in de Maas structureel verslechteren omdat lage afvoeren vaker en langduriger gaan optreden. De Rijn vertoont dit effect veel minder. Voor Dunea betekent dit dat een tijdelijke inzet van gefiltreerd water uit de Lek in de toekomst niet alleen in geval van een calamiteit nodig kan zijn. Dus is een inschatting nodig van de effecten van zo'n inname op de waterkwaliteit en de ecologie van de infiltratiegebieden. Vooral het risico dat een verhoogde fosfaatbelasting leidt tot algenbloei verdient daarbij de aandacht, naast mogelijke verschillen tussen Lek en Maas in gehalten aan bestrijdingsmiddelen. Op basis van beschikbare gegevens voor de periode 2009-2013 is berekend wat de gevolgen kunnen zijn van één of twee weken inname van gefiltreerd Lekwater voor Meijndel. Alleen in de periode maart-juli lijkt een inname uit de Lek gedurende één week mogelijk wat betreft haar effect op de totaal fosfaat concentratie en de kans op ongewenste algenbloei. Een langere inname van twee weken is slechts in april nog net acceptabel. Met een aanvullende vlokkingfiltratie kan deze periode voor een inname van twee weken worden verruimd naar maart-juli. De onderzochte bestrijdingsmiddelen gaven geen reden om Lekwater niet als alternatieve bron te benutten.



Infiltratieplas van Dunea. In hoeverre een tijdelijke toevoer van gefiltreerd Lekwater ondanks de daarmee samenhangende extra fosfaatbelasting acceptabel blijft voor de waterkwaliteit van dit ontvangende watersysteem is onderwerp van deze studie.

Belang: inzicht in het effect van een tijdelijke inname van Lekwater op de waterkwaliteit in Meijndel

Als gevolg van klimaatverandering wordt verwacht dat de waterkwaliteit van de Maas structureel zal verslechteren, door het vaker en langduriger optreden van perioden met (extreem) lage afvoer. Voor de Rijn zal dit klimaateffect minder groot zijn, omdat deze rivier niet exclusief wordt gevoed door regenwater. Dat betekent dat Dunea in de toekomst wellicht vaker zal willen overschakelen op een tijdelijke inname van Lekwater. Ook bij calamiteiten in de Afgedamde Maas is dat een optie. Bij een inname uit de Lek wordt het ruwe water alleen gefiltreerd. De vraag is wat hiervan de consequenties kunnen zijn voor de drinkwaterkwaliteit en de ecologie van het duingebied. Naast bestrijdingsmiddelen gaat de aandacht vooral uit naar fosfaat in relatie tot de groei van algen.

Aanpak: met fosfaatbalansen inschatten van de concentratie bij inname gedurende een of twee weken

Voor diverse bestrijdingsmiddelen die al eerder voor de periode 2000-2010 waren getoetst werden de concentraties in de Afgedamde Maas en het Lekkanaal (representatief voor de Lek) voor de periode 2009-2013 vergeleken op mogelijk relevante verschillen. Met langjarige gegevens van een infiltratieplas in Meijndel werd een gemiddeld maandelijks verloop in totaal fosfaat concentratie gedurende een jaar bepaald. Orthofosfaat concentraties uit de periode 2009-2013 voor het Lekkanaal en de Afgedamde Maas waren beschikbaar om de te verwachten toename in orthofosfaat concentratie te schatten als gevolg van fictieve innames van gefiltreerd Lekwater gedurende één of twee weken in een gemiddeld jaar. De resultaten werden afgezet tegen een gewenste maximum totaal fosfaat concentratie van 0,06 mg P/l die eerder voor de infiltratieplassen van Dunea is vastgesteld. Tot deze waarde worden geen grote risico's op algenbloei verwacht. Met het metamodel PCLake werd globaal ingeschat in hoeverre de berekende fosfaatbelastingen een omslag van een helder watersysteem naar een troebele door algen gedomineerde toestand zouden kunnen veroorzaken.

Resultaten: fosfaatgehalten worden door tijdelijke inname niet altijd onaanvaardbaar verhoogd

De onderzochte bestrijdingsmiddelen blijven ver onder de norm van 0,1 µg/l, afgezien van enkele incidentele normoverschrijdingen. Concentraties aan glyfosaat en haar afbraakproduct AMPA komen vaker in de buurt van of over de norm, waarbij glyfosaat in het Lekkanaal in de zomer wat hoger is dan in de Afgedamde Maas, maar voor AMPA is dit precies andersom. Isoproturon is in het Lekkanaal incidenteel vaker in verhoogde concentraties aangetroffen dan in de inlaat bij Brakel. De verhoogde concentraties lijken zich vooral te manifesteren in de maanden november en december. Een vergelijkbare dynamiek in de tijd is waarneembaar voor de concentratie chloortoluron. Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat er

voor de 13 onderzochte stoffen geen groot verschil tussen de beide alternatieve ruwwaterbronnen bestaat.

Na één week inname uit de Lek blijft de berekende maandgemiddelde totaal fosfaat concentratie in Meijndel in de periode maart-juli nog heel dicht bij de waarde van 0,06 mg P/l. En na een daaropvolgende week van reguliere inname uit de Afgedamde Maas zakt de gemiddelde concentratie in die periode weer onder deze grenswaarde. Buiten deze periode blijft de totaal fosfaat concentratie echter ook na weer een week reguliere inname nog steeds boven de grenswaarde. Na twee weken inname uit de Lek is het maandgemiddelde totaal fosfaat alleen in april nog dicht bij de grenswaarde, maar overschrijdt die wel. Geconcludeerd wordt dat een tijdelijke inname uit de Lek gedurende één week alleen in de periode maart-juli mogelijk lijkt wat betreft haar effect op de totaal fosfaat concentratie en de daaraan gekoppelde kans op ongewenste algenbloei in de infiltratieplassen in Meijndel. Een langere inname van twee weken uit de Lek is alleen in april nog net acceptabel. Volgens een scenario studie is bij vlokingsfiltratie twee weken inname in maart-juli alsnog mogelijk.

Implementatie: meer duidelijkheid over de mogelijkheden om gefiltreerd Lekwater in te nemen

Net als eerder werd geconstateerd voor de periode 2000-2010, is er op basis van de onderzochte bestrijdingsmiddelen geen reden om Lekwater niet als (tijdelijke) alternatieve bron te benutten. Het valt niet te verwachten dat inname van Lekwater voor deze stoffen zal leiden tot ongeoorloofde of ongewenste situaties in de infiltratieplassen van Meijndel. Bij een inname besluit zal de op dat moment aanwezige orthofosfaat concentratie in de Lek moeten worden afgezet tegen het in dit project berekende gemiddelde verloop in het Lekkanaal over de periode 2009-2013. Indien de actuele concentratie hoger is dan dit langjarig gemiddelde, dan zal ook het bijbehorende risico op algenbloei groter worden, en omgekeerd.

Vanzelfsprekend zal een aanvullende coagulatiestap bij de inname van Lekwater de risico's op ongewenste algenbloei terugbrengen tot hetzelfde lage niveau als nu wordt bereikt met de inname van water uit de Afgedamde Maas. Zo'n coagulatiestap zou ook nuttig kunnen zijn om de veel hogere zwevende stof concentraties van de Lek ten opzichte van de Afgedamde Maas te reduceren. Deze zwevende stof wordt door de snelfilters weliswaar zeer goed verwijderd (97,5%), maar leidt ook tot sneller verstopping en frequenter terugspoelen.

Rapport

Dit Speerpuntonderzoek voor Dunea is beschreven in rapport *Gevolgen inname Lekwater als back-up voor drinkwaterkwaliteit en ecologie duin* (BTO-2015.005).

Jaar van publicatie
2015

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

Meer informatie

T +31 (0)30 60 69 648

E michiel.hootsmans@kwrwater.nl

T +31 (0)30 60 69 511

F +31 (0)30 60 61 165

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl

Keywords

fosfaat Cyanobacterien algenbloei
duinfiltratie



BTO 2015.005 | Januari 2015 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Jaar van publicatie
2015

Meer informatie

T +31 (0)30 60 69 648
E michiel.hootsmans@kwrwater.nl

Keywords
fosfaat Cyanobacterien algenbloei
duininfiltratie

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR Watercycle
Research
Institute

BTO 2015.005 | Januari 2015 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

Inhoud	2
1 Inleiding: afbakening van de vraagstelling	4
2 Overzicht van gebruikte rapportages	6
3 Data voorbereiding	8
3.1 Gebruikte gegevens	8
3.2 Gegevens beneden de detectiegrens	9
3.3 Meerdere waarnemingen per datum per monsterpunt	9
3.4 Toetsing op normoverschrijding	9
3.5 Berekening van de mogelijke orthofosfaat belasting van infiltratiegebied Meijendel als gevolg van de inname van gefiltreerd Lekwater	9
4 Resultaten	11
4.1 Concentratie bestrijdingsmiddelen in ruwwater	11
4.2 Fosfaatconcentraties infiltratieplas 13, Meijendel 1988-1998	15
4.3 Mogelijke extra orthofosfaatbelasting van Meijendel door inname van gefiltreerd Lekwater ten opzichte van inname uit de Afgedamde Maas	17
4.4 Benadering met een ecosysteemmodel: PCLake	19
5 Discussie, conclusies en aanbevelingen	25
5.1 Bestrijdingsmiddelen en AMPA	25
5.2 Orthofosfaatbelasting op basis van wateraanvoer in 2013 en maandgemiddelde concentraties	25
5.3 Scenario's voor inname van gefiltreerd Lekwater	26
6 Referenties	30

1 Inleiding: afbakening van de vraagstelling

De waterkwaliteit van de Lek is de afgelopen 20 jaar fors verbeterd. In veel opzichten is de kwaliteit van de Lek vergelijkbaar met die van de Maas, hoewel er over en weer natuurlijk kwaliteitsverschillen bestaan (Fischer, 2011). De bestaande innamefaciliteit in de Lek bij Bergambacht is op dit moment bedoeld als noodinlaat, wanneer inname uit de Afdamde Maas onmogelijk is vanwege calamiteiten. Voor de toekomst wordt echter verwacht dat de waterkwaliteit van de Maas structureel zal verslechteren, door het vaker en langduriger optreden van perioden met (extreem) lage afvoer. Voor de Rijn (en dus de Lek) zal dit klimaateffect minder groot zijn, omdat de Rijn niet exclusief wordt gevoed door regenwater. In de zomer wordt de afvoer van de Rijn op peil gehouden (tot 80%) door smeltwater uit de Alpen. Het effect van klimaatverandering op de waterkwaliteit zal met name worden gevoeld in een regenrivier zoals de Maas (Van Bokhoven & Zwolsman, 2007; Van Vliet & Zwolsman; 2007; Zwolsman et al., 2007). Dat betekent dat Dunea in de toekomst wellicht vaker zal willen overschakelen op inname van Lekwater. De vraag is wat hiervan de consequenties kunnen zijn voor de drinkwaterkwaliteit en de ecologie (met name de infiltratieplassen) van het duingebied.

In het projectplan SPO 2014 Gevolgen inname Lekwater als back-up voor drinkwaterkwaliteit en ecologie duin zijn de volgende doelen geformuleerd:

1. Opstellen overzicht van stoffen die in de Lek aanwezig zijn en die mogelijk een bedreiging vormen voor de drinkwaterkwaliteit en ecologie duin
2. Analyse van deze data en opstellen van normwaarden voor relevante probleemstoffen in het uitgaande water van Bergambacht. Focus op Meijendel.

Ten aanzien van het eerste doel bestaan er twee recente studies die een dergelijke analyse hebben verricht van de verschillen in ruwwaterkwaliteit tussen Lek en Maas, respectievelijk Fischer (2011) voor de periode 2000-2010 (jaargemiddelden) en Aggenbach et al. (2014) voor de periode 2006-2010 (maandgemiddelden). De conclusies daarvan worden hier overgenomen.

Ten aanzien van het tweede doel vermeldt het projectplan dat de focus ligt op stoffen die van invloed kunnen zijn op de ecologie en de drinkwaterkwaliteit. Fosfaat en bestrijdingsmiddelen worden expliciet genoemd. Er wordt gewerkt met stofbalansen en twee scenario's: één en twee weken inname Lekwater. Daarbij moet rekening worden gehouden met:

- seizoensafhankelijkheid (wanneer is de concentratie hoog, wanneer laag; inname uit de Lek zal waarschijnlijk alleen in de zomer gebeuren, wanneer de Maas kwaliteit te slecht kan worden door een lage afvoer; maar zo'n inname kan door calamiteiten in de Afdamde Maas mogelijk ook op andere momenten in het jaar nodig zijn).
- gedrag van stoffen in de bodem (sorptie, afbraak). Het gaat dan dus om bestrijdingsmiddelen en andere microverontreinigingen die via infiltratie en bodempassage in het productieproces terecht kunnen komen. Hier is een overzicht

nodig van stoffen die in de Lek aanwezig zijn en die een mogelijke bedreiging vormen voor de drinkwaterkwaliteit, maar ook voor de ecologie in de infiltratieplassen. Een gedetailleerde analyse van organische microverontreinigingen is echter overbodig aangezien de feitelijke concentraties volgens de eerdere twee genoemde rapporten de normen niet overschrijden.

De volgende aanpak is gekozen:

1. Er is een update gemaakt voor de periode 2009-2013 van de maandelijkse gehalten aan de 12 bestrijdingsmiddelen en AMPA (afbraakproduct van glyfosaat) die ook in Aggenbach et al. (2014) worden behandeld voor de periode 2006-2010. Andere organische microverontreinigingen zijn dus niet onderzocht. Dunea heeft analyse gegevens van Waternet voor het Lekkanaal beschikbaar gesteld, naast eigen analysedata voor het innamepunt Brakel en voor de inlaat in het infiltratiegebied Meijendel. Het Lekkanaal wordt hierbij representatief geacht voor de kwaliteit van de Lek.

2. Omdat voor deze bestrijdingsmiddelen en andere microverontreinigingen op basis van de twee genoemde studies geen bijzondere verschillen tussen Lek en Afgedamde Maas worden verwacht, is een analyse van effecten van bodempassage en sorptie/desorptie niet zinvol. En omdat de verschillen in deze parameters tussen Lek en Afgedamde Maas beperkt zijn, zal er waarschijnlijk ook geen direct of indirect effect te verwachten zijn van een kortdurende inname van Lekwater via verschillen in deze parameters op het aquatisch ecosysteem van Meijendel.

3. Omdat in de twee genoemde rapporten weinig tot geen aandacht wordt besteed aan de effecten van extra fosfaatbelasting van Meijendel door een tijdelijke inname van Lekwater zonder coagulatie, gaat hier nu de meeste aandacht naar uit. Totaal fosfaat gegevens voor het Lekkanaal waren in de dataset voor de periode 2009-2013 niet beschikbaar. Daarom zal met de wel beschikbare orthofosfaat gegevens voor het Lekkanaal berekend worden wat de extra input aan orthofosfaat door één of twee weken inname van Lekwater na snelfiltratie kan zijn op verschillende momenten gedurende het jaar. Op basis hiervan kan worden bezien of en wanneer in het jaar een defosfateringsactie in Bergambacht nodig is.

In deze analyse zal een berekening uitgevoerd worden op basis van beschikbare data en rapporten. Aanvullend zal gebruik gemaakt worden van het metamodel PCLake (Janse et al., 2010). Hiermee is een globale inschatting te maken van de maximale waarde van de totaal fosfaatbelasting waarboven een ondiep watersysteem omslaat van een heldere, door waterplanten gedomineerde toestand naar een troebele, door algen gedomineerde toestand.

2 Overzicht van gebruikte rapportages

Visser & Fritz (2003) beschrijven de effecten van de verwijdering van bodemslib en karpers. Deze waren eerder uitgezet in de hoop dat deze door bodemwoeling de infiltratiecapaciteit konden verhogen; maar dit leidde juist tot forse algenbloei en verdere verstopping van de bodem. Na slibverwijdering in 1989 wordt een verlaging in fosfaat concentraties vastgesteld. Het rapport bevat alleen informatie over het verloop van orthofosfaat en totaal fosfaat binnen een jaar in grafiek 5 voor het jaar 1989. De bijlagen geven verder alleen jaargemiddelden, minima, maxima en medianen. Uit de grafiek blijkt dat in 1989 het totaal fosfaat gehalte tamelijk constant was rond 0,05 mg P/l. De orthofosfaat concentratie is meestal 0,03 mg P/l maar daalt tot 0,005 mg P/l in de maanden maart en april.

In Van den Broek et al. (2008) worden in Bijlage 2 voor Meijndel chemische en biologische KRW doelen afgeleid. In Fig. 3.5 in deze bijlage staat het verloop in totaal fosfaat (mg P/l) voor de periode 1993-2003 in infiltratieplas 13. De figuur is lastig afleesbaar, maar een grof gemiddelde totaal fosfaat waarde van 0,05 mg P/l lijkt een redelijke schatting, met wat hogere waarden in de winter en wat lagere waarden in de zomer.

Magic-Knezev & Van der Salm (2009) deden een studie naar het optreden van cyanobacteriebloei in onder meer Meijndel. Het rapport bevat summier informatie over jaargemiddelde, minimum en maximum waarden van orthofosfaat en totaal fosfaat over de periode 2000-2005. Men komt op basis van een aantal correlaties tussen celaantallen, biovolume, microcystine productie en totaal fosfaat tot een aanbevolen maximum waarde voor totaal fosfaat in de infiltratieplassen van 0,06 mg P/l. Beneden deze waarde verwacht men chlorofyl waarden <30 µg/l en microcystine waarden <20 µg/l. Dat zijn waarden die vermoedelijk geen drinkwaterkwaliteitsprobleem hoeven te vormen. De zo berekende wenselijke bovengrens voor de totaal fosfaat concentratie in de infiltratieplassen is ook in de huidige studie gebruikt. Men beschouwt de periode april tot en met oktober als kritisch voor het kunnen optreden van cyanobacterie bloei.

Fischer (2011) deed een studie naar verschillen in waterkwaliteit tussen Lek en Afgedamde Maas, gebaseerd op jaargemiddelden voor zeer veel stoffen voor de periode 2000-2010. Hierbij is fosfaat echter niet meegenomen. Het rapport bevat een lijst met de top vijf van bestrijdingsmiddelen op grond van concentratie in beide rivieren, en een lijst van elf door Dunea als prioritair benoemde bestrijdingsmiddelen. Men geeft ook informatie over te verwachten verwijdering door de totale (huidige) zuivering. Bestrijdingsmiddelen en nitraat worden in Bergambacht nauwelijks verwijderd. Zevende stof wel maar de hoge gehalten zonder coagulatie leveren problemen voor de snelfilters op, en dat leidt vermoedelijk vaak tot een overschrijding van het IB besluit (norm: 0,5 mg/l; maximum van 2 mg/l gedurende maximaal 70 dagen per jaar). Nitraatwaarden van Lek en Maas liggen volgens dit rapport op dezelfde hoogte, ruim beneden de norm van 50 mg NO₃/l (=11,3 mg N/l) volgens het Drinkwaterbesluit. De IB norm is overigens 5,6 mg N/l. De Lek heeft voor sommige microverontreinigingen lagere, voor andere wat hogere gehalten dan de Maas, maar men ziet daar geen problemen mee.

Plaggenmarsch et al. (2013) deden een studie naar de effecten van inname van Lekwater op de snelfilters. Daarbij bleek dat orthofosfaat door de snelfilters niet wordt verwijderd; een dosering met ijzerchloride is in theorie mogelijk maar leidt in de praktijk tot snelle verstopping. Totaal fosfaat wordt in beperkte mate (13-18%) verwijderd. Ook vergelijkt dit rapport Lekkanaal ruwwater data met normen van het IB-besluit, en constateert daar geen problemen.

Het rapport van Aggenbach et al. (2014) concentreert zich op een meer gedetailleerde analyse van verschillen tussen Lek en Maas met maandgemiddelden over de periode 2006-2010 van de diverse stoffen die in Fischer (2011) met jaargemiddelden zijn onderzocht. De effecten van inname van Lekwater op fosfaat toelevering aan de duinen, en de gevolgen daarvan, worden als mogelijk probleem gesignaleerd maar niet nader geanalyseerd.

Het rapport rept van een mogelijk zinvolle inzet van het model Easy Leacher om verwijdering tijdens bodempassage te modelleren van stoffen waarvan de inlaatconcentraties in het duingebied boven de norm van het drinkwaterbedrijf liggen. De studie maakt er gezien de geconstateerde lage concentraties echter geen gebruik van.

3 Data voorbereiding

3.1 Gebruikte gegevens

3.1.1 Het volume van Meijndel

Het volume van Meijndel als ontvangend waterlichaam is geschat met gegevens uit een mail van B. Baartman, Dunea, dd 3 juni 2014; daaruit bleek een totaal oppervlak van 1.018.619 m², en een geschatte diepte van 2-2,5 m. Dus is het volume grofweg 2-2,5 miljoen m³. Deze bandbreedte is gebruikt als boven en ondergrens in de berekeningen van de concentratietoename in orthofosfaat in Meijndel als gevolg van een tijdelijke inlaat van Lekwater.

3.1.2 Diverse waterkwaliteitsgegevens Afgedamde Maas en Lekkanaal 2009-2013

Er zijn waterkwaliteitsgegevens beschikbaar voor de locaties Brakel na coagulatie, vóór microzeven (PBL-INF), Lekkanaal ruwwater (PNG-OW-2) en de aanvoer naar Meijndel (Bergambacht Leiding, WME-INF; dit is de inlaat, niet zonder meer een representatieve waarde voor het infiltratiegebied als geheel).

Deze data staan in het Excel bestand 'kwaliteitsgegevens voor spo kwr 2.xls' uit een mail van T. Knol, Dunea, dd 20 juni 2014.

Gegevens van totaal fosfaat voor het Lekkanaal bestaan helemaal niet voor deze periode (per mail door T. Knol gemeld dd 29 juni 2014; in het Lekkanaal wordt totaal fosfaat door HWL in opdracht van Waternet pas vanaf begin 2014 gemeten). Dat betekent dat in de verdere analyse de belasting met fosfaat alleen op basis van orthofosfaat kan worden geschat, en dat houdt dus een onderschatting in van de totale belasting. Hier wordt in de discussie nader op ingegaan.

Ook ontbreken voor alle monsterpunten twee Tabel 2 DW besluit stoffen (acrylamide en epichloorhydrine); voor WME-INF ontbreekt daarnaast NDMA; voor PNG-OW-02 ontbreekt vinylchloride. Voor de 12 in het huidige rapport voor analyse uitgekozen bestrijdingsmiddelen en AMPA zijn uit de periode 2009-2013 voor alle drie ruwwaterpunten data beschikbaar. Voor nicosulfuron missen bij WME-INF gegevens voor 2009; voor MCPP missen bij PBL-INF gegevens voor 2013; voor carbendazim missen bij WME-INF gegevens voor 2009. Gehaltes per stof worden getoetst tegen de norm van 0,1 µg/l. Voor AMPA geldt een voorzorgsnorm van 1 µg/l.

3.1.3 Aanvullende informatie over fosfaat in de Lek uit andere bronnen

In Aggenbach et al. (2014) zijn in Fig. 7 maandgemiddelde concentraties beschikbaar voor totaal fosfaat in de Lek (feitelijk het Lekkanaal) voor de periode 2006-2007. Deze liggen tussen 0,2 mg P/l in de periode oktober-januari, en dalen naar een minimum van 0,1 mg P/l in mei. Orthofosfaat maandgemiddelden over de periode 2006-2010 liggen in deze Fig. 7 ongeveer een factor 2 lager. Uit de RIWA 2009 rapportage over de Rijn (Stoks et al., 2010) blijken orthofosfaat en totaal fosfaat in de Rijn bij Lobith in de periode januari-maart ongeveer gelijk te zijn (0,08-0,1 mg P/l), daarna stijgt totaal fosfaat naar 0,2-0,4 mg P/l in de periode juli-december (maar fluctueert sterk) terwijl orthofosfaat in september-november

stijgt naar 0,1 mg P/l om dan weer te dalen naar 0,08 mg P/l (omgerekend uit gegevens als mg fosfaat/l uit de Bijlage 1 van het RIWA 2009 rapport). Op basis hiervan lijkt een factor 2 als grove omrekenfactor tussen orthofosfaat en totaal fosfaat concentraties in de Lek te kunnen dienen.

3.1.4 Concentratieverloop fosfaat gedurende het jaar in Meijndel

Hiervoor is een Excelbestand 'PAN 13.xls' aangeleverd door H. van der Hagen, Dunea, mail dd. 7 juli 2014, met gegevens van infiltratieplas 13 voor orthofosfaat en totaal fosfaat (in mg P/l) gedurende de periode 1988-1998. Daarnaast is nog summiere informatie beschikbaar in Visser & Fritz, 2003 en Van den Broek et al., 2008. Op basis van al deze gegevens lijkt een totaal fosfaat concentratie van 0,05 mg P/l gedurende het jaar redelijk voor Meijndel, met wat lagere zomerwaarden en wat hogere winterwaarden. De orthofosfaat concentratie is in de zomer zeer laag, in de winter ongeveer de helft van de totaal fosfaat concentraties.

3.1.5 Aanvoer van infiltratiewater naar Meijndel

Hiervoor is een Excel bestand 'info procesvoering.xlsx' beschikbaar uit een mail van T. Knol dd. 20 juni 2014. Hierin staan dagwaarden van de aanvoer in m³ voor het jaar 2013. Voor dit project is met weektotaal gerekend.

3.2 Gegevens beneden de detectiegrens

Uit de aangeleverde dataset zijn steeds de werkelijk gerapporteerde meetwaarden gebruikt. Indien deze kleiner dan nul waren, is een nul gebruikt.

3.3 Meerdere waarnemingen per datum per monsterpunt

De dataset bevat soms een, soms twee meetwaarden per datum. Deze zijn steeds beide als replica waarden gebruikt in de analyse, ook al zitten er soms grotere verschillen tussen beide waarden.

3.4 Toetsing op normoverschrijding

De gegevens over normwaarden vermeld in Fischer (2011) zijn hier gebruikt.

3.5 Berekening van de mogelijke orthofosfaat belasting van infiltratiegebied Meijndel als gevolg van de inname van gefiltreerd Lekwater

Met de beschikbare jaarreeksen voor orthofosfaat concentraties over de periode 2009-2013 is voor elk van de meetpunten WME-INF (inlaat Meijndel), PBL-INF (inname Brakel) en PNG-OW-02 (Lekkanaal) een samengestelde jaarreeks gemaakt. Dit geeft een beeld van het gemiddelde dagelijkse verloop in orthofosfaat over een jaar. Vervolgens zijn per meetpunt alle beschikbare gegevens voor een maand gemiddeld. Daarmee is voor elk meetpunt een gemiddeld maandelijks orthofosfaat verloop over een jaar geconstrueerd.

Deze maandgemiddelde orthofosfaat concentraties zijn daarna gecombineerd met de voor elke week in 2013 berekende totale watervolumes die in Meijndel werden ingelaten. Vervolgens werden de inlaat volumes van de eerste vijf weken van januari 2013 gekoppeld met het verschil in de gemiddelde maandconcentraties voor januari tussen WME-INF en PNG-OW-02, de volgende vier weken met het verschil in beide concentraties voor februari, enzovoort. Zo kon voor iedere week in 2013 worden geschat wat een inname aan Lekwater in die week aan extra orthofosfaat belasting had betekend voor het totale infiltratiegebied Meijndel ten opzichte van een reguliere inname van hetzelfde volume water uit de Afdamde Maas. De zo berekende extra orthofosfaat vracht werd gedeeld door het totale volume voor Meijndel (gebruikmakend van de ruwe schatting van minimaal 2 en maximaal 2,5 miljoen m³, zie boven onder 3.1). Dit levert een schatting op van de bruto stijging in orthofosfaat concentratie voor deze week in Meijndel, die zou optreden indien er niet

tegelijkertijd eenzelfde volume water met orthofosfaat zou zijn geïnfiltreerd en dus afgevoerd.

Om daarvoor te kunnen corrigeren werd de berekende bruto concentratiestijging in orthofosfaat voor Meijndel vermenigvuldigd met de waterafvoer (gelijk gesteld aan de watertoevoer in de betreffende week), om zo de afvoer van fosfaatlast door wegzijging te schatten. Uit het verschil tussen de berekende fosfaatlast aanvoer en fosfaatlast afvoer, gedeeld door het totale volume voor Meijndel (weer gebruikmakend van de ruwe schatting van minimaal 2 en maximaal 2,5 miljoen m³) volgt dan de netto verandering in orthofosfaat concentratie voor de betreffende week, voor beide volumes. Bij deze eenvoudige balansberekening wordt geen rekening gehouden met opname of afgifte van P door biologische activiteit.

Voor een inname van twee weken werd een vergelijkbare aanpak gehanteerd. Daarbij werd het effect van een inlaat gedurende twee weken berekend aan de hand van de berekende concentraties en fosfaatlasten voor elke afzonderlijke week.

4 Resultaten

4.1 Concentratie bestrijdingsmiddelen in ruwwater

In Fig.1 staan voor de 12 gekozen bestrijdingsmiddelen en het glyfosaat afbraakproduct AMPA (in alfabetische volgorde) het verloop in de concentratie over de jaren 2009-2013, en het verloop in de maandelijkse gemiddelden over de beschikbare jaren voor de drie monsterlocaties. Tabel 1 geeft voor elke stof het aantal waarnemingen en het aantal geconstateerde normoverschrijdingen in de periode 2009-2013. Voor nicosulfuron missen bij de inlaat in Meijndel (WME-INF) de gegevens voor 2009; voor MCPP missen bij de Afgedamde Maas (PBL-INF) de gegevens voor 2013; voor carbendazim missen bij de inlaat in Meijndel de gegevens voor 2009.

De bestrijdingsmiddelen blijven ver onder de norm van 0,1 µg/l, afgezien van enkele incidentele normoverschrijdingen. Concentraties aan glyfosaat en haar afbraakproduct AMPA komen vaker in de buurt van of over de norm, waarbij glyfosaat in het Lekkanaal in de zomer wat hoger is dan in de Afgedamde Maas, maar voor AMPA is dit precies andersom. Een andere stof die aandacht verdient is isoproturon, deze is in het Lekkanaal incidenteel vaker in verhoogde concentraties aangetroffen dan in de inlaat bij Brakel. De verhoogde concentraties lijken zich vooral te manifesteren in de maanden november en december (zie Fig. 1). Een vergelijkbare dynamiek in de tijd is waarneembaar voor de concentraties aan chloortoluron. De waargenomen concentraties in het Lekwater blijven echter over het algemeen (net) onder de norm van 0,1 µg/l (zie Fig. 1). Over het algemeen kan verondersteld worden dat wat betreft deze 13 stoffen er geen groot verschil tussen de beide alternatieve ruwwaterbronnen lijkt te bestaan (zie Tabel 1).

TABEL 1. AANTAL WAARNEMINGEN (N) EN AANTAL + PERCENTAGE NORMOVERSCHRIJDINGEN IN DE PERIODE 2009-2013 VOOR 12 BESTRIJDINGSMIDDELEN EN AMPA IN DE INLAAT TE MEIJNDEL, HET INNAMEPUNT AFGEDAMDE MAAS (BRAKEL) EN HET LEKKANAAL.

stofnaam	Inlaat Meijndel			Brakel			Lekkanaal		
	n	> norm	%	n	> norm	%	n	> norm	%
2,4-D	61	0	0,0%	119	0	0,0%	65	0	0,0%
AMPA	27	5	18,5%	110	21	19,1%	117	0	0,0%
bentazon	61	0	0,0%	159	1	0,6%	65	0	0,0%
carbendazim	87	0	0,0%	221	0	0,0%	412	0	0,0%
chloortoluron	105	0	0,0%	258	0	0,0%	557	2	0,4%
diuron	105	1	1,0%	258	0	0,0%	557	0	0,0%
glyfosaat	27	0	0,0%	110	2	1,8%	117	8	6,8%
isoproturon	105	0	0,0%	258	1	0,4%	557	8	1,4%
MCPA	61	0	0,0%	119	1	0,8%	65	0	0,0%
MCPP	61	0	0,0%	40	0	0,0%	65	0	0,0%
metolachloor	174	0	0,0%	373	6	1,6%	199	1	0,5%
metoxuron	101	0	0,0%	232	0	0,0%	498	1	0,2%
nicosulfuron	56	0	0,0%	142	0	0,0%	132	0	0,0%

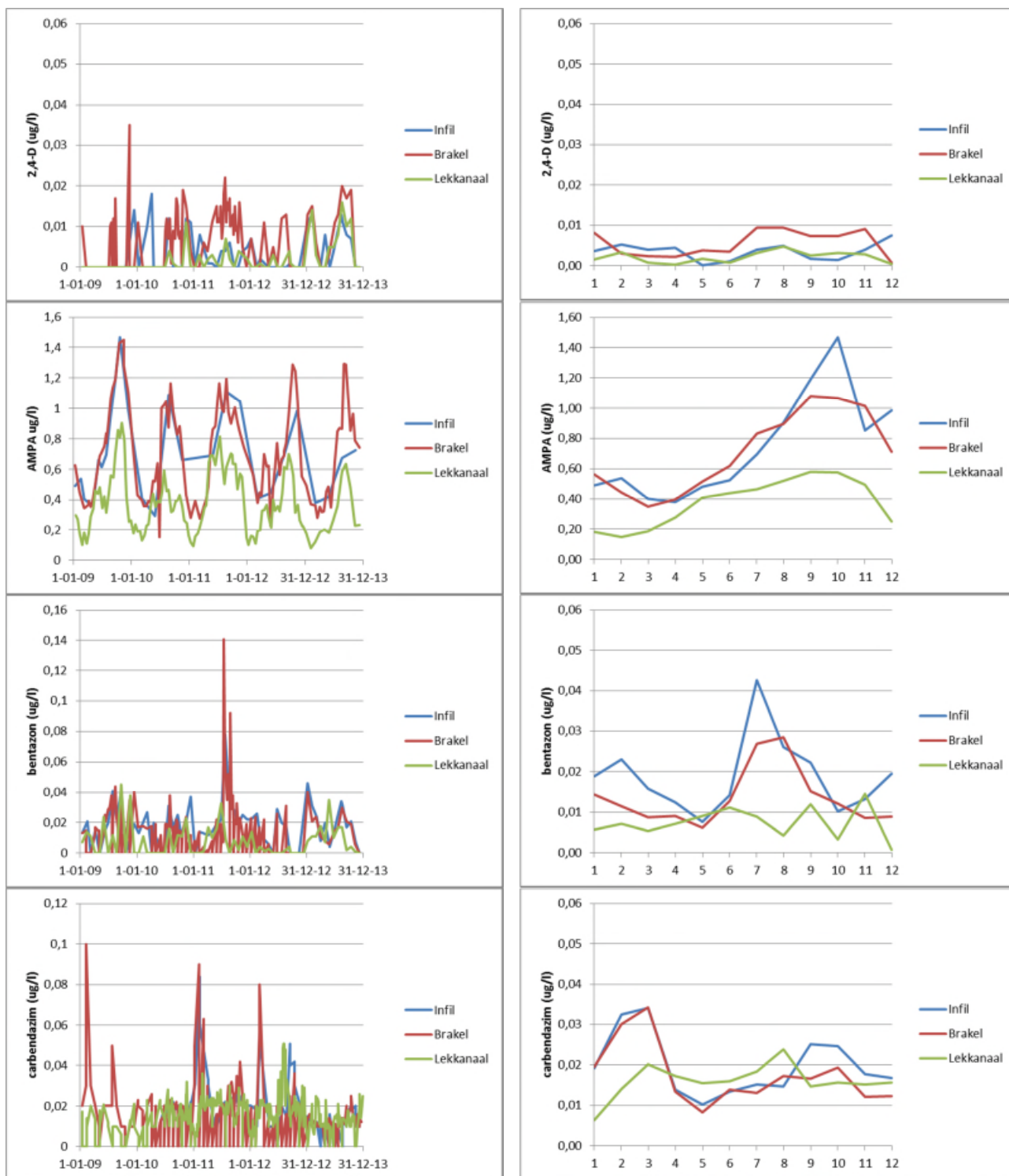


Fig.1. Verloop in concentraties aan bestrijdingsmiddelen en AMPA in Lekkanaal, Afgedamde Maas (Brakel) en inlaat Meijndel (Infil). Links: dagwaarden over de periode 2009-2013. Rechts: maandgemiddelde waarden.



Fig.1. Vervolg. Verloop in concentraties aan bestrijdingsmiddelen in Lekkanaal, Afgedamde Maas (Brakel) en inlaat Meijendel (Infil). Links: dagwaarden over de periode 2009-2013. Rechts: maandgemiddelde waarden.



Fig.1. Vervolg. Verloop in concentraties aan bestrijdingsmiddelen in Lekkanaal, Afgedamde Maas (Brakel) en inlaat Meijendel (Infil). Links: dagwaarden over de periode 2009-2013. Rechts: maandgemiddelde waarden.

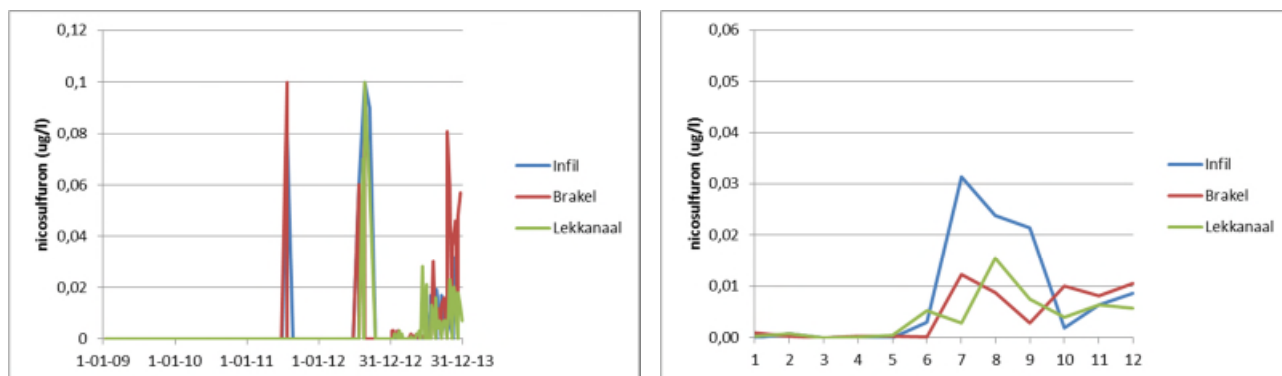


Fig.1. Vervolg. Verloop in concentraties aan bestrijdingsmiddelen in Lekkanaal, Afgedamde Maas (Brakel) en inlaat Meijndel (Infil). Links: dagwaarden over de periode 2009-2013. Rechts: maandgemiddelde waarden.

4.2 Fosfaatconcentraties infiltratieplas 13, Meijndel 1988-1998

De concentraties voor orthofosfaat en totaal fosfaat in infiltratieplas 13 van Meijndel zijn weergegeven in Fig. 2 (1988-1992) en Fig. 3 (1993-1998). De gemiddelde totaal fosfaat waarden schommelen rond 0,05 mg P/l, met maxima in de winter en minima in de zomer. De orthofosfaat waarden liggen hier ongeveer de helft onder, met meestal zeer lage zomerwaarden en wat hogere winterwaarden.

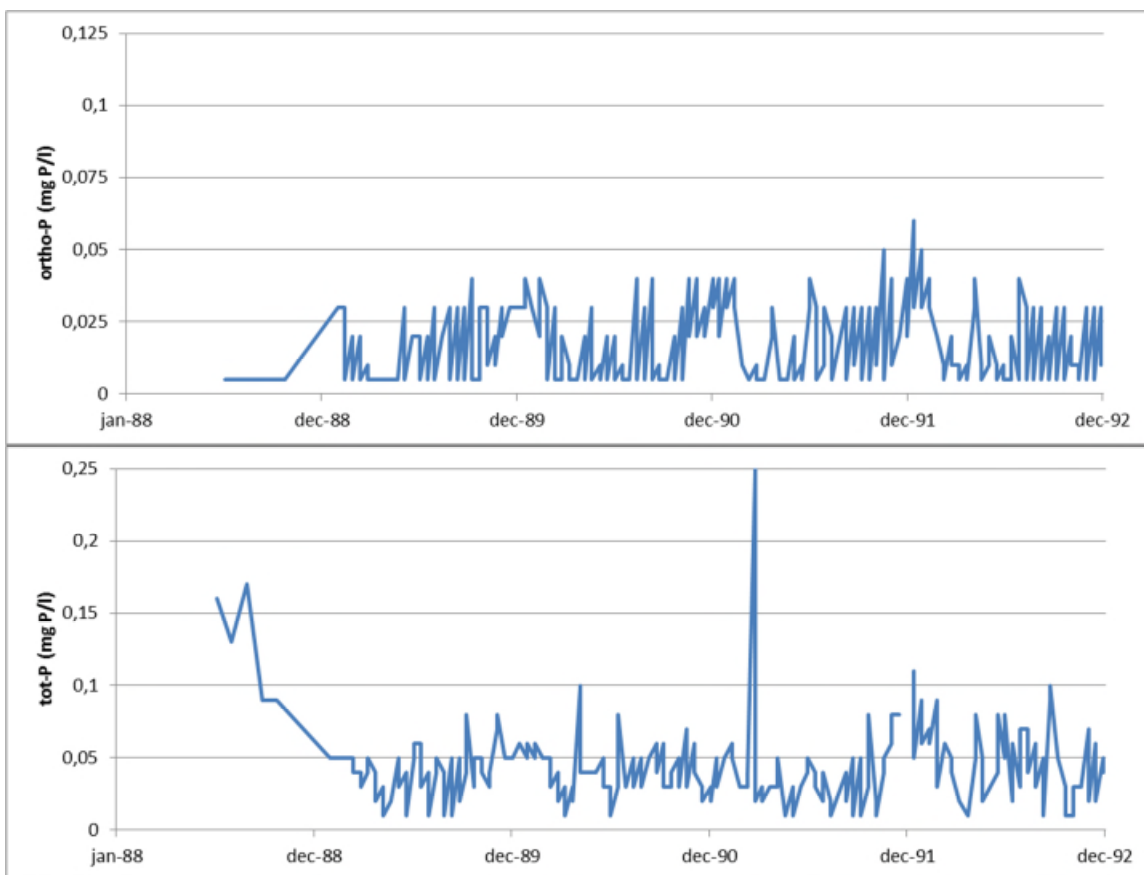


Fig. 2. Verloop in concentratie orthofosfaat (boven; mg P/l) en totaal fosfaat (onder; mg P/l) in infiltratieplas 13 van Meijndel. Periode 1988-1993.

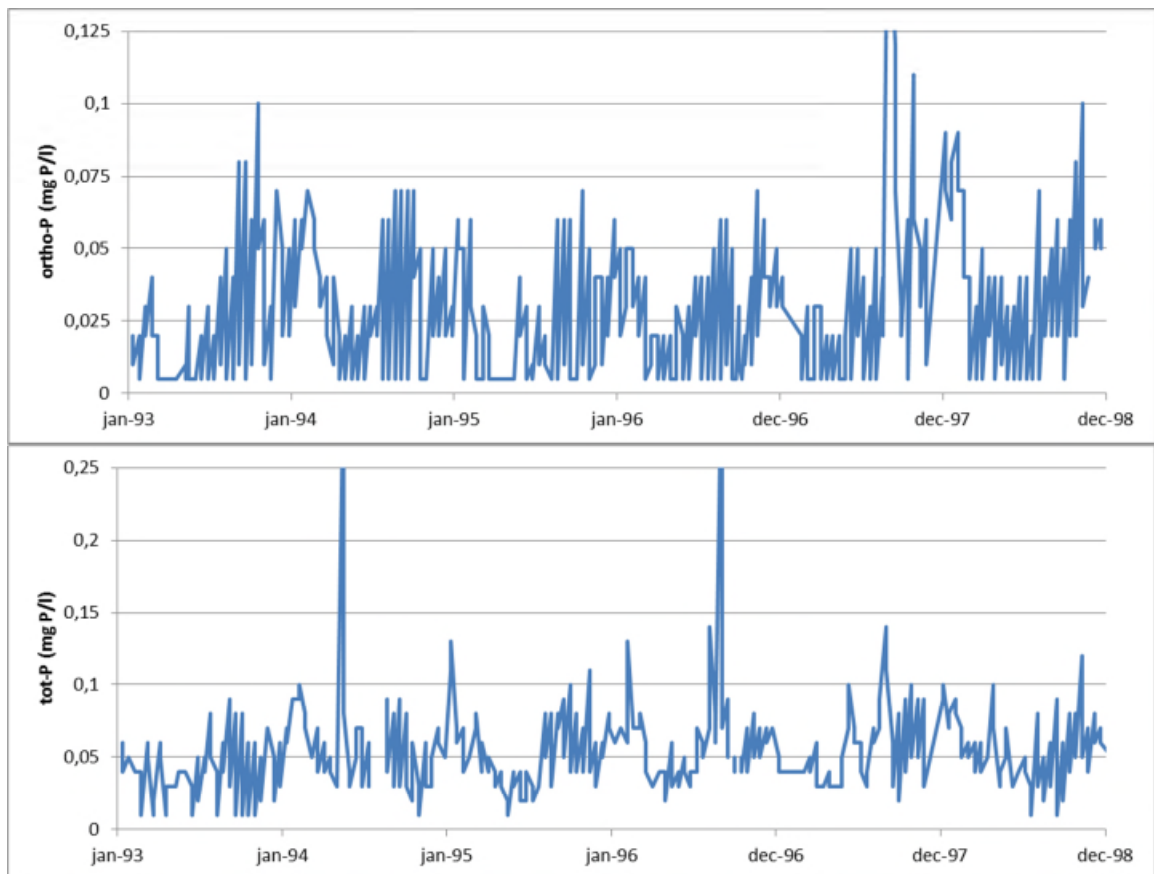


Fig. 3. Verloop in concentratie orthofosfaat (boven; mg P/l) en totaal fosfaat (onder; mg P/l) in infiltratieplas 13 van Meijendel. Periode 1993-1998. Voor orthofosfaat treedt in september 1997 een afwijkend hoge waarde op (hoger dan de gelijktijdig gemeten totaal fosfaat waarde).

Het zomerverloop van orthofosfaat is door de dan zeer lage meetwaarden erg grillig. In de reeks 1993-1998 zijn de waarden voor orthofosfaat en totaal fosfaat wat hoger komen te liggen ten opzichte van de waarden 1988-1992. Dit zou verklaard kunnen worden uit de slibverwijderingsmaatregelen die in de winter 1988-1989 zijn uitgevoerd (zie ook de scherpe daling in totaal fosfaat waarden in 1989 ten opzichte van het jaar 1988). In de jaren daarna is het systeem kennelijk weer wat verrijkt met fosfaat. Om een beeld te krijgen van een representatieve gemiddelde jaarlijkse fluctuatie zijn voor de periode 1993-1998 alle gegevens per monsterpunt gemiddeld per maand. In Fig. 4 staan deze waarden uitgezet. De totaal fosfaat waarden zijn in december-februari en in augustus-september gelijk aan of hoger dan de waarde van 0,06 mg P/l die door Magic-Knezev & Van der Salm (2009) werd berekend als een wenselijke bovenwaarde om bloei van cyanobacteriën te verhinderen.

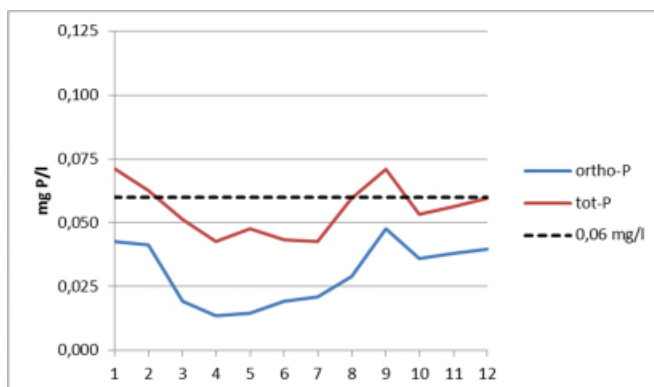


Fig. 4. Gemiddeld maandelijks verloop in orthofosfaat en totaal fosfaatconcentratie berekend voor de periode 1993-1998 in infiltratieplas 13 van Meijendel (zie ook Fig. 3). De stippellijn geeft de voor algenbloei kritische totaal-P concentratie aan van 0,06 mg P/l volgens Magic-Knezev & Van der Salm (2009).

4.3 Mogelijke extra orthofosfaatbelasting van Meijndel door inname van gefiltreerd Lekwater ten opzichte van inname uit de Afdamde Maas

In Fig. 5 staat het werkelijke dagelijks verloop van de inlaathoeveelheden in het infiltratiegebied Meijndel voor het jaar 2013, samen met de bijbehorende weektotalen. Deze gegevens zijn gebruikt om de orthofosfaat vrachten te berekenen die bij inname vanuit de Afdamde Maas (Brakel) of de Lek naar Meijndel kunnen worden getransporteerd.

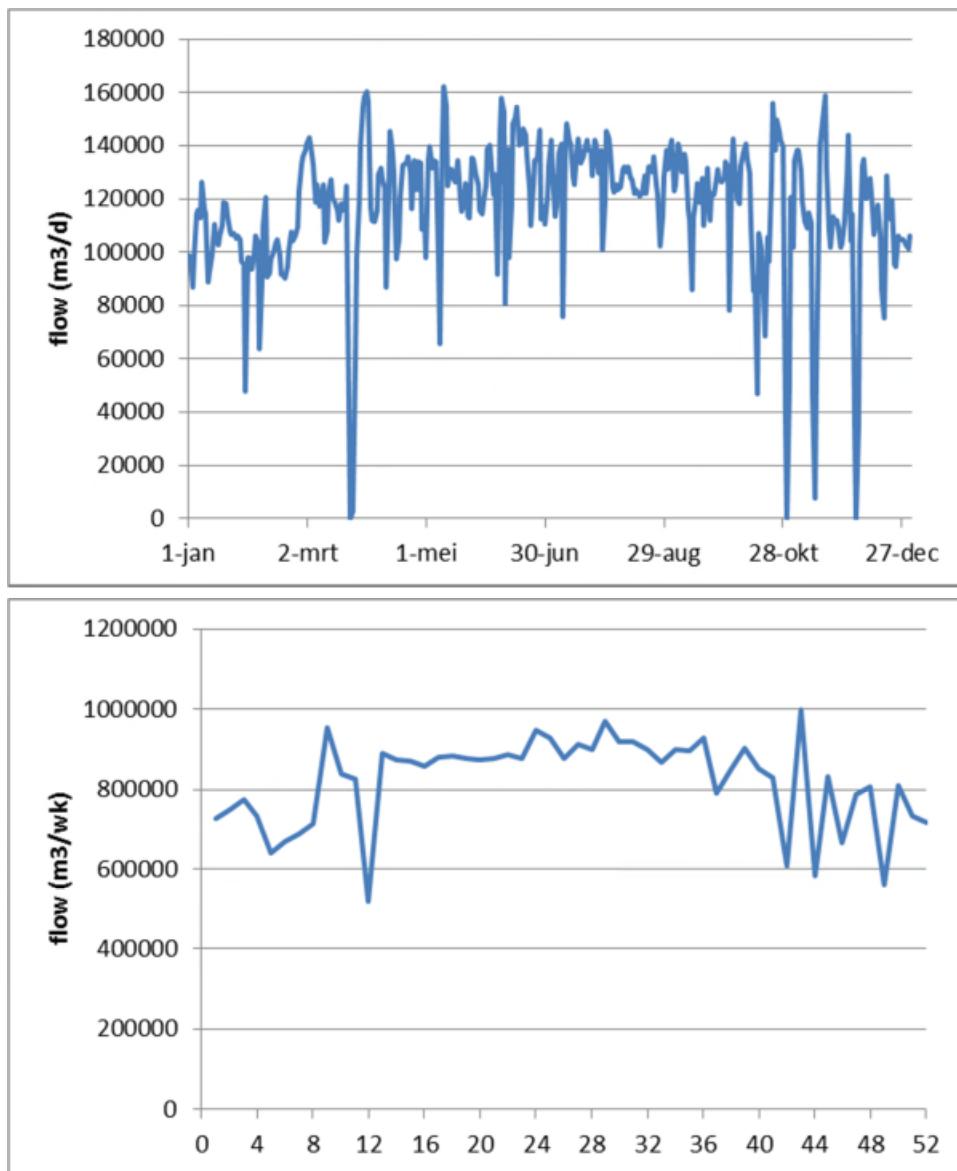


Fig.5. Dagelijkse inlaat van hoeveelheden water in infiltratiegebied Meijndel voor 2013 (boven; m³/dag) en de bijbehorende weektotalen (onder; m³/week).

In Fig. 6 staan het verloop in de orthofosfaat concentratie over de jaren 2009-2013, en het verloop in de maandelijkse gemiddelden over deze jaren voor de drie monsterlocaties. De waarden voor het Lekkanaal liggen meestal een factor twee hoger dan die voor de reguliere inname bij Brakel. De concentraties bij de inlaat van Meijndel zijn vergelijkbaar met de concentraties zoals die waargenomen zijn bij het innamepunt Brakel.

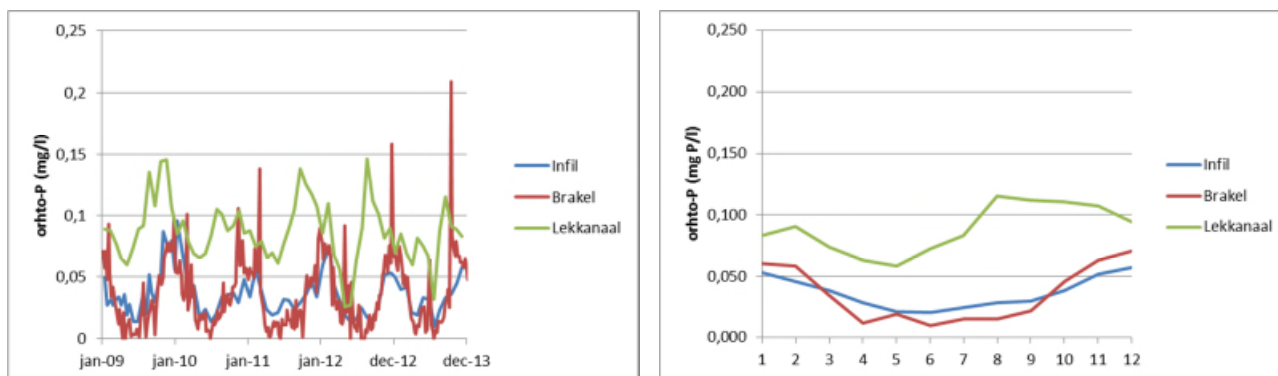


Fig. 6. Verloop in orthofosfaat concentraties (mg P/l) in Lekkanaal, Afgedamde Maas (Brakel) en inlaat Meijndel (Infil). Links: dagwaarden over de periode 2009-2013. Rechts: maandgemiddelde waarden.

Gedurende de zomermaanden lijken de concentraties bij de inlaat Meijndel zelfs iets hoger. De verwijdering van orthofosfaat bij Bergambacht lijkt daarmee minimaal.

In Fig. 7 staan de voor iedere week in 2013 berekende netto concentratieveranderingen voor het infiltratiegebied Meijndel als gevolg van een inname van Lekwater gedurende één of twee weken ten opzichte van eenzelfde waterinname vanuit de Afgedamde Maas. Daarbij is gebruik gemaakt van de innamegegevens per week zoals weergegeven in Fig. 5, en de verschillen in gemiddelde maandelijkse orthofosfaat concentratie tussen de inlaat in Meijndel en het Lekkanaal (Fig. 6). Daarbij is aangenomen dat eventuele zandfiltratie bij Bergambacht geen invloed heeft op de orthofosfaat concentratie zoals die bij de Lek ingenomen zou kunnen worden.

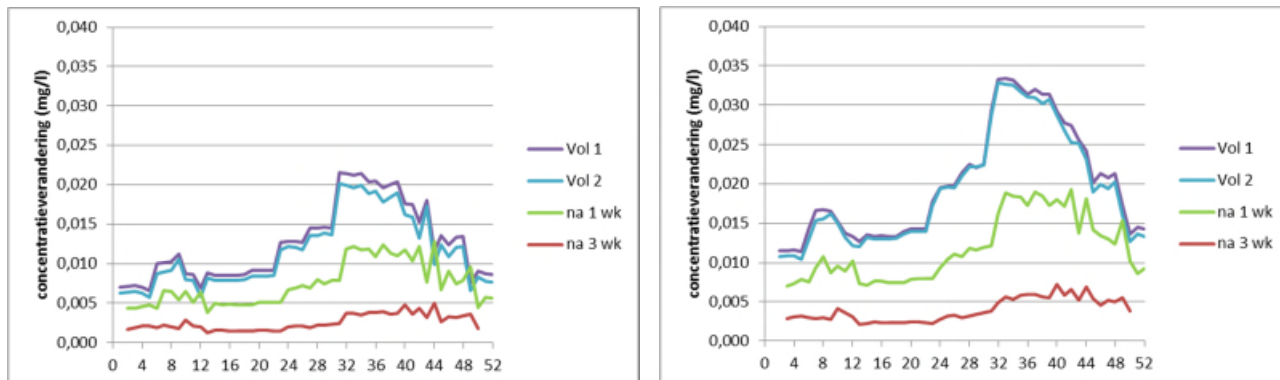


Fig. 7. De voor elke week in 2013 berekende netto concentratieverandering in orthofosfaat gehalte (mg P/l) van het infiltratiegebied Meijndel door inname van gefiltreerd Lekwater in de betreffende week ten opzichte van een reguliere inname uit de Afgedamde Maas. Links: één week inname Lekwater. Rechts: twee weken inname Lekwater. Vol 1, Vol 2 zijn de onder- en bovenwaarde van het geschatte volume (bij diepte van respectievelijk 2 en 2,5 m.) van de infiltratieplassen van Meijndel. De nog in Meijndel resterende netto concentratieverandering na 1, respectievelijk 3 weken reguliere inname uit de Afgedamde Maas volgend op een inname van Lekwater is eveneens weergegeven (berekend voor volume Vol 1).

Het gebruik van de boven- en ondergrenzen voor het totale volume van Meijndel (uitgaande van dieptes van 2 of 2,5 m) levert weinig verschil op in de resultaten voor de berekende netto concentratiestijging van het orthofosfaat. Dit komt omdat bij een groter volume de bruto concentratie als gevolg van inname van Lekwater wat minder stijgt, maar tegelijkertijd

wordt daardoor via inzijing ook minder fosfaat afgevoerd. In de balansberekening wordt zoals eerder gezegd geen biologische beïnvloeding verondersteld.

De potentiële (tijdelijke) toename in orthofosfaat concentratie is duidelijk seizoensafhankelijk. Gedurende de eerste twintig weken is de verwachte stijging meestal nog relatief laag (0,008 resp. 0,012 mg P/l voor één of twee weken inname), maar daarna stijgt de verwachte toename tot boven 0,02 resp. 0,03 mg P/l in de nazomer. In vergelijking met de orthofosfaat concentratie in Meijndel zelf (zie Fig. 3) van ca. 0,03 mg P/l zijn dat aanzienlijke verhogingen. In het najaar daalt de verwachte toename weer tot de waarden zoals die over het algemeen aan het begin van het jaar waarneembaar zijn.

Na stopzetten van de inname van water uit de Lek (en dus weer overschakelen op de reguliere inname uit de Afdamde Maas) daalt de verhoogde concentratie weer (zie Fig. 7), maar zelfs drie weken na stopzetten van de inname zijn in deze rekenkundige benadering nog verhoogde orthofosfaat concentraties in Meijndel waarneembaar.

4.4 Benadering met een ecosysteemmodel: PCLake

Om een indruk te krijgen van de mogelijke effecten van een verhoogde totaal fosfaat belasting op de ontwikkeling van algen is gebruik gemaakt van een ecosysteem model. Een uitgebreid beproefd simulatiemodel voor ondiepe Nederlandse meren is het model PCLake (zie onder meer Janse, 2005 en Janse et al., 2010). Dit tamelijk gedetailleerde ecosysteemmodel beschrijft de ontwikkeling van waterplanten en algen, in combinatie met de begrazing door zoöplankton en de consumptie daarvan door vissen. De invloed van fosfaatbelasting (totaal fosfaat, $g P m^{-2} jaar^{-1}$) in relatie tot verblijftijd en interactie met de bodem speelt een belangrijke rol in het model. Ook de invloed van een moeraszone kan worden gesimuleerd. Er wordt onder meer berekend bij welke zogenaamde kritische fosfaatbelasting een waterlichaam gedomineerd raakt door algen, en bij welke kritische fosfaatbelasting deze dominantie weer wordt overgenomen door ondergedoken waterplanten.

In Fig. 8 worden deze twee voor ondiepe wateren geldende alternatieve stabiele toestanden weergegeven. Bij een lage totaal fosfaatbelasting is het systeem helder en door planten gedomineerd. De visstand is gevarieerd en er is een hoge zoöplankton biomassa die algengroei consumeert. Deze situatie blijft ook bij een toenemende fosfaatbelasting in stand, de waterplanten nemen de toenemende fosfaatvrucht op en algengroei wordt nog steeds door grazend zoöplankton beperkt. Boven een bepaalde belasting slaat het systeem echter om naar een troebele, door algen gedomineerde toestand. Dit kan bijvoorbeeld worden gestart in een koud voorjaar, waarin de waterplantengroei te langzaam op gang komt. Grazend zoöplankton kan zich veel minder goed verstoppen en wordt door vissen als Brasem gedecimeerd. Algenbloei komt op gang, en roofvis kan de Brasem populatie niet meer voldoende beperken in het troebele water. De algenbloei zorgt voor te weinig licht op de bodem waardoor de waterplanten niet meer kunnen herstellen. Het verslechteren van het onderwater lichtklimaat wordt versterkt door bodemwoelende vis. Deze troebele situatie blijft ook bij dalende fosfaatbelastingen in stand (hysterese), totdat de belasting beneden een onderste kritische waarde komt, waarbij de algengroei dermate traag is dat waterplanten weer kunnen herstellen.

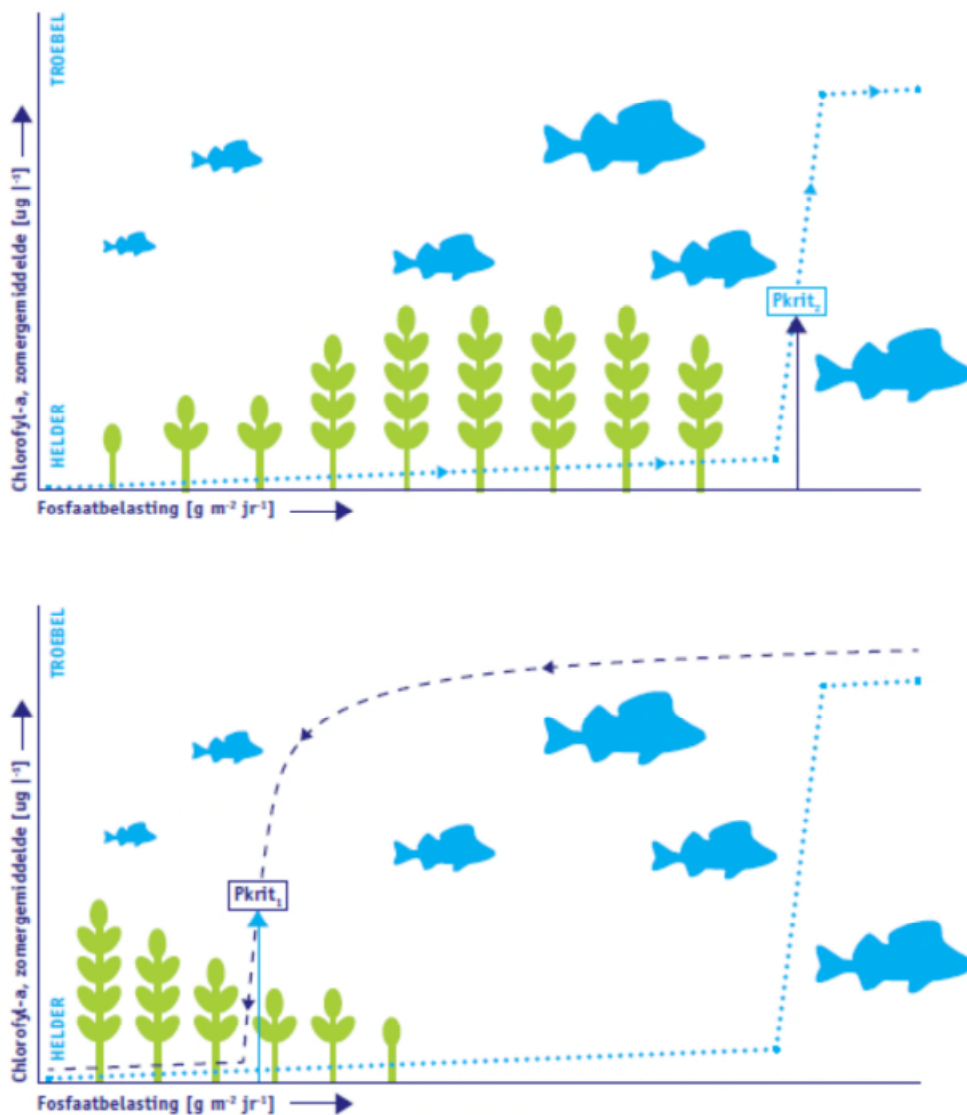


Fig. 8. Schematische weergave van de door fosfaatbelasting gestuurde relatie tussen de heldere en troebele toestand van een ondiep aquatisch ecosysteem. Vanuit een heldere toestand blijft een ondiep ecosysteem bij een toenemende totaal fosfaatbelasting nog lang stabiel in een door waterplanten gedomineerde toestand, totdat er boven een kritische belasting een omslag optreedt naar een troebele, door algen gedomineerde toestand. Pas beneden een veel lagere fosfaatbelasting keert de heldere toestand weer terug (uit Stowa, 2008).

In Fig. 9 staan de belangrijkste componenten en interacties weergegeven die in het model PCLake zijn opgenomen. Het specifiek voor een watersysteem calibreren en valideren van dit model vraagt vanzelfsprekend veel informatie en gegevens.

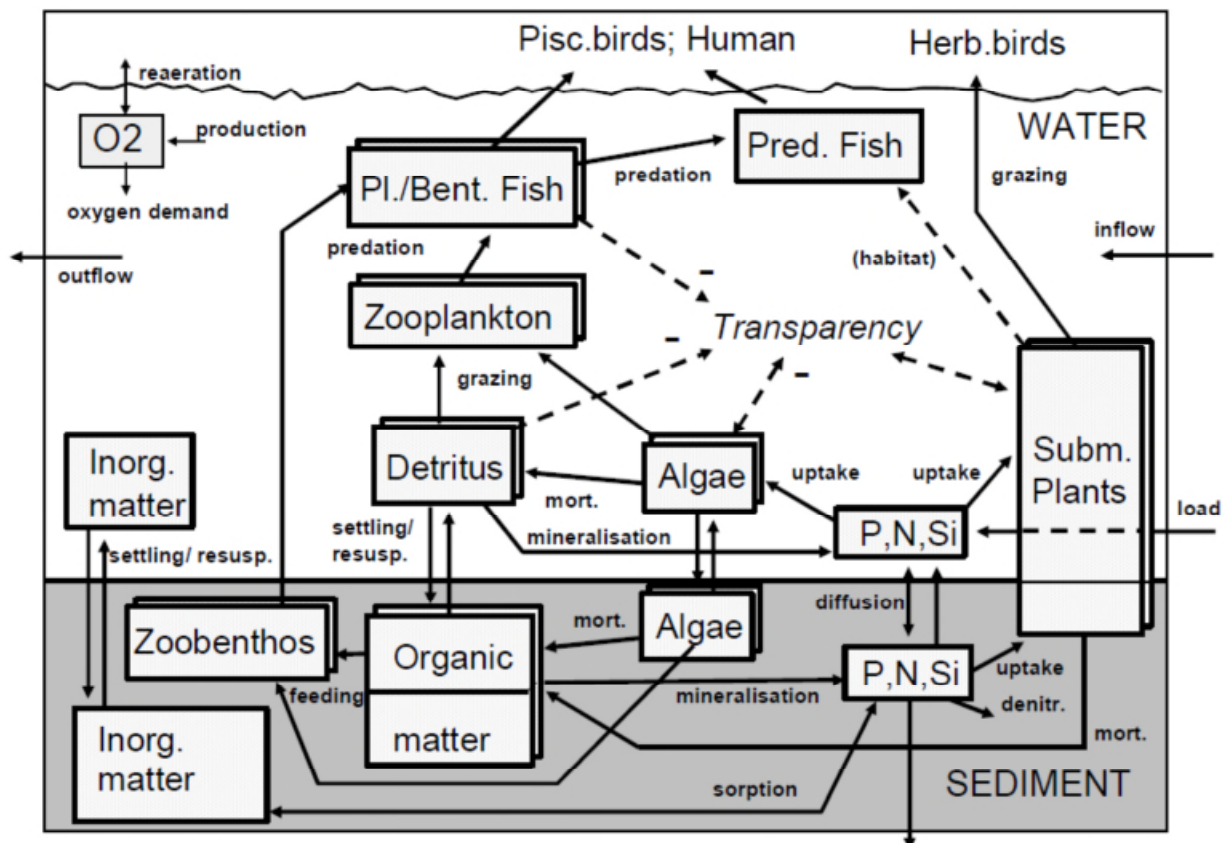


Fig. 9. Schematisch overzicht van het ecosysteem model PCLake (uit Janse, 2005).

Uit de calibratie en validatie van het model voor vele ondiepe meren blijkt een aantal factoren met name van invloed op de waarde van de kritische fosfaatbelasting (zie ook Fig. 10 en Stowa, 2008):

Waterdiepte: de diepte is mede bepalend voor de hoeveelheid licht die tot de bodem kan doordringen, en voor de mate waarin resuspensie en sedimentatie van bodemdeeltjes optreedt. Bij een toenemende diepte neemt de kritische belasting af.

Verblijftijd: de kritische belasting neemt toe bij het verkorten van de verblijftijd. In PCLake wordt als maat voor de verblijftijd gewerkt met de hydrologische belasting (mm/dag): de kritische belasting neemt toe bij een hogere hydrologische belasting. Dit wordt veroorzaakt door een lagere opslag van nutriënten in het voedselweb en in de bodem.

Strijklengte: dit is de lengte van het open wateroppervlak waarover de wind golven kan laten ontstaan. De kritische belasting neemt af bij een grotere strijklengte. Dit komt doordat de troebelings wordt versterkt door opwerveling van bodemdeeltjes.

Bodemtype: de bodem beïnvloedt de kritische belasting via de uitwisseling van nutriënten en de troebelings door opwerveling van bodemdeeltjes. De kritische belasting is het hoogste voor zandbodems, het laagst voor veenbodems en intermediair voor kleibodems.

Moeraszone: het aanwezig zijn van moerasgebieden verlaagt de hoeveelheid opgewerveld bodemslib en stimuleert stikstofverwijdering; bovendien stimuleert het als paaigebied voor roofvis de predatie van witvis. Een hoger aandeel moerasgebied verhoogt dan ook de kritische belasting.

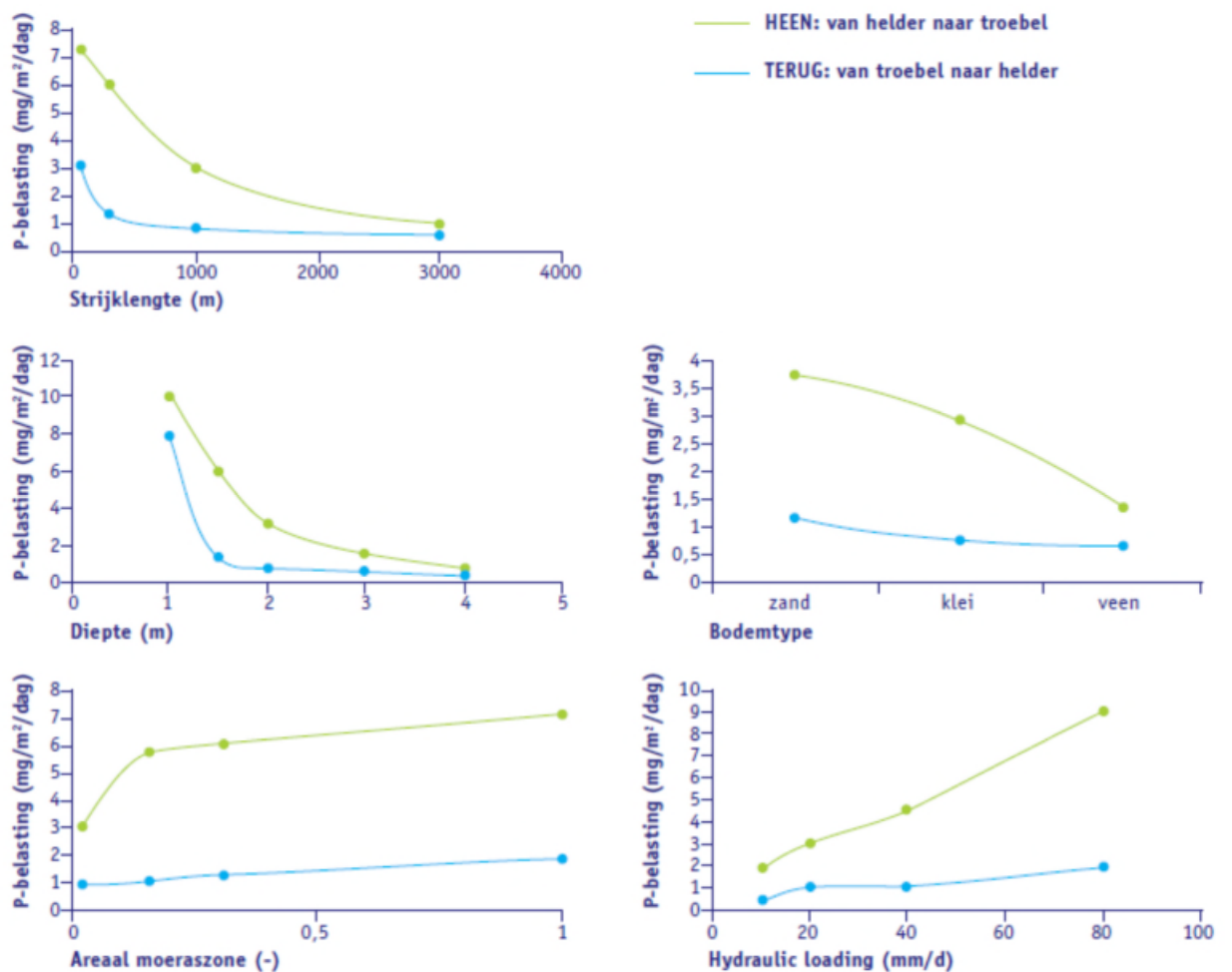


Fig. 10. Relatie tussen een aantal belangrijke factoren in PCLake en de waarde van de kritische fosfaatbelasting waarbij het systeem omslaat van helder naar troebel ('HEEN') of van troebel naar helder ('TERUG'). Uit Stowa (2008).

Om de inzet van dit tamelijk complexe model te vergemakkelijken is er een zogenaamd metamodel van PCLake ontwikkeld in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (zie de bijbehorende website: <http://themasites.pbl.nl/modellen/pclake/>). De bandbreedte van de bovengenoemde factoren is daarbij voor ruim vijftig Nederlandse en Europese ondiepe meren vastgesteld en gebruikt als invoer voor PCLake. De resultaten voor de kritische fosfaatbelastingen van de vele duizenden simulaties zijn vervolgens samengevat in het metamodel en beschikbaar gesteld door middel van een beperkt aantal modelparameters (zie Schep, 2010). Zo kan een snelle eerste indruk worden verkregen van de orde van grootte van de fosfaatbelasting waarbij een waterlichaam de kans loopt om te slaan naar een troebele, door algen gedomineerde toestand. De resultaten van het metamodel hebben een gemiddelde fout van $\pm 19\%$ ten opzichte van de originele PCLake resultaten (Schep, 2010); ook het originele PCLake heeft een behoorlijke onzekerheid (geschat op $\pm 40\%$; Janse et al., 2010). Dit houdt in dat de berekende kritische belastingen in werkelijkheid tot wel zo'n 60% hoger of lager kunnen zijn. De resultaten dienen dan ook vooral om een indruk te krijgen van de rol die de fosfaatbelasting in een watersysteem speelt, en de mogelijke gevolgen van een verhoging of verlaging van die belasting.

Voor het infiltratiegebied Meijndel kan zo een kritische totaal fosfaatbelasting van $2,58 \text{ g P m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$ worden geschat. Daarbij zijn de benodigde invoerparameters als volgt ingesteld:

- gemiddelde waterdiepte in de zomer: 2,5 meter (op basis van opgave Dunea en uit Magic-Knezev & Van der Salm (2009))
- gemiddeld debiet: 115 mm per dag (op basis van de jaaraanvoer 2013 en een totaal oppervlak van 100 ha)
- strijklengte: 300 meter (dit is de minimaal mogelijke waarde in het metamodel)
- oppervlakte moerasgebied t.o.v. de oppervlakte van het meer: 1% (verwaarloosbaar geacht)
- bodemtype: zand
- de achtergrondextinctie van het water: $0,48 \text{ m}^{-1}$ (met relatie $\text{extinctie} = 1,44 / \text{doorzicht}$; Kirk, 1994; het doorzicht in Meijndel is ongeveer 3 m volgens Van den Broek et al., 2008)

Andere modelparameters zijn in het metamodel constant verondersteld. Het model laat verblijftijden korter dan 21 dagen niet toe; bij een dergelijke situatie zijn de door PCLake gemodelleerde processen te weinig sturend geworden. Het metamodel hanteert een vaste totaal N/totaal P ratio van 34 g/g in het instromende water; bij deze waarde is het watersysteem gelimiteerd door fosfor. Bij lagere ratio's wordt het systeem door stikstof gelimiteerd, en kan de werkelijke kritische fosfaatbelasting hoger worden (zie Schep, 2010). Op basis van de beschikbare gegevens voor anorganisch stikstof en totaal fosfaat heeft het huidige inlaatwater van Meijndel gemiddeld over de periode 2009-2013 een N/P ratio van ongeveer 75, zodat het systeem duidelijk niet stikstof gelimiteerd is.

De voor 2013 berekende orthofosfaat aanvoer vanuit de Afgedamde Maas met de maandgemiddelde orthofosfaat concentraties van WME-INF bedraagt $1,53 \text{ g P m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$. De maandgemiddelde totaal fosfaatwaarden van WME-INF verschillen weinig van de orthofosfaat waarden (vrijwel alle aangevoerde fosfaat is dus in de vorm van orthofosfaat). Op basis van deze voor 2013 geschatte P belasting van Meijndel en de door het metamodel PCLake berekende waarde waarbij het systeem zou omslaan naar een troebele toestand is er dus op jaarbasis nog ruimte voor een extra belasting van zo'n $1,0 \text{ g totaal P m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$. Voor de Lek is de totaal fosfaat concentratie ongeveer tweemaal de concentratie orthofosfaat (zie paragraaf 3.1.3). Dus bij Lekiname is deze 'ruimte' opgevuld als er ongeveer $0,5 \text{ g P m}^{-2}$ als orthofosfaat is aangevoerd. Dit is ongeveer gelijk aan de extra P die kan worden aangevoerd door zes weken inname tijdens de nazomerpiek in orthofosfaat concentratie in de Lek. Uitgaande van een maximale innameduur van 2 weken Lekwater lijken er op basis van dit model weinig negatieve effecten te verwachten. Dit is echter een globale indicatie. Bij het instellen van een grotere gemiddelde diepte van 3 m is de berekende kritische fosfaatbelasting nog maar $2,06 \text{ g P m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$. Deze waarde zou theoretisch op jaarbasis al gerealiseerd worden wanneer er per jaar drie weken inname van Lekwater tijdens de nazomerpiek toegestaan wordt. Sinds de winter van 2013 wordt er in de Afgedamde Maas in de winter geen ijzersulfaat meer gedoseerd, en in de zomer minder dan voorheen (mond. med. T. Knol, Dunea). De beschikbare jaarruimte is daarmee dus ook verder verkleind.

In ieder geval blijkt ook uit deze modelbenadering dat een inname van Lekwater zonder defosfatering maar van beperkte duur (tot enkele weken) kan zijn zonder een forse kans op een omslag naar troebel, algen gedomineerd water. Het door algen en planten opgenomen fosfaat leidt bovendien tot een verhoging van de in het watersysteem aanwezige fosfaatvoorraad die niet zo gemakkelijk via wegzijging weer verdwijnt. Zo kan een omslag naar een troebele toestand ook optreden als de totaal fosfaat belasting van het watersysteem boven de kritische belasting komt na enkele opeenvolgende jaren met een korte periode van inname van Lekwater zonder defosfatering. De mate waarin totaal fosfaat zich in Meijndel ophoopt is niet bekend. Maar blijkbaar is die ophoping in bijvoorbeeld plas 13 al jarenlang zodanig in balans met de afvoer bij de huidige infiltratie met water uit de Afgedamde Maas

dat de kritische fosfaatbelasting waarboven algenbloei optreedt niet wordt bereikt. Indien het water uit de Afdamde Maas altijd een totaal fosfaat concentratie van 0,06 mg P/l zou hebben (de kritische bovengrens volgens Magic-Knezev & Van der Salm, 2009) dan zou met de werkelijke innamecijfers uit 2013 in Meijendel de totaal P-belasting zijn uitgekomen op 2,56 g P m⁻² jaar⁻¹, dus net op de kritische bovengrens voor de jaarlijkse totaal fosfaat belasting volgens het metamodel. Dit ondersteunt de door Magic-Knezev & Van der Salm (2009) voorgestelde waarde van 0,06 mg P/l als kritische bovengrens voor de totaal fosfaat concentratie in de infiltratieplassen.

5 Discussie, conclusies en aanbevelingen

5.1 Bestrijdingsmiddelen en AMPA

Op basis van de gegevens over de periode 2009-2013 zijn er geen belangrijke verschillen geconstateerd in de kwaliteit van Lekkanaal versus de Afgedamde Maas. Net als eerder werd geconstateerd in Fischer (2011) en Aggenbach et al. (2014) voor de periode 2000-2010, is er op basis van deze groep stoffen geen reden om Lekwater niet als (tijdelijke) alternatieve bron te benutten. Afgezien van een beperkt aantal incidentele normoverschrijdingen van bijvoorbeeld glyfosaat in het Lekkanaal en de in de nazomer wat hogere waarden voor AMPA in de Afgedamde Maas liggen de gehalten vrijwel steeds onder de toegestane norm. Het valt niet te verwachten dat inname van Lekwater zal leiden tot ongeoorloofde of ongewenste situaties in de infiltratieplassen in de duinen van Meijendel.

5.2 Orthofosfaatbelasting op basis van wateraanvoer in 2013 en maandgemiddelde concentraties

De berekende potentiële toename in orthofosfaat concentraties van het infiltratiegebied Meijendel kan samen met de daar normaal al aanwezige gehalten (zie Fig. 3 en 4) leiden tot orthofosfaat waarden die tijdelijk ruim boven 0,06 mg P/l uitkomen. Daarbij moet nog worden bedacht dat er behalve orthofosfaat in het aangevoerde Lekkanaal water ook totaal fosfaat aanwezig is, maar hierover zijn geen gedetailleerde gegevens verzameld. Op basis van de beschikbare gegevens (Aggenbach et al., 2014; Stoks et al., 2010) is de totaal fosfaat concentratie in de Lek ongeveer een factor 2 hoger dan de orthofosfaat concentratie in de Lek. Het snelfilter van Bergambacht verwijderd op basis van proeven een kleine 20% van het totaal fosfaat (Plaggenmarsch et al., 2013). De berekende stijging in orthofosfaat concentratie kan dus met een factor 1,6 worden vermenigvuldigd om een indruk te krijgen van de te verwachten stijging in totaal fosfaat concentratie in Meijendel. Daarmee wordt het waarschijnlijk dat vooral in de nazomer de inname van een of twee weken Lekwater kan leiden tot totaal fosfaat waarden in Meijendel die beduidend boven de 0,1 mg P/l uitkomen.

De door HWL (Magic-Knezev & Van der Salm, 2009) geschatte wenselijke bovenwaarde van 0,06 mg P/l totaal fosfaat om een bloei van cyanobacteriën te voorkomen, wordt ondersteund door een simulatie met het PCLake metamodel voor Meijendel. Met gebruik van deze waarde als jaarrond totaal P-concentratie voor het inlaatwater wordt volgens het metamodel precies de kritische jaarlijkse totaal P-belasting bereikt waarboven dit systeem zou omslaan van helder naar troebel. Op basis van deze bovenwaarde lijkt er zeker in de nazomer weinig ruimte te bestaan voor een tijdelijke inname van niet gecoaguleerd Lekwater zonder daarbij de kans op algenbloei te vergroten. Maar ook bij een tijdelijke inname in het voorjaar kan de uiteindelijke totaal fosfaat waarde in de infiltratieplassen zeker lokaal stijgen tot boven de 0,06 mg P/l.

Een tijdelijke inname van Lek water als alternatief voor inname uit de Afgedamde Maas zal vooral optreden indien de kwaliteit van de Maas door lage afvoeren ernstig is verslechterd. Dat zal regelmatig de nazomer betreffen, juist de periode waarin de fosfaatwaarden in de Lek hun maximum bereiken. Door klimaatverandering zal dit vaker gaan voorkomen (zie Zwolsman et al., 2007).

De hier uitgevoerde berekeningen behandelen het infiltratiegebied Meijndel als een goed gemengd, homogeen waterlichaam. Dat is in de praktijk natuurlijk anders. Dit zal betekenen dat de werkelijke concentratie toename als gevolg van een inname van Lekwater in een infiltratieplas in eerste instantie hoger zal kunnen uitkomen in de buurt van het inlaatpunt, en pas vertraagd en lager zal doorkomen op plaatsen die verder van de inlaat verwijderd zijn. Verder gaan de fosfaatbalans berekeningen er vanuit dat er geen fosfaat in de plassen wordt vastgelegd. In de praktijk zal dit door biologische activiteit van planten en algen wel het geval zijn, zodat een tijdelijke inname van Lekwater zal bijdragen aan een beperkte vergroting van de fosfaatpool in een plas. Deze toename is natuurlijk het grootst bij een inname in de nazomer, wanneer de fosfaatconcentratie in de Lek het hoogst is. In hoeverre dit daadwerkelijk leidt tot een toename in algengroei blijft echter onduidelijk, gezien de bandbreedte van de door metamodel PCLake berekende kritische totaal fosfaat belasting.

5.3 Scenario's voor inname van gefiltreerd Lekwater

Uit de berekeningen met de fosfaatbalans en de simulaties met het metamodel PCLake blijkt dat een inname van gefiltreerd Lekwater gedurende een tot twee weken mogelijk kan leiden tot algenbloei, maar dat de waarschijnlijkheid daarvan afhangt van de periode in het jaar. Omdat de modelberekeningen bovendien een grote bandbreedte met zich meebrengen, is het zinvol om de beslissing tot een tijdelijke inname in ieder geval af te laten hangen van de periode van het jaar, en de waarschijnlijke duur van de inname.

Als ondersteuning voor deze beslissing zijn de beschikbare gegevens voor het langjarig gemiddelde maandelijkse verloop van de totaal fosfaat concentratie in Plas 13 (periode 1993-1998; zie Fig. 3) gecombineerd met de per maand gemiddelde concentratiestijgingen voor orthofosfaat na een of twee weken inname van gefiltreerd Lekwater (berekend met de gegevens uit Fig. 7). Daarbij is de stijging in totaal fosfaat concentratie bij inname uit de Lek weer geschat als twee maal de berekende orthofosfaat concentratie stijging vermenigvuldigd met een factor 0,8 als inschatting voor het effect van de snelfiltratie. Ook de na zo'n inname uit de Lek nog resterende maandgemiddelde concentratiestijging na weer één of drie weken reguliere inname uit de Afgedamde Maas is gecombineerd met de maandgemiddelde totaal fosfaat concentraties in Plas 13. De resultaten staan in Fig. 11.

Na één week inname uit de Lek blijft de berekende maandgemiddelde totaal fosfaat concentratie alleen in de periode maart-juli nog heel dicht bij de waarde van 0,06 mg P/l. Na een daaropvolgende week van reguliere inname uit de Afgedamde Maas zakt de gemiddelde concentratie in die periode weer onder deze grenswaarde. Buiten deze periode blijft de totaal fosfaat concentratie echter ook na weer een week reguliere inname uit de Afgedamde Maas nog steeds boven de grenswaarde. Na twee weken inname uit de Lek is de maandgemiddelde totaal fosfaat alleen in april nog dicht bij de grenswaarde, maar overschrijdt die wel.

Op basis hiervan is de conclusie dat een tijdelijke inname uit de Lek gedurende één week alleen in de periode maart-juli mogelijk lijkt wat betreft haar effect op de totaal fosfaat concentratie en de daaraan gekoppelde kans op ongewenste algenbloei. Een langere inname van twee weken uit de Lek is alleen in april nog net acceptabel.

Op basis van door Dunea verzamelde gegevens bij een test met vlokingsfiltratie werd bij een als realistisch beschouwde ijzerdosering een verwijderingspercentage voor orthofosfaat en totaal fosfaat geschat van elk ongeveer 50% (mond. med. T. Knol). Deze informatie is gebruikt in een herhaling van bovenstaande scenarioberekeningen. Nu werd de stijging in de totaal fosfaat concentratie in Meijndel als gevolg van inname uit de Lek dus ingeschat als tweemaal de berekende stijging in de orthofosfaat concentratie vermenigvuldigd met een

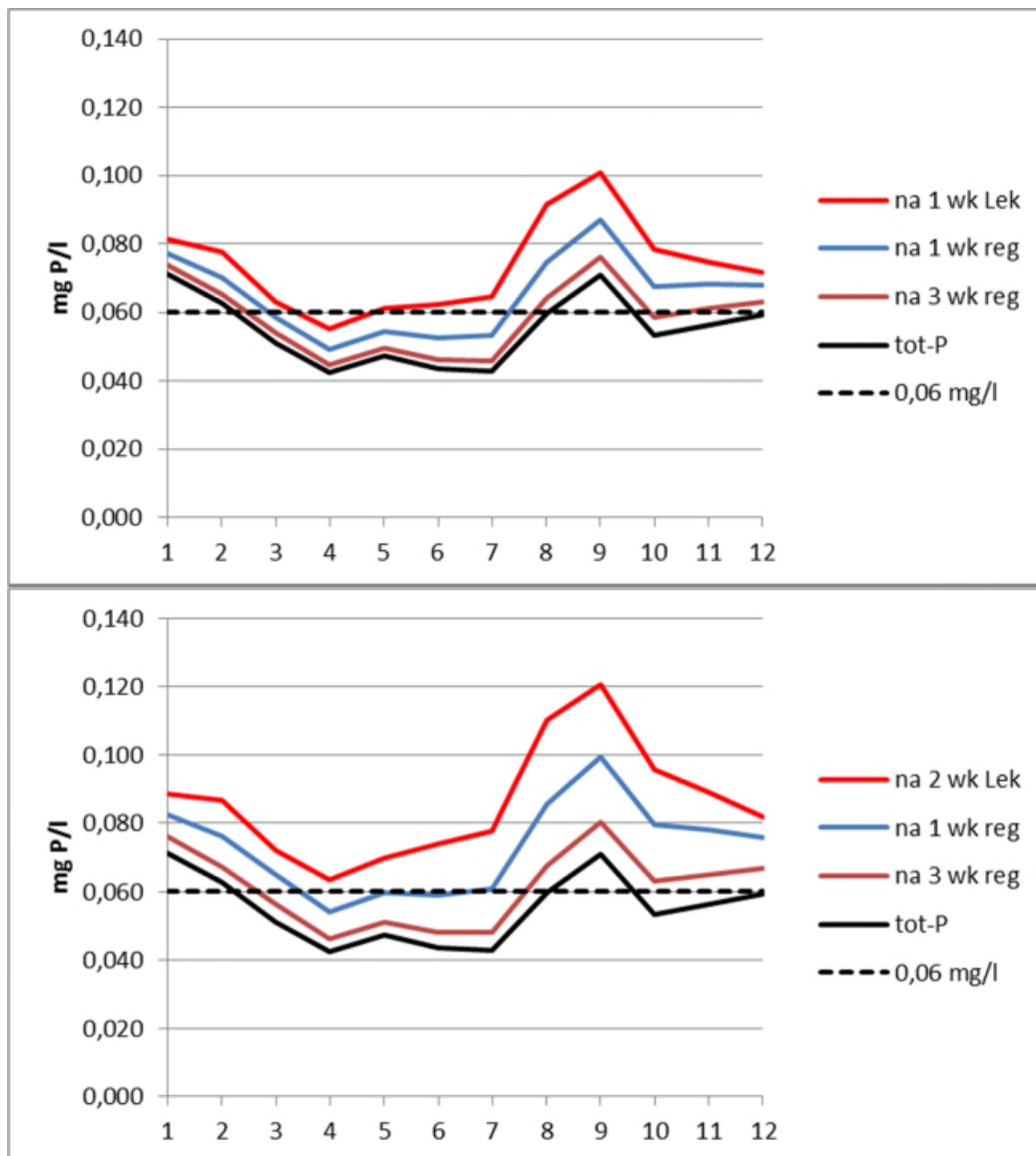


Fig. 11. Het berekende effect van een tijdelijke inname van gefiltreerd Lekwater op de maandgemiddelde totaal fosfaat concentratie in infiltratieplas 13 van Meijndel. Boven: de resultaten voor één week inname; onder: voor twee weken inname. Voor elke maand in het jaar is afgebeeld: de voor de periode 1993-1998 gemiddelde maandelijkse totaal fosfaat concentratie in infiltratieplas 13 (tot-P), en dezelfde gegevens opgehoogd met de voor elke maand berekende gemiddelde concentratiestijging na één week of twee weken inname van gefiltreerd Lekwater ('na 1 wk Lek' resp. 'na 2 wk Lek'). De na zo'n inname nog resterende maandgemiddelde concentratie na weer één of drie weken reguliere inname uit de Afgedamde Maas is ook voor elke maand weergegeven (respectievelijk 'na 1 wk reg' en 'na 3 wk reg'). De totaal fosfaat waarden voor gefiltreerd Lekwater zijn geschat als 1,6 maal de berekende orthofosfaat waarden voor de periode 2009-2013. De stippellijn representeert de gewenste bovengrens voor totaal fosfaat van 0,06 mg/l.

factor 0,5 als inschatting voor het mogelijke effect van vlokkingfiltratie. De resultaten staan in Fig. 12. Het beeld voor het effect van twee weken inname uit de Lek lijkt nu sterk op het effect van één week inname uit de Lek zonder vlokkingfiltratie (zie Fig. 11). Dit zou dus betekenen dat vlokkingfiltratie met een minimaal verwijderingsrendement van 50% een

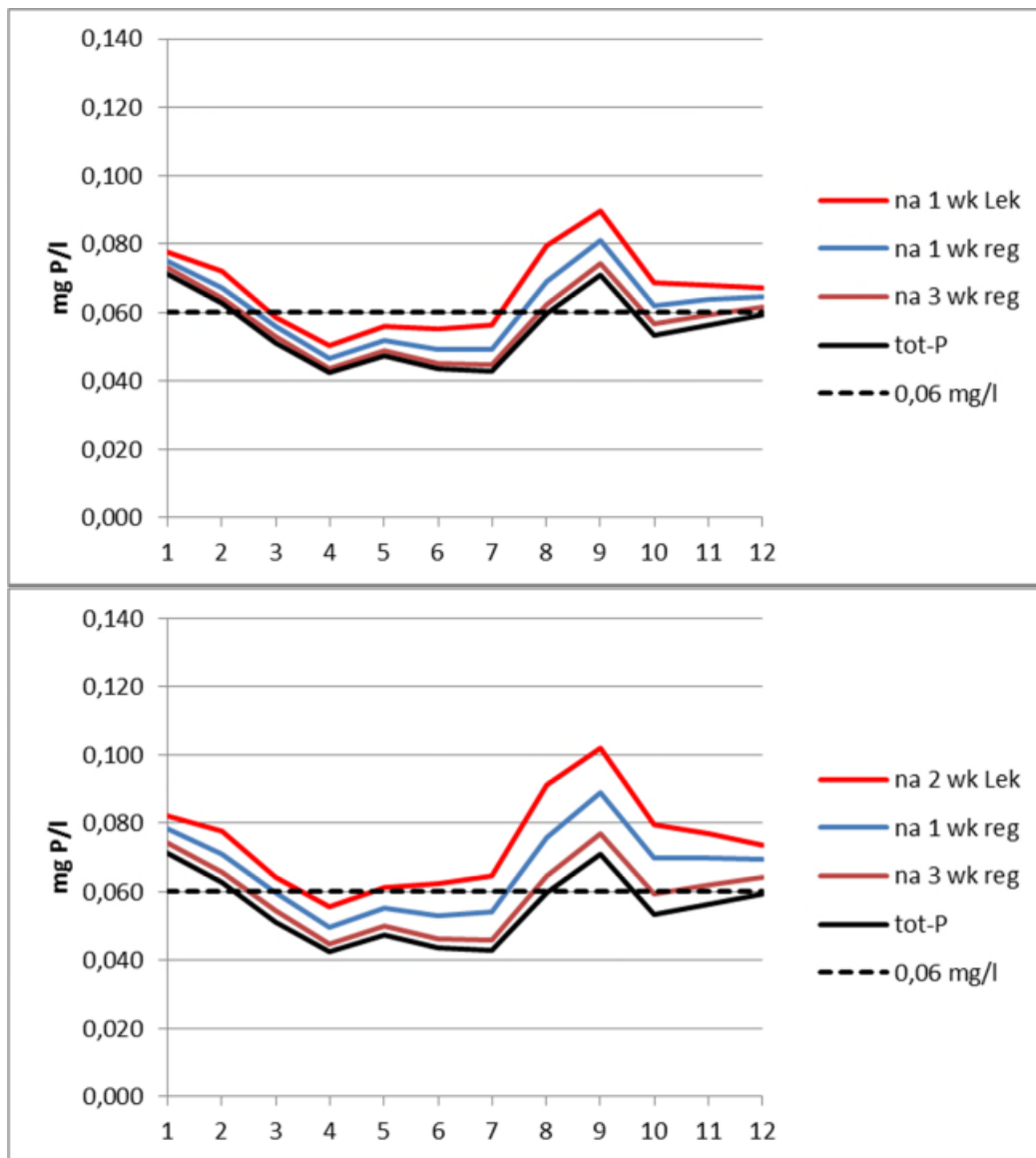


Fig. 12. Het berekende effect van een tijdelijke inname van Lekwater via vlokkingsfiltratie op de maandgemiddelde totaal fosfaat concentratie in infiltratieplas 13 van Meijndel. Boven: de resultaten voor één week inname; onder: voor twee weken inname. Voor elke maand in het jaar is afgebeeld: de voor de periode 1993-1998 gemiddelde maandelijkse totaal fosfaat concentratie in infiltratieplas 13 (tot-P), en dezelfde gegevens opgehoogd met de voor elke maand berekende gemiddelde concentratiestijging na één week of twee weken inname van Lekwater via vlokkingsfiltratie ('na 1 wk Lek' resp. 'na 2 wk Lek'). De na zo'n inname nog resterende maandgemiddelde concentratie na weer één of drie weken reguliere inname uit de Afgedamde Maas is ook voor elke maand weergegeven (respectievelijk 'na 1 wk reg' en 'na 3 wk reg'). De totaal fosfaat waarden voor via vlokkingsfiltratie ingenomen Lekwater zijn geschat als één maal de berekende orthofosfaat waarden voor de periode 2009-2013. De stippellijn representeert de gewenste bovengrens voor totaal fosfaat van 0,06 mg/l.

kortdurende inname van twee weken mogelijk maakt in de periode maart-juli. Daarbuiten stijgt de totaal fosfaat concentratie echter nog steeds uit boven de grenswaarde van 0,06 mg totaal P/l. Voor een inname van één week met vlokkingsfiltratie liggen de geschatte totaal fosfaat concentraties in infiltratieplas 13 van Meijndel in de periode maart-juli nu steeds iets onder 0,06 mg totaal P/l waar dit zonder vlokkingsfiltratie in dezelfde periode net onder of rondom deze waarde blijft. De lengte van de periode waarin de geschatte totaal fosfaat

concentratie onder of rondom de grenswaarde van 0,06 mg totaal P/l blijft wordt echter niet verlengd ten opzichte van de situatie zonder vlokingsfiltratie. Deze resultaten zijn natuurlijk wel sterk afhankelijk van het daadwerkelijk en betrouwbaar kunnen verkrijgen en handhaven van het bovengenoemde fosfaatverwijderingsrendement. Bovendien betreft het hier scenario berekeningen op basis van globale P-budgetten, die er in werkelijkheid net iets anders uit zouden kunnen zien. Niettemin levert vlokingsfiltratie volgens deze berekeningen meer mogelijkheden op om Lekwater gedurende een korte periode in te nemen.

Bij een inname besluit zal de op dat moment aanwezige orthofosfaat concentratie in de Lek moeten worden afgezet tegen het in dit project berekende gemiddelde verloop in het Lekkanaal over de periode 2009-2013 (zie Fig. 6). Indien de actuele concentratie hoger is dan dit langjarig gemiddelde, dan zal ook het bijbehorende risico op algenbloei groter worden, en omgekeerd.

Vanzelfsprekend zal een aanvullende coagulatiestap bij de inname van Lekwater de risico's op ongewenste algenbloei kunnen terugbrengen tot hetzelfde lage niveau als nu wordt bereikt met de inname van water uit de Afgedamde Maas. Zo'n coagulatiestap zou ook nuttig kunnen zijn om de veel hogere zwevende stof concentraties van de Lek ten opzichte van de Afgedamde Maas te reduceren. Deze zwevende stof wordt door de snelfilters weliswaar zeer goed verwijderd (97,5%), maar leidt ook tot sneller verstoppingen en frequenter terugspoelen (zie Plaggenmarsch et al., 2013).

De hier uitgevoerde fosfaatbalans berekeningen kunnen in een vervolgonderzoek worden herhaald voor de infiltratiegebieden Solleveld en Berkheide. Daarmee kan ook voor deze systemen een indruk ontstaan van de ruimte in fosfaatbelasting die er gedurende het jaar al dan niet bestaat om een tijdelijke inlaat van gefiltreerd Lekwater toe te passen. Met name Solleveld gedraagt zich mogelijk anders dan Meijendel, aangezien de fluxen in Solleveld hoger zijn (mond. med. H. van der Hagen, Dunea).

De grote bandbreedte in de resultaten van het metamodel PCLake kan wellicht worden verlaagd indien een gebiedspecifieke calibratie van het achterliggende ecosysteemmodel wordt uitgevoerd. Echter, door de inherente onvoorspelbaarheid van de onvermijdelijke variabiliteit tussen jaren in ecosysteemprocessen blijft het de vraag of daarmee een veel meer nauwkeurige inschatting kan worden gedaan van de kans op ongewenste algenbloei als gevolg van inname van gefiltreerd Lekwater.

6 Referenties

- Aggenbach, C.J.S., van der Schans, M.L., Sjerps, R.M.A. & Zwolsman, J.J.G., 2014. Handelingschema alternatieve inname rivierwater en innamestops duinfiltratie gebaseerd op hydrologische, chemische en ecologische effecten. KWR rapport BTO 2014.212(s).
- Fischer, A., 2011. Vergelijkend onderzoek naar de waterkwaliteit van de Lek en de Maas. HWL rapport 201114.
- Janse, J.H., 2005. Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. Proefschrift Wageningen Universiteit - ISBN 90-8504-214-3.
- Janse, J.H., Scheffer, M., Lijklema, L., Van Liere, L., Sloot, J.S. & Mooij, W.M., 2010. Estimating the critical phosphorus loading of shallow lakes with the ecosystem model PCLake: Sensitivity, calibration and uncertainty. *Ecol. Model.* 221: 654-665.
- Kirk, J.T.O., 1994. *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*, Second Edition, Cambridge Univ. Press, 509 pp.
- Magic-Knezev, A. & Van der Salm, P., 2009. Beheersmaatregelen ter voorkoming van Cyanobacteriebloei in de infiltratieplassen van Duinwaterbedrijf Zuid-Holland. HWL rapport.
- Plaggenmarsch, N., Lavooy, K., El Majjaoui, J., & Knol, T., 2013. Monitor Lekinname - Rapportage test noodbedrijf. Dunea.
- Schep, S., 2010. Handleiding metamodel PCLake. Witteveen+Bos rapport UT565-2.
- Stoks, P.G.M., van de Haar, G., Renout, A.C., Bannink, A., & Zwamborn, C.C., 2010. Jaarrapport 2009 - De Rijn. RIWA.
- STOWA, 2008. Van Helder naar Troebel... en weer terug. Een ecologische systeemanalyse en diagnose van ondiepe meren en plassen voor de Kaderrichtlijn Water. Stowa rapport 2008-04.
- Van Bokhoven, A., & Zwolsman, J.J.G., 2007. Klimaatverandering en de waterkwaliteit van de Rijn. *H2O* 40 (9): 34-37.
- Van den Broek, T., Sierdsma, F., van der Welle, M., 2008. Uitwerking Kaderrichtlijn Water voor het duingebied in deelstroomgebied Rijn-West. Rapport RoyalHaskoning in opdracht van Hoogheemraadschap Rijnland.
- Van Vliet, M., & Zwolsman, J.J.G., 2007. Klimaatverandering en de waterkwaliteit van de Maas. *H2O* 40 (9): 29-33.
- Visser, T., & Fritz, J., 2003. Gevolgen slibverwijdering pan 13 in het infiltratiegebied Meyendel van Duinwaterbedrijf Zuid-Holland. DZH rapport 20.25.14.

Zwolsman, G., Cirkel, G., Doomen, A., Jalink, M., van den Berg, G., Maas, C., Vreeburg, J., Ijpelaar, G., en Mesman, G., 2007. Risicoanalyse van de gevolgen van klimaatverandering voor de drinkwatersector. Rapport Kiwa Water Research, BTO 2007.032.