



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Mogelijkheden voor toepassing van fosfaatfilters in de bloembollenteelt

W.J. Chardon
N. Reijers
A.M. van Dam

Alterra-rapport 1714, ISSN 1566-7197



Mogelijkheden voor toepassing van fosfaatfilters in de bloembollenteelt

Mogelijkheden voor toepassing van fosfaatfilters in de bloembollenteelt

W.J. Chardon

N. Reijers

A.M. van Dam

Alterra-rapport 1714

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

Chardon, W.J. N. Reijers en A.M. van Dam, 2008. *Mogelijkheden voor toepassing van fosfaatfilters in de bloembollenteelt*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1714. 50 blz.; 1 fig.; 8 tab.; 39 ref.

In het drainwater van percelen waar bloembollen worden geteeld komen lokaal te hoge concentraties fosfaat voor die het oppervlaktewater belasten. Mogelijke bronnen hiervan zijn uitspoeling van bij de teelt toegediend fosfaat en kwelwater. Door middel van literatuuronderzoek is nagegaan of er mogelijkheden zijn om het fosfaat uit het drainwater te verwijderen door middel van een filter. Het blijkt dat hiervoor mogelijkheden bestaan die nader kunnen worden onderzocht.

Trefwoorden: fosfaat, drainwater, bloembollen, zuivering, filter

ISSN 1566-7197

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

© 2008 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Karakterisering situatie te zuiveren water en gebied	13
2.1 Verliesroutes fosfaat	13
2.2 Gegevens twee voorbeeldpolders	17
2.3 Samenvatting	18
3 Filtersystemen voor fosfaat	19
3.1 Bodemwater: vastleggen van fosfaat	19
3.2 Grondwater voor gebruik als drinkwater	20
3.3 Drainwater of grondwater, nitraatverwijdering	20
3.4 Helofytenfilter: vastleggen van fosfaat in vegetatie of bodem	21
3.5 Oppervlaktewater: verwijderen van fosfaat uit stromend water	22
3.6 Oppervlaktewater: inlaat voor eutrofiëringsgevoelige meren	23
3.7 Samenvatting filtersystemen	24
4 Mogelijke toepasbaarheid van filtersystemen	25
Literatuur	27
Websites	30
Bijlage 1 Gebiedsbeschrijvingen Hoogeense polder en polder Callantsoog	31

Woord vooraf

In het westelijk zandgebied zijn fosfaatconcentraties van het oppervlaktewater veel hoger dan de hiervoor geldende norm (MTR-waarde). Emissie uit landbouwgronden is een van de bronnen van fosfaat voor dit oppervlaktewater, fosfaatrijk kwelwater is (plaatselijk) een andere bron. Om de emissie zover te verlagen dat de MTR-waarde gehaald wordt moeten de bronnen gesaneerd kunnen worden, of moet worden voorkomen dat fosfaat vanuit de percelen naar het oppervlaktewater uitspoelt. In het kader van de tweede optie is gezocht naar methoden om in de landbouw toegediend fosfaat niet naar het oppervlaktewater te laten uitspoelen. Dit kan mogelijk via filtering van het drainwater of zuiveren van het slootwater. Het is niet bekend in hoeverre bestaande filtersystemen toepasbaar zijn voor de situatie van fosfaat-uitspoeling uit drains in zandgronden.

Doel van dit project was het inventariseren van bestaande kleinschalige systemen om oppervlakte- of drainwater te filtreren om de fosfaatconcentratie te verlagen, en van materialen die in de praktijk gebruikt kunnen worden om fosfaat vast te leggen.

Hiervoor zijn verschillende systemen en materialen beoordeeld op toepasbaarheid in het westelijk zandgebied. In het project is bestaande kennis geïnventariseerd en geanalyseerd, maar zijn geen nieuwe metingen uitgevoerd.

Van een tweetal voorbeeldpolders (Hoogeveense polder en Polder Callantsoog) werden gegevens verzameld over waterkwaliteit en –kwantiteit om na te gaan welk type filtersysteem mogelijk zou kunnen worden toegepast.

Het project is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van LNV.

Wij bedanken Ben Eenkhoorn van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, en Wulf Vaarkamp en Igor Hoogerwerf van het Hoogheemraadschap Rijnland voor het geven van informatie over de voorbeeldpolders, en Herman van der Geest (Hillegom) over drainage in de bollenstreek.

Samenvatting

Een inventarisatie werd gemaakt van bestaande kleinschalige systemen om oppervlakte- of drainwater te filtreren om de fosfaatconcentratie te verlagen, en van materialen die in de praktijk gebruikt kunnen worden om fosfaat vast te leggen. De systemen en materialen werden beoordeeld op toepasbaarheid in het westelijk zandgebied. Van twee voorbeeldpolders (Hoogeveense polder en de polder bij Callantsoog) werden gegevens verzameld om inzicht te krijgen in de omstandigheden waaronder een filter- of zuiveringssysteem zou kunnen worden toegepast. Het blijkt dat drainage in het bollengebied voor slechts 30% verloopt via drainbuizen die rechtstreeks in een sloot uitkomen, 70% van het drainwater komt eerst in een verzamelbuis uit zodat er per perceel maar een uitstroompunt voorkomt. Dit opent perspectieven voor iets grootschaliger (en waarschijnlijk beter beheersbare) filtersystemen dan afzonderlijke filters per drainbuis.

Op sterk uiteenlopende schaalniveaus: van bodemvocht, via kraan-, drain- en slootwater naar de inlaat van water in meren zijn technieken ontwikkeld en in de praktijk toegepast om fosfaat (of een daaraan sterk verwante stof zoals arseen) te verwijderen. Het vermogen van riet om door opname bij te dragen aan fosfaatverwijdering wordt niet hoog ingeschat, maar de bodem van een riet- of helofytenfilter kan wel belangrijk bijdragen aan het vastleggen van fosfaat wanneer daar bijvoorbeeld metallisch ijzer aan wordt toegevoegd. De effectiviteit van in de praktijk gebruikte technieken is vaak hoog tot zeer hoog, vooral wanneer het anorganisch fosfaat betreft en te zuiveren gehalten hoog zijn. Beide zijn ook het geval in drain- en slootwater in het bollengebied, zodat er perspectieven bestaan voor experimenten en toepassing van dergelijke systemen.

De volgende opties zouden verder kunnen worden onderzocht:

1. *Toevoegen van fosfaatbindende materialen aan de drainsleuf*

Op dit moment is het al gebruikelijk om schelpen aan te brengen in de drainsleuf, hieraan zouden ijzer- en/of aluminiumhoudende verbindingen kunnen worden toegevoegd om de uitspoeling van fosfaat te verminderen.

2. *Verwijderen van fosfaat aan het eind van een drainbuis*

Door het plaatsen van een zandfilter waaraan metallisch ijzer is toegevoegd zou fosfaat effectief kunnen worden verwijderd uit drainwater. De belastbaarheid (in $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dag}$) moet nog nader worden onderzocht om de vereiste grootte van een dergelijk filter vast te stellen.

3. *Verwijderen van fosfaat aan het eind van verzameldrain of buis bij bronbemaling*

Als 2, maar dit zou een grootschaliger filter worden, wat de mogelijkheid opent om in geschakelde eenheden te werken. Dit zou terugwinnen van het vastgelegde fosfaat mogelijk kunnen maken.

4. *Verwijderen van fosfaat op de plaats waar het polderwater wordt uitgeslagen*

Uit het water dat in de zomer wordt ingelaten in een aantal meren in Nederland wordt vooraf fosfaat verwijderd. De schaal waarop dit gebeurt, komt ruwweg overeen met de schaal waarop water wordt uitgeslagen uit de onderzochte voorbeeldpolders. Vanwege het zeer grootschalige karakter van een dergelijke zuivering is deze optie niet verder uitgewerkt.

1 Inleiding

In het westelijk zandgebied zijn fosfaatconcentraties van het oppervlaktewater veel hoger dan de hiervoor geldende norm (MTR-waarde). Emissie uit landbouwgronden is een van de bronnen van fosfaat voor dit oppervlaktewater, plaatselijk is kwelwater een andere bron (Boers et al., 1997). Om de emissie zover te verlagen dat de MTR-waarde gehaald wordt, moeten de bronnen van fosfaat gesaneerd worden, of worden voorkomen dat fosfaat vanuit de percelen naar het oppervlaktewater uitspoelt. Als gekozen wordt voor verlaging van de fosfaataanvoer, moet die verlaagd worden tot ver onder het landbouwkundig optimale niveau. Dit kan grote opbrengstderving tot gevolg hebben, temeer omdat het merendeel van het fosfaat wordt aangevoerd in organische vorm voor het op peil houden van het niveau aan organische stof in de bodem. Daarom is het nodig te zoeken naar methoden om in de landbouw toegediend fosfaat niet naar het oppervlaktewater te laten uitspoelen. Dit kan mogelijk via filtering van het drainwater of het slootwater. Het is niet bekend in hoeverre bestaande filtersystemen toepasbaar zijn voor de situatie van fosfaatuitspoeling uit drains in zandgronden.

Vooraf in de Verenigde Staten wordt veel onderzoek uitgevoerd naar materialen waarmee fosfaat in de bodem kan worden vastgelegd. Dit kan leiden tot een sterke afname in de uit- en afspoeling van fosfaat. In Zweden wordt onderzoek gedaan naar materialen die rondom drainagebuizen kan worden aangebracht. Bij een aantal meren in Nederland wordt al lange tijd water gezuiverd dat wordt ingelaten om het waterniveau op peil te houden; deze zuivering is vooral gericht op het verwijderen van fosfaat. In deze studie wordt nagegaan in hoeverre elders gebruikte materialen toepasbaar zijn in Nederland, met name in een filtersysteem.

In dit project zijn bestaande filtersystemen en materialen om fosfaat vast te leggen beoordeeld op toepasbaarheid in de bollenteelt in Nederland, met name in het Westelijk zandgebied. Er is geschat hoeveel fosfaat hiermee vastgelegd wordt en hoeveel het fosfaatgehalte in drain- of slootwater hiermee verlaagd kan worden. Een of meerdere perspectiefvolle systemen zijn geselecteerd. Hiervoor is een schatting gemaakt van de kosten bij toepassing in Nederland. Er worden aanbevelingen gedaan voor een mogelijk vervolgtraject, waarin een concreet filtersysteem ontwikkeld wordt.

2 Karakterisering situatie te zuiveren water en gebied

2.1 Verliesroutes fosfaat

De nutriëntengehaltes in gebieden met geconcentreerde bollenteelt worden bepaald door (LMB, 2007):

- Emissies uit de bollenteelt
- Nalevering uit de bodem
- Atmosferische depositie
- Emissies uit andere teelten
- Overstorten
- Zuiveringsinstallaties
- Kwaliteit van het inlaatwater
- Kwaliteit van het kwelwater (in sommige gebieden)

In West-Nederland is het fosfaatgehalte in het kwelwater hoog, plaatselijk meer dan 2 mg/l. Afhankelijk van de kweldruk leveren deze gehalten een fosfaatbelasting in het poldergebied. De bijdrage van de bollenteelt aan de mineralengehalten in het oppervlaktewater is niet exact bekend, en zal van gebied tot gebied variëren afhankelijk van het grondgebruik. De precieze omvang van deze bijdrage is echter geen onderwerp van deze studie.

Het totaal aantal overschrijdingen van de MTR-oppervlaktewater voor fosfor (0,15 mg/l) is hoog in de geconcentreerde bollenteeltgebieden, hoewel de tendens licht dalend is: 90% in 2003, 86% in 2004 en 84% in 2005 (LMB, 2007). Het gebruik van fosfaat in de geconcentreerde bollenteeltgebieden is in 2005 met 17% toegenomen na een periode van stabilisatie op een verlaagd niveau.

Hoewel in de monitoringsperiode (1995-2005) het gebruik van de meststoffen stikstof en fosfaat met 35-45% gedaald is, heeft dit niet geleid tot lagere gehalten stikstof en fosfor in het oppervlaktewater. Het mineraal fosfor hoopt zich op in de grond wat op den duur tot uitspoeling kan leiden. Hierdoor is er geen direct verband te leggen tussen het huidige gebruik en de concentratie fosfor in het oppervlaktewater. Brongerichte maatregelen alleen zullen dan ook niet toereikend zijn om op korte termijn een wezenlijke verbetering in de oppervlaktewaterkwaliteit op het gebied van mineralen tot stand te brengen. Dat geldt voor bollengebieden, maar ook voor veel andere gebieden in Nederland.

In het project 'Telen met toekomst' is over een periode van 3 jaar de waterkwaliteit op open teelt bedrijven op klei en zand gevolgd (De Ruijter en Boumans, 2005). Uit deze studie kon geconcludeerd worden dat de P-concentraties in het grondwater bij duinzand beduidend hoger zijn dan bij de andere grondsoorten. Daarnaast werd geconcludeerd dat bij open-teeltbedrijven de P-totaal-concentraties in grondwater (6,5 mg/L) hoger zijn dan die in drainwater (3,5 mg/L), welke weer hoger zijn dan in slootwater (2,8 mg/L). Ook voor kleigrond werd deze trend gevonden.

Tabel 1: Karakterisering van transportroutes van N en P naar het oppervlaktewater (Van Beek e.a., 2003)

Nr.	Transportroute	N/P	Omstandigheden	Schaalniveau
1a	Ondiepe uitspoeling	NP	Klei, veen, beekdalen, zand West Nederland	Perceel
1a	Diepe uitspoeling / lokale kwel	NP	Zand	Stroomgebied
2	Oppervlakkige afspoeling / erosie	NP	Hellingen, klei	Perceel
3	Regionale kwel	NP	Klei, veen	S.o.*
4	Interne eutrofiering	P	Veen	Stroomgebied
5	Nalevering uit sediment	P	Klei, veen	In oppervlaktewater
6	Depositie	N	Veehouderij	Stroomgebied + S.o.*

* stroomgebied overschrijdend

Hoge P-concentraties in o.a. het westen van Nederland worden door Boers et al. (1997) voor een deel toegeschreven aan fosfaatrijke kwel. Anderzijds zal uitspoeling van P vanuit de bouwvoor ook een rol spelen. Duinzand heeft een lage bufferende werking en ook adsorptiemaxima zijn laag (Ehlert en Koopmans, 2002; Ehlert et al., 2004). Hierdoor, en ook als gevolg van de hoge grondwaterstanden, komt P sneller in het grondwater terecht dan bij andere grondsoorten het geval is.

Tabel 2: Totaal-P concentraties (mg/l), gemiddelde van 3 jaar en voor een aantal bollenbedrijven

	Totaal-P		
	7 bollenbedrijven	2 bedrijven in de Bollenstreek	5 bedrijven in zandgebied NH
Grondwater	7,9	12,6	5,3
Drainwater	3,5*	7,5**	2,7
Slootwater	2,8*	4,9**	2,4

* Gemiddelde van 6 bollenbedrijven

**Gemiddelde van 1 bedrijf in de Bollenstreek

N en P spoelt vanuit de bouwvoor uit via het bovenste grondwater en drainwater naar het slootwater. Er is een redelijk verband tussen concentraties in het drainwater en die in het grondwater. Concentraties nemen af in de volgorde: grondwater > drainwater > slootwater, waarschijnlijk doordat er steeds meer invloed is van verdunning door relatief schoon regenwater. Bij het slootwater zijn er meer factoren die een invloed kunnen hebben op de concentratie dan bij grond- of drainwater het geval is. Te zien is dat de correlatiecoëfficiënt van het verband tussen slootwater en grondwater altijd lager is dan die tussen drainwater en grondwater. De gevonden correlatiecoëfficiënten (r) voor het verband tussen de bedrijfsgemiddelde concentraties in grondwater, drainwater en slootwater voor totaal-P van Tmt-vollegroondsbedrijven op duinzand zijn als volgt:

- Grondwater-drainwater: 0,81
- Grondwater-slootwater: 0,67
- Drainwater-slootwater: 0,92

Tabel 3: Bedrijfsmiddelen **grondwater** in de jaren 2002 t/m 2004 *

Bedrijf	pH			Grondwaterstand, cm			NO ₃ , mg/l		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Bl01-De Zilk	7,4	7,1	7,3	-62	-62	-71	0,1	0,5	0,2
Bl02- De Zilk	7,2	7,2	7,3	-65	-56	-70	0,1	0,2	0,2
Bl03-Anna Paulowna	7,0	7,3	7,3	-60	-82	-95	19,5	0,3	1,0
Bl04-Julianadorp	6,9	-	-	-82	-	-	24,4	-	-
Bl05-Stompetoren	7,1	7,1	-	-76	-70	-	0,1	0,3	-
Bl06-St Maartensbrug	7,0	7,0	7,1	-83	-72	-78	0,2	2,8	0,2
Blkern-St Maartensbrug	-	7,0	6,9	-	-125	-106	-	0,2	0,4

Bedrijf	PO ₄ -P			P-totaal		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Bl01-De Zilk	12,55	12,67	13,87	12,52	14,03	13,14
Bl02- De Zilk	13,76	8,57	11,97	13,22	10,36	12,16
Bl03-Anna Paulowna	5,20	5,89	4,94	5,50	6,14	4,94
Bl04-Julianadorp	4,11	-	-	4,11	-	-
Bl05-Stompetoren	2,44	2,30	-	2,40	2,69	-
Bl06-St Maartensbrug	6,32	6,74	7,82	6,40	6,70	7,69
Blkern-St Maartensbrug	-	5,69	5,42	-	6,22	5,30

Tabel 4: Bedrijfsmiddelen **drainwater** in de jaren 2002 t/m 2004*

Bedrijf	pH			Drainafvoer (sec/l)			NO ₃ mg/l		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Bl01-De Zilk	-	7,1	7,2	-	-	-	-	0,7	0,2
Bl02- De Zilk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bl03-Anna Paulowna	7,2	7,7	7,3	235	163	301	23,3	8,9	10,9
Bl04-Julianadorp	7,1	-	-	107	-	-	20,1	-	-
Bl05-Stompetoren	7,1	7,2	-	50	295	-	0,1	15,7	-
Bl06-St Maartensbrug	-	7,4	7,2	-	82	183	-	5,7	2,2
Blkern-St Maartensbrug	-	7,2	7,2	-	68	68	-	55,6	49,1

Bedrijf	PO ₄ -P			P-totaal		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Bl01-De Zilk	-	7,31	7,07	-	7,51	7,48
Bl02- De Zilk	-	-	-	-	-	-
Bl03-Anna Paulowna	4,41	3,02	4,68	4,46	3,20	4,92
Bl04-Julianadorp	3,00	-	-	2,99	-	-
Bl05-Stompetoren	0,22	0,78	-	0,34	0,86	-
Bl06-St Maartensbrug	-	4,10	4,62	-	4,29	4,88
Blkern-St Maartensbrug	-	0,28	0,26	-	0,31	0,32

Bron: bijlage 1 in De Ruijter en Boumans, 2005.

*Waarden beneden de detectiegrens zijn op de helft van de detectiewaarde gezet bij berekening van het bedrijfsmiddelen. Globale waarden van de detectiegrenzen zijn voor NO₃: 0,3; PO₄-P: 0,012; P-totaal: 0,06 mg/l. Ontbrekende waarden zijn aangegeven met een '-'. Metingen in 2002 zijn uitgevoerd in de periode februari-maart. De jaren 2003 en 2004 staan voor de voorafgaande winterperiode oktober-maart.

Tabel 5: Bedrijfsmiddelen slootwater (mg/l) in de jaren 2002 t/m 2004

Bedrijf	pH			NO ₃			PO ₄ -P			P-totaal		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Bl01	-	7,7	7,8	-	3,2	3,5	-	4,78	4,79	-	4,80	5,04
Bl02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bl03	8,1	8,3	7,9	11,7	7,1	11,5	2,93	2,54	3,05	3,00	2,72	3,24
Bl04	7,7	-	-	8,5	-	-	2,34	-	-	2,93	-	-
Bl05	8,0	7,4	-	3,0	1,8	-	0,77	1,65	-	0,87	1,71	-
Bl06	-	7,7	8,1	-	4,1	1,7	-	4,90	3,13	-	5,09	3,49
Blkern	-	7,5	7,3	-	38,0	31,6	-	0,51	0,32	-	0,57	0,39

Voor toelichting zie vorige tabel. Waarden zijn een gemiddelde van metingen aan bedrijfssloten, doorgaande sloten en langlopende sloten.

In onderstaande tabel zijn de jaargemiddelde P-totaal gehalten van de TmT-bedrijven samengevat.

Tabel 6: Bedrijfsmiddelen P-totaal in grond-, drain en slootwater (mg/l) in de jaren 2002 t/m 2004

	grondwater			drainwater			slootwater		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Bl01	12,52	14,03	13,14	-	7,51	7,48	-	4,80	5,04
Bl02	13,22	10,36	12,16	-	-	-	-	-	-
Bl03	5,50	6,14	4,94	4,46	3,20	4,92	3,00	2,72	3,24
Bl04	4,11	-	-	2,99	-	-	2,93	-	-
Bl05	2,40	2,69	-	0,34	0,86	-	0,87	1,71	-
Bl06	6,40	6,70	7,69	-	4,29	4,88	-	5,09	3,49
Blkern	-	6,22	5,30	-	0,31	0,32	-	0,57	0,39

De jaargemiddelde fosfaatgehalten van het grondwater zijn vrijwel altijd hoger dan van het drainwater, wat erop wijst dat de ondergrond vermoedelijk op een aantal plaatsen een belangrijke bron is van fosfaat. Voor 2 bedrijven (Bl05 en Blkern) liggen de gehalten in drainwater relatief laag (0.3-0.8 mg/l), voor de andere veel hoger (3-7,5 mg/l). Bij dergelijke hoge gehalten zou zuivering van het drainwater zeer effectief kunnen zijn.

In een deelstudie van Schoumans en Lepelaar (1995) naar emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt werd uit de beschrijving van de reversibiliteit van de fosfaatbinding afgeleid dat bij een Pw-getal van 25 mg P₂O₅ per l grond (Pw-streefgetal) voor de gehele bouwvoor van bloembollenpercelen, de fosfaatuitspoeling naar diepere lagen (waaronder de drains) kan variëren van 3 tot 8 mg/l P.

In een deelstudie van Groenendijk e.a. (1997) naar emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt zijn onder andere de pH en de concentraties NO₃-N, P-totaal, PO₄-P in drain- en slootwater in St. Maartensbrug en Wassenaar gemeten van 1992 tot en met 1994 (zie tabel 7). Het bedrijf in St. Maartensbrug komt overeen met bedrijf Blkern in tabellen 3 – 6 . Het is in 2001 “opgezend”; daarbij is er zeezand dat nog niet met fosfaat bemest was toegevoegd aan de bovengrond. Dat is mogelijk een verklaring voor de lagere de P-gehalten van het drainwater in de jaren 2002 – 2004 (tabel 6) dan in 1992 – 1994 (tabel 7) .

Tabel 7: Gemiddelde pH en concentraties van NO₃-N, P-totaal en PO₄-P in sloot- en drainwater op twee locaties, gegevens 1992-1994. (Bron: Groenendijk e.a. 1997)

	Afvoer	pH	NO ₃ -N	PO ₄ -P	P-totaal
	m ³ /d		mg/l		
<i>St. Maartensbrug</i>					
Slootafvoer	-	7,79	1,78	1,46	1,59
Drain 1	31,0	7,46	1,14	2,18	2,35
Drain 2	27,9	7,55	1,18	0,95	1,05
<i>Wassenaar</i>					
Slootafvoer	-	8,21	0,17	6,72	7,09
Drain A	-	8,29	0,15	7,76	8,24
Drain B	-	8,04	0,07	7,33	7,85

2.2 Gegevens twee voorbeeldpolders

In Bijlage 1 zijn gegevens opgenomen van twee polders waarin eventueel een test van een fosfaatfilter zou kunnen worden uitgevoerd. Het betreft de Hoogeteense polder (Hoogheemraadschap van Rijnland) in de gemeenten Noordwijkerhout en Lisse, en de polder Callantsoog ten noorden van het Zwanewater (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier). In onderstaande tabel zijn een aantal gegevens samengevat van beide polders. Dit betreft de omvang (ha), het neerslagoverschot in 10⁶ m³, gebaseerd op een geschat neerslagoverschot van 35 cm/jaar; de range van het zomergemiddelde P-totaalgehalte van het oppervlaktewater, het percentage open water in de polder, de geschatte slootafstand, en de afvoer per drain in m³/jaar. Dit laatste is berekend op basis van het geschatte neerslagoverschot in m³/ hectare (weer bij 35 cm), het aantal sloten per 100 m en het aantal drains per 100 m. In de praktijk wordt een tussenafstand voor drains gehanteerd van 10 m hart-op-hart voor grof zand en 8 m voor fijn zand; in de berekening is het gemiddelde hiervan gehanteerd.

De verdeling naar het type drainage systeem in de Bollenstreek is, naar schatting (H. van der Geest, Hillegom, pers. mededeling, Reijers e.a. 2001):

- 30% *open drainage* via afzonderlijke drainbuizen naar een sloot.
- 15% *gesloten drainage* via drainbuizen die in een verzamelleiding uitkomen, die vervolgens in een sloot uitkomt, of in een put van waaruit het water wordt weggepompt.
- 50% *bronbemaling* waarbij in het midden van een perceel een PVC verzamelleiding ligt, en om de 5 meter een filterbuis de grond ingaat via welke water wordt opgepompt. Deze methode wordt alleen in het bollengebied toegepast, en is vergelijkbaar met de bemaling die rond bouwputten plaatsvindt. Het systeem komt nog veel voor, maar wordt nauwelijks meer nieuw aangelegd, dat gebeurt wel met gesloten drainage.
- 5% een combinatie van bronbemaling en open drainage.

Bovenstaande verdeling houdt in dat in het bollengebied slechts ca. eenderde deel van het drainagewater via afzonderlijke drainbuizen in de sloot komt, de overige tweederde komt via een verzamelleiding in de sloot terecht.

Tabel 8: Samenvattende gegevens van 2 voorbeeldpolders (zie ook bijlage 1)

Polder	Grootte	Neerslag-overschot*	Neerslagov. +kwel+inlaat**	Totaal-P, zomer-gemiddelde	Open water	Sloot-afstand	Afvoer per drain***
	ha	10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³	mg/l	%	m	m ³ /jaar
Hoogeveen	486	1,7	3,9	1,8-7,0	4,3	124	195
Callantsoog	788	2,8	6,4	0,3-3,1	3,4	147	232

* berekening gebaseerd op 35 cm neerslag-overschot

** neerslagoverschot + kwel, 0,4 mm/d (max. schatting Rijnland) + 31 cm/jaar inlaat

*** berekend als $0,5 * 0,35 * 10^4 \text{ m}^3 * \text{slootafstand}/100 * \text{drainafstand}/100$

In de tabel is verder een (maximum)schatting opgenomen van de uitgeslagen hoeveelheid water, waarin is aangenomen dat er een kwel optreedt van 0,4 mm/dag, en er een hoeveelheid water wordt ingelaten die overeenkomt met 31 cm/jaar. Deze laatste hoeveelheid is berekend uit gegevens voor de polder Callantsoog (zie bijlage: 1960 kg P/jaar aanvoer via inlaat, bij een P-gehalte van 0,8 mg/l en een oppervlakte van 788 ha). Voor de Hoogeveense polder werd als eerste schatting de zelfde waarde gebruikt voor de inlaat.

Van de drains in de Bollenstreek wordt geschat dat 80% in een aangebrachte schelpenlaag ligt.

2.3 Samenvatting

De gemeten gehalten aan totaalfosfaat in drain- en slootwater in de bollengebieden zijn hoog, en een groot deel van de tijd boven de MTW-waarde van 0,15 mg/l. Niet duidelijk is in welke mate de bollenteelt of fosfaatrijke kwel verantwoordelijk is voor de hoge concentraties, maar wel is zeker dat de drains uit bollenpercelen het slootwater met P belasten.

Er wordt een grote variatie gevonden tussen fosfaatgehalten gemeten op verschillende TmT-bedrijven en op reguliere meetpunten. Zuivering van water is het meest efficiënt bij hogere gehalten van fosfaat, zodat overwogen zou moeten worden om zuivering zo dicht mogelijk bij de belangrijkste bronnen (drains, sloten) met de hoogste fosfaatconcentraties te laten plaatsvinden.

3 Filtersystemen voor fosfaat

Op verschillende schaalniveaus zijn systemen ontwikkeld waarmee fosfaat uit water kan worden verwijderd. Voorbeelden hiervan zijn het zuiveren van:

- bodemwater: vastleggen van fosfaat;
- grondwater voor gebruik als drinkwater;
- drainwater of grondwater, nitraatverwijdering;
- (afval)water met behulp van helofytenfilters;
- oppervlaktewater: verwijderen van fosfaat uit stromend water;
- oppervlaktewater : inlaat voor eutrofiëringsgevoelige meren.

Voorbeelden van deze systemen worden in dit hoofdstuk besproken, waarna wordt geëvalueerd welke systemen mogelijk toepasbaar zijn in het bollengebied, en in een vervolgstudie uitgetest zouden kunnen worden.

3.1 Bodemwater: vastleggen van fosfaat

Om het risico van fosfaatuitspoeling vanuit de bodem te verminderen is op veel plaatsen geëxperimenteerd met het toevoegen van stoffen aan de bodem waaraan fosfaat wordt vastgelegd. In vrijwel alle gevallen betreft dit materialen met een hoog gehalte aan ijzer en/of aluminium. Vooral in de Verenigde Staten is hieraan veel onderzoek uitgevoerd, waarbij uiteenlopende stoffen zijn gebruikt. In Nederland is door Schoumans en Köhlenberg (1995) op laboratorium- en veldschaal onderzoek gedaan naar de capaciteit van verschillende materialen om fosfaat te binden, en door Hendriks en Huijsmans (1995) naar manieren om ijzerzouten aan de bodem toe te dienen. Voorbeelden van gebruikte materialen zijn: ijzeroer, ijzer- of aluminiumslib afkomstig van drinkwaterbereiding, afvalstoffen van aluminiumfabricage en vliegas. Een mengsel van FeNO_3 en Ca(OH)_2 bleek in het laboratorium het meest effectief om fosfaat vast te leggen, en ook op veldschaal nam mobiel fosfaat sterk af nadat dit mengsel aan de bodem was toegediend (Schoumans en Köhlenberg, 1995). Een nadeel van dit gebruikte mengsel is dat bij het neerslaan van ijzerhydroxide nitraat (in de vorm van $\text{Ca(NO}_3)_2$) vrijkomt; ook is de werking op langere termijn niet geheel zeker. Het onderzoek naar het op deze manier toedienen van ijzer aan de bodem heeft tot op heden geen gevolg gehad, omdat er maatschappelijke weerstand bestond tegen het “toedienen van chemicaliën aan de bodem”. Wanneer het vastleggen van fosfaat in de bodem overwogen wordt dan zou gezocht moeten worden naar een methode om ijzerhydroxiden aan te maken zonder dat een bijproduct ontstaat (Chardon e.a. 1996).

Overwogen zou kunnen worden om bij de aanleg van drainagebuizen in de sleuf materialen aan te brengen die fosfaat vastleggen. Op dit moment worden hiervoor alleen schelpen gebruikt. Deze zijn voor dit doel echter minder effectief dan ijzer- of aluminiumhoudende materialen.

3.2 Grondwater voor gebruik als drinkwater

De Amerikaanse chemicus Abul Hassam bedacht in 2001 een goedkope manier om op kleine schaal arseen uit drinkwater te filteren (Khan e.a. 2000; Hussam & Munir, 2007; Websites arseenfilter). Arseen lijkt chemisch gezien sterk op fosfaat, en het principe van een dergelijk filter zou dus ook goed gebruikt kunnen worden voor het wegvangen van fosfaat. Arseen komt op sommige plaatsen in hoge concentraties voor in de bodem, en er worden veel mensen langzaam vergiftigd door consumptie van het drinkwater dat ze uit de bodem pompen. Hassams 'SONO Filter' bestaat uit twee plastic emmers, de bovenste bevat een laag grof rivierzand en een laag 'composite iron matrix' (CIM): stukjes gietijzer, vermengd met zaagsel en kool. Het zand vangt bezinksel af, het ijzer bindt anorganische arseenzouten. De onderste emmer bevat ook weer een laag rivierzand, een laag actieve (houts)kool en een laag fijn zand met stukjes baksteen. Die laatste laag dient als fijn filter, terwijl de actieve kool de organische arseenverbindingen vastlegt. Van het filter, dat lokaal wordt geproduceerd voor minder dan veertig dollar per stuk, zijn er in Bangladesh al duizenden geplaatst. De capaciteit van de voor dit doel gebruikte filters is 42-148 liter per dag. Door de filters werd het arseengehalte van het water verlaagd van ca. 6 mg/l tot 0,2 mg/l.

Voor het toepassen van een min of meer vergelijkbaar kleinschalig filter voor de zuivering van fosfaat uit drainwater zou een versimpeling kunnen plaatsvinden door de organische bestanddelen (zaagsel en houtskool) weg te laten. De reden hiervoor is dat in het bollengebied nauwelijks organisch gebonden fosfaat voorkomt in drainwater of oppervlaktewater (zie hoofdstuk 2). Er kan dan volstaan worden met een mengsel van grof zand, ijzer en kalk, bijvoorbeeld gemalen schelpen.

3.3 Drainwater of grondwater, nitraatverwijdering

Van Dam en Bruin (2003) vonden dat tuinturf en stro in staat was om zowel nitraat als P te verwijderen uit percolaatwater van composthopen van bloembollenafval. In Canada is in het verleden onderzoek gedaan naar een filter dat gevuld was met organisch materiaal zoals houtsnippers of compost om door denitrificatie nitraat te verwijderen uit drainwater (Blowes e.a., 1994). Er werd een systeem gebruikt dat ca. 60 liter water per dag kon zuiveren, maar gesteld werd dat dit gemakkelijk kan worden opgeschaald. Robertson e.a. (2000) onderzochten barrières voor nitraat, bestaande uit organisch materiaal dat bijvoorbeeld horizontaal onder een septic tank, of verticaal, loodrecht op de grondwaterstroming, werd aangebracht. Het bleek dat een dergelijke barrière langdurig effectief was zonder dat het organische materiaal hoefde te worden vervangen. De effectiviteit van verschillende materialen voor de verwijdering van nitraat in filters of in barrières werd onderzocht door Greenan e.a. (2006); de effectiviteit op korte termijn nam af in de volgorde: maïsstengels, karton, houtsnippers met sojaolie, alleen houtsnippers. De effectiviteit op langere termijn van maïsstengels werd echter minder hoog ingeschat.

In Minnesota is een systeem ontwikkeld waarbij een ca. 2 m diepe en 0,6-1 m brede sleuf werd gevuld met houtsnippers om nitraat via denitrificatie te verwijderen (zie website denitrificatiesleuf). Het te zuiveren water wordt in de lengterichting door de sleuf geleid,

waarbij zoveel mogelijk wordt voorkomen dat het water zijdelings wegstroomt. Geschat wordt dat een ca. 7.5 m lange sleuf nodig is om het drainwater van een hectare grond te zuiveren, wat in totaal dus neerkomt op een oppervlakte van $0,6-1 \times 7,5 = \text{ca. } 6 \text{ m}^2$ per ha, ofwel minder dan 0,1 % van het grondoppervlak.

Voor het verwijderen van vluchtige organochloorverbindingen door dechlorering zijn zogenaamde reactieve schermen ontwikkeld die metallisch ijzer (Fe^0) bevatten. De werking berust op de oxidatie van het Fe^0 tot Fe^{2+} , waarbij tegelijk chloor wordt vervangen door waterstof in de af te breken organochloorverbinding. Door het Fe^0 kan ook nitraat worden omgezet. Met een dergelijk reactief scherm wordt op dit moment ervaring opgedaan in Katwijk, waar een scherm van 120 m lang, 5,5 m diep en 0,3 m breed werd gevuld met een mengsel van zand en ijzergranulaat (Fe^0). Het doel is om een verontreiniging van dichlooretheen af te breken die daar met het grondwater meestroomt (Slenders & Dols, 2007). Ijzergranulaat wordt ook gebruikt om arseen en fosfaat vast te leggen (zie 3.1), o.a. in de bodem van helyfotenfilters (zie 3.4), dus een dergelijk scherm zou ook fosfaat uit het grondwater kunnen verwijderen.

3.4 Helofytenfilter: vastleggen van fosfaat in vegetatie of bodem

Helofytenfilters zijn horizontaal aangelegd stukken land waarover te zuiveren water wordt geleid. Op de bodem groeien waterplanten: helofyten, dit zijn tweejarige- of vaste planten waarvan alleen de onderwater zittende knoppen de winter overleven. De planten nemen nutriënten op uit het water dat daardoor wordt gezuiverd. Wanneer plaatselijk in het filter zuurstofarme omstandigheden voorkomen dan kan nitraat door denitrificatie verloren gaan, dit is dus een effect bovenop de opname door planten. Een nadeel voor fosfaat is dat dit alleen gedurende de zomer door de planten wordt opgenomen, in het najaar wordt het fosfaat uit de bovengrondse delen in de wortels opgeslagen, waarna dit in het voorjaar weer aan de groei bijdraagt. Alleen door plantendelen te oogsten kan fosfaat echt worden verwijderd uit het systeem, dit moet echter zodanig gebeuren dat de groei van de planten niet wordt aangetast.

Een variant op een helofytenfilter is het zuiveringsmoeras, waarbij te zuiveren water wordt geleid door een laag organisch materiaal. Dit is vooral geschikt voor het verwijderen van nitraat (Clevering e.a., 2007), maar niet of nauwelijks voor fosfaat. De oorzaak hiervan is dat bij de afbraak van het organische materiaal juist fosfaat kan vrijkomen in plaats van dat het wordt vastgelegd.

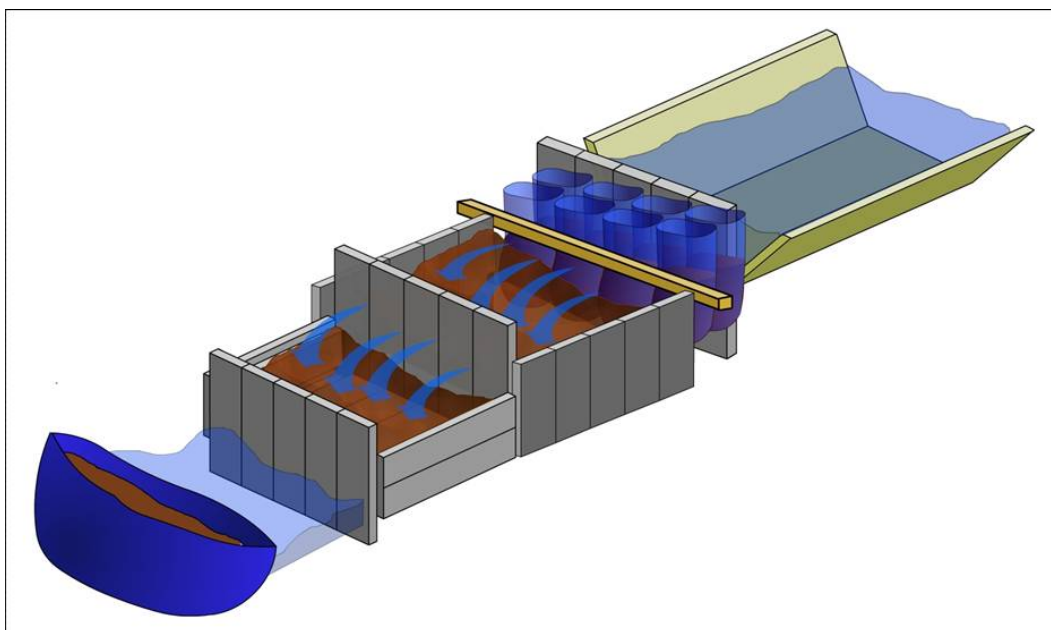
Het vermogen van een helofytenfilter om fosfaat in de bodem vast te leggen kan worden vergroot door in plaats van zuiver zand een substraat te gebruiken, of aan het zand of toe te voegen, dat fosfaat beter kan vastleggen. Voorbeelden hiervan die in de praktijk worden gebruikt zijn: schelpengrit, ijzergruis, ijzerhoudend zand, slakken uit de staalindustrie en zeolieten. De effectiviteit van een ijzerrijk of een calciumrijk substraat hangt af van de pH van het te behandelen water; bij een lage pH kan het beste voor ijzer worden gekozen, bij een hoge pH voor calcium.

Wanneer een voldoende dikke laag met daarin een fosfaatbindende stof wordt gebruikt, die verticaal wordt doorstroomd, dan kan dit zeer effectief zijn voor de verwijdering van fosfaat. Een voorbeeld hiervan is het filter dat wordt gebruikt in de Utechtse wijk Leidsche Rijn (Verhoeven & Blom, 2007; zie ook website). Het filter bestaat uit een toplaag van 15 cm grof grind met 6 rietplanten m^2 , 60 cm zand met ijzer (2,5%), 20 cm zand met 5% CaCO_3 , 1 cm drainagecomposiet op een folie. Op grond van literatuur, kolomproeven en een berekende massabalans werd aangenomen dat het riet nauwelijks zou bijdragen aan de verwijdering van fosfaat. Op proefvlakken met ijzer werd fosfaat in het inlaatwater nagenoeg volledig vastgelegd in het filter; op een proefvlak zonder ijzer was dit in veel mindere mate het geval. De gemiddelde hydraulische belasting was $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ (Verhoeven & Blom, 2007).

3.5 Oppervlaktewater: verwijderen van fosfaat uit stromend water

Op een aantal plaatsen zijn proeven gedaan om fosfaat te verwijderen uit stromend oppervlaktewater. In Nieuw-Zeeland werden netten gevuld met slakken die afkomstig zijn van een hoogoven (McDowell e.a. 2007). Deze werden op de bodem van een rivier gelegd, en gemeten werd in welke mate de concentratie van fosfaat in het rivierwater afnam. De totale hoeveelheid orthofosfaat nam af met 35%, die van totaal-fosfaat met 20%. De concentraties in het rivierwater waren al erg laag, waardoor de hoeveelheid fosfaat die de slakken opnamen klein is. Het bleek dat bij hogere stroomsnelheden van de rivier de opname sterk afnam, mogelijk doordat het water dan meer langs de netten stroomde dan erdoor. Vanwege de relatief hoge kosten wordt het gebruik van dergelijke slakken nu als mogelijkheid genoemd voor plaatsen waar een veel grotere belasting bestaat met fosfaat (McDowell e.a. 2007).

In Engeland werd een experiment uitgevoerd waarbij slootwater werd geleid door een filter dat gevuld was met een ijzerrijk bezinkingslib (“ochre”) van afvalwater (Carr, 2007). Hoewel op grond van laboratoriumexperimenten werd verwacht dat fosfaat goed verwijderd zou kunnen worden bleek in een praktijkproef dat bij lage gehalten van fosfaat en bij lage stroomsnelheden de effectiviteit van het filter gering was. Een afbeelding van het gebruikte filter staat in onderstaande figuur.



Figuur .. Zuiveringsfilter om fosfaat uit oppervlaktewater te verwijderen (Carr, 2007).

Mogelijk wordt de geringe effectiviteit bij lage concentraties veroorzaakt door organische fosfaatverbindingen die bij lage totaal-P gehalten vaak ruim aanwezig zijn (Chardon e.a. 2007), en minder goed verwijderd kunnen worden door binding aan ijzer. Op dit moment wordt vooral onderzocht hoe de stroming van het water door het filter verbeterd kan worden om na te gaan of de effectiviteit van het filter dan toeneemt. Ook wordt onderzocht of het materiaal gebruikt zou kunnen worden in zuiveringsinstallaties voor afvalwater (S. Carr, pers. meded).

3.6 Oppervlaktewater: inlaat voor eutrofiëringsgevoelige meren

Voor de zuivering van een waterstroom staan verschillende technieken ter beschikking. Een voorbeeld hiervan is chemische defosfatering door middel van een zuiveringsinstallatie. Er zijn in Nederland ruim 10 van dergelijke installaties operationeel, o.a. bij de Loosdrechtse Plassen, het Naardermeer en Botshol. Er zijn zuiveringsrendementen mee te halen van 50% en meer. De kosten liggen in de orde van €200 tot 300 € per kg P. Omgerekend per hectare meeroppervlak worden de kosten geschat op 2000 tot 10.000 € per ha per jaar.

Gedurende de vier zomermaanden wordt oppervlaktewater ingelaten in het Naardermeer om het waterpeil te handhaven. Dit inlaatwater wordt vooraf gezuiverd om fosfaat te verwijderen om eutrofiëring van het meer te voorkomen. Gedurende deze maanden wordt in totaal 950.000 m³ water gezuiverd. Op jaarbasis komt dit neer op ca. 3 x 10⁶ m³ water, wat dezelfde orde van grootte is als de hoeveelheid water die uit de voorbeeldpolders wordt uitgeslagen (zie paragraaf 2.2). Het fosfaatgehalte van het inlaatwater was al erg laag, namelijk gemiddeld 0,04 mg P/L; na de zuivering was dit 0,03, het gehalte nam dus af met 25%. Vermoedelijk is dit rendement gering doordat bij dergelijke lage fosfaatgehalten het aandeel organische fosfaatverbindingen relatief hoog is

(Chardon e.a. 2007), dergelijke verbindingen zijn minder makkelijk te verwijderen dan anorganisch fosfaat.

Bij de zuivering werd gemiddeld 12,1 gram ijzer per liter influent toegediend, in het effluent zat nog 0,76 g Fe/L. In het slib zat dus ca. $(12,1 - 0,76) = 11,3$ mg Fe/L en $(0,04 - 0,03) = 0,01$ mg P/L. De verhouding P/Fe in het slib is dus: P:Fe = 1:625 (molair). Het slib bevat dus zeer grote overmaat aan Fe, en zou dus eventueel voor P-fixatie kunnen worden gebruikt, bijvoorbeeld in een ijzer-arme bollengrond. Ook het gezuiverde water bevat nog een overmaat aan ijzer: P:Fe = 1:14 (molair), en zou na het inlaten in het Naardermeer nog fosfaat kunnen vastleggen. Niet bekend is of er onderzoek wordt gedaan naar gebruik van dergelijk slib.

3.7 Samenvatting filtersystemen

Op sterk uiteenlopende schaalniveaus: van bodemvocht, via kraan-, drain- en slootwater naar de inlaat van water in meren zijn technieken ontwikkeld en in de praktijk toegepast om fosfaat (of een daaraan verwante stof zoals arseen) te verwijderen. De effectiviteit van die technieken is vaak hoog tot zeer hoog, vooral wanneer het anorganisch fosfaat betreft en te zuiveren gehalten hoog zijn. Beide zijn ook het geval in drain- en slootwater in het bollengebied, zodat er perspectieven bestaan voor experimenten en toepassing aanwezig. Dit aspect wordt uitgewerkt in het volgende hoofdstuk.

4 Mogelijke toepasbaarheid van filtersystemen

Om te voorkomen dat fosfaat uitspoelt naar het oppervlaktewater, of om fosfaat uit drain- of oppervlaktewater te verwijderen, zouden de volgende mogelijkheden kunnen worden onderzocht:

1. toevoegen van fosfaatbindende materialen aan de drainsleuf
2. verwijderen van fosfaat aan het eind van een drainbuis
3. idem, aan het eind van verzameldrain of buis bij bronbemaling
4. idem, op de plaats waar het polderwater wordt uitgeslagen

Ad 1. Toevoegen van fosfaatbindende materialen aan de drainsleuf

Wanneer dit gebeurt bij de aanleg dan zijn de aanleg- en onderhoudskosten gering. Gekozen zou moeten worden voor materiaal dat niet of nauwelijks zouten afgeeft. IJzerrijk slib van een installatie waarmee fosfaat uit het water wordt verwijderd, zoals beschreven onder 3.6 zou hiervoor geschikt kunnen zijn, de totale kosten blijven dan beperkt tot de transportkosten tussen de plaats waar het slib wordt geproduceerd en het bloembollengebied. Onderzocht zou moeten worden hoe groot de beschikbare hoeveelheid is van dergelijk slib, en wat de werking is op de langere termijn.

Ad 2. Verwijderen van fosfaat aan het eind van een drainbuis

Doordat het debiet van een drainbuis beperkt is kan hier met een vrij klein filter worden volstaan. In tabel 8 (hoofdstuk 2) is geschat dat een drainbuis een jaarlijks debiet heeft van ca. 200 m³. Uit vooronderzoek t.b.v. het project Leidsche Rijn (zie 3.4) bleek dat een debiet van 0,45 m³ m⁻² dag⁻¹ het maximaal haalbare is, oftewel 164 m³ m⁻² jaar⁻¹, dus zou een filteroppervlak van 1,2 m² per drain nodig zijn. Er is hierbij gerekend met het in de praktijk bij rietvelden gebruikelijke ijzergehalte (Fe⁰) van 2,5 % en een laagdikte van 60 cm van een zand-ijzermengsel. Bij een hoger gehalte bestaat het gevaar dat de doorlatendheid van het filter sterk afneemt doordat het ijzer “aan elkaar roest” (Blom, 2003). De levensduur van het filter van het project Leidsche Rijn wordt op 30 jaar geschat. Voor het zuiveren van drainwater moet de belastbaarheid (in m³/m²/dag) nog nader worden onderzocht om de vereiste grootte van een dergelijk filter vast te stellen.

Het per hectare benodigde filteroppervlak kan ook anders worden berekend, op basis van een schatting van het neerslagoverschot (35 cm jaar⁻¹) en een gemiddelde kwel van 0,4 mm dag, overeenkomend met 14 cm jaar⁻¹. In totaal moet er dus per jaar 49 cm water worden afgevoerd, dus 4900 m³ drain+kwelwater. Op basis van het bovengenoemde haalbare debiet voor een filter (164 m³ jaar⁻¹) is er 30 m² filteroppervlak ha⁻¹ nodig, of 0,3% van het bodemoppervlak. Voor de Hoogeveense polder en polder Callantsoog is de oppervlakte open water geschat op resp. 4,3 en 3,4%.

De hoeveelheid ijzer die voor 30 m² filter ha⁻¹ nodig is bedraagt dan: (2,5/100) x 30 x 0,6 = 0,45 m³. Bij een dichtheid van ijzer van 2 ton m³ komt dit overeen met 900 kg. De prijs hiervan bedraagt ca. 500 € per ton, dus 900 kg Fe kost ca. 450 €. Door een behandeling met loog kan het fosfaat van het ijzer worden verwijderd, zodat hergebruik mogelijk wordt, wat de levensduur van het filter aanzienlijk zou kunnen verlengen.

Ad 3. Verwijderen van fosfaat aan het eind van verzamel drain of buis bij bronbemaling

Hiervoor kan hetzelfde principe gebruikt worden als voor de zuivering aan het eind van een drain, alleen is de schaal veel groter doordat nu al het water van een perceel op een plaats wordt geconcentreerd in plaats van over vele drainuitgangen verdeeld is. Een centraal zuiveringspunt per perceel zou gemakkelijk beheersbaar zijn, en maakt het mogelijk om in eenheden te werken waarvan tussentijds het fosfaat kan worden verwijderd. Een dergelijke constructie wordt in België gebruikt om m.b.v. reactief Fe^0 chloorverbindingen te verwijderen uit grondwater (zie 3.3).

Ad 4. Verwijderen van fosfaat op de plaats waar het polderwater wordt uitgeslagen

De hoeveelheid polderwater die jaarlijks uit de voorbeeldpolders Hoogeveen en Callants-oog wordt gepompt bedraagt naar schatting 4 – 6 miljoen m^3 . De installatie die wordt gebruikt voor de zuivering van inlaatwater voor het Naardermeer door het toedienen van ijzer heeft een capaciteit van ca. 1 miljoen m^3 gedurende 4 maanden, dus 3 miljoen m^3 per jaar. Een zuivering op een dergelijke schaal is dus technisch mogelijk, maar vanwege het grootschalige karakter van deze optie is die hier vooralsnog niet verder uitgewerkt.

Literatuur

Anonymus, 2006. Regiovisie Groen, Water en Landschap Duin- en Bollenstreek. Discussienotitie in opdracht van Stichting Duinbehoud, Stichting 't Zuid-Hollands Landschap en het Milieu Overleg Duin- en Bollenstreek (MODB).

BCC, 2006. Bebouwingsonderzoek Noordwijkerhout. Ingenieursbureau BCC, in opdracht van Hoogheemraadschap van Rijnland.

Beek, C.L. van, O.A. Clevering, L.J.M. Kater & H. van Reuler, 2003. Maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat uit de landbouw te verminderen. Rapport 714, Alterra Wageningen.

Blom, J.J., 2003. Voorbereiding praktijkonderzoek verticaal doorstroomd helofytenfilter. Taakgroep Watersysteem Leidsche Rijn. Royal Haskoning Enschede.

Blowes, D.W., W.D. Robertson, C.J. Ptacek & C. Merkley, 1994. Removal of agricultural nitrate from tile-drainage effluent water using in-line bioreactors. J. Contam. Hydrol. 15:207-221.

Boers, P.C.M., H.L. Boogaard & J. Hoogeveen, 1997. Huidige en toekomstige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw : uitspoeling meststoffen uit landbouw. Rapport 532, Staring Centrum, Wageningen

Bügel Hajema, 2007. Beeldkwaliteitsplan Callantsoog. Bügel Hajema adviseurs, Schagerbrug, Leeuwarden.

Carr, S., 2007. Website over MSc-onderzoek aan Newcastle Universiteit, Engeland. <http://www.geos.ed.ac.uk/homes/s0793056/MscResearch.html>

Chardon, W.J., G. Mol, C. van der Salm & F.P. Sival, 2007. De sorptie van orthofosfaat in veengronden en kalkrijke zandgronden en het belang van organisch gebonden fosfaat. Kennislacunes met betrekking tot vastlegging en uitspoeling van fosfaat. Rapport 1480, Alterra Wageningen.

Chardon, W.J., O. Oenema, O.F. Schoumans, P.C.M. Boers, B. Fraters & Y.C.W.M. Geelen, 1996. Verkenning van de mogelijkheden voor beheer en herstel van fosfaatlekkende landbouwgronden. Rapporten Programma Geïntegreerd Bodemonderzoek, Deel 8, Wageningen.

Clevering, O.A., H.A.G. Verstegen, J.M.J. van Meyel & J.J. de Haan 2007. Zuiveringsmoerassen voor drainwater. Tussenrapportage. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen.

Dam, A.M. van & P.N.A. Bruin. 2003. Uitspoeling van nutriënten bij composthopen van bloembollenafval bij een onderlaag van tuinturf en stro. Intern rapport Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, sector Bloembollen, projectnummer 330823.

DLO-SC, 1982. Bodemkaart van Nederland 1:50 000 nr. 30, 's-Gravenhage. Staring Centrum, Wageningen, 1982.

DLO-SC, 1992. Bodemkaart van Nederland 1:50 000 nr. 24 – 25, West Zandvoort - Amsterdam, Staring Centrum, Wageningen.

Ehlert, P.A.I. & G.F. Koopmans, 2002. Fosfaattoestanden op de praktijkbedrijven van 'Telen met toekomst'. Een analyse van de situatie bij de start van het project. Rapport project 11412, Alterra, Wageningen.

Ehlert, P.A.I., H.P. Pasterkamp & G. Brouwer, 2004. Fosfaatbehoefte van bloembollen. Onderbouwing van de fosfaatbestedingsadviezen. Rapport 990, Alterra Wageningen.

Gorter, L., 1998. Ecohydrologische analyse van het schraalgrasland in het Kooibosch. Verslag van een stagiaire bij Staatsbosbeheer regio Noord-Holland; beheerseenheid Schoorl en Bureau Terreinen.

Greenan, C.M., T.B. Moorman, T.C. Kaspar, T.B. Parkin & D.B. Jaynes, 2006. Comparing carbon substrates for denitrification of subsurface drainage water. J. Environ. Qual. 35: 824-829.

Groenendijk, P., J. Pankow & A. van den Toorn, 1997. Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt. Veldonderzoek naar de waterbalans en de uitspoeling van nutriënten. Rapport no. 420.1, Staring Centrum Wageningen.

Hack-ten Broeke, M.J.D. & R.C.M. Merkelbach, 1999. Milieukundige toetsingscriteria voor nieuwvestiging van bloembollenteelt. Rapport 677, Staring Centrum Wageningen.

Hendriks, J.G.L. & J.F.M. Huijsmans, 1995. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatspoeling uit landbouwgronden. Toedieningsmethoden voor ijzerhydroxide op fosfaatverzadigde zandgronden. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.3.

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, 2003. Peilbesluit Callantsoog. Toelichting op peilbesluit.

Hoogheemraadschap van Rijnland. 2006. Peilbesluit en Toelichting Hogeveensepolder Ontwerp versie augustus 2006. Hoogheemraadschap van Rijnland, Team Peilbesluiten.

Hussam, A. & A. Munir. 2007. A simple and effective arsenic filter based on composite iron matrix: Development and deployment studies for groundwater of Bangladesh. J. Environ. Sci. Health Part A 42:1869-1878.

- Khan, A.H., S.B. Rasul, A.K.M. Munir, M. Habibuddowla, M. Alauddin, S.S. Newaz & A. Hussam. 2000. Appraisal of a simple arsenic removal method for groundwater of Bangladesh. *J. Environ. Sci. Health Part A* 35:1021-1041.
- LMB, 2007. Voortgangsrapportage 2005-2006. Landelijk Milieuoverleg Bloembollen, Hillegom. <http://www.kavb.nl/uploads/VGR%2005-06%20digitale%20versie.pdf>
- McDowell, R.W., M. Hawke & J.J. McIntosh, 2007. Assessment of a technique to remove phosphorus from streamflow. *New Zealand J. Agr. Res.* 50:503–510.
- Reijers, N., R. van der Laan & A.M. van Dam, 2001. Grondwaterpeil in de Bollenstreek : studie naar (sub)optimale grondwaterstanden voor bloembollenteelt. Lisse, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector bloembollen. 40 pp.
- Robertson, W.D., D.W. Blowes, C.J. Ptacek & J.A. Cherry, 2000. Long-term performance of in situ reactive barriers for nitrate remediation. *Ground Water* 38: 689-695.
- Royal Haskoning, 2006. Pilot haalbare KRW doelstellingen in het bollengebied Callantsoog. Onderzoek in opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en provincie Noord Holland.
- Ruijter, F.J. de & L.J.M. Boumans, 2005. Waterkwaliteit op open teelt bedrijven en de relatie met bodem- en bemestingsvariabelen. Resultaten van het project Telen met Toekomst 2000-2004. Rapport Telen met Toekomst 0V0501, 40 p. + bijlagen.
- Schoumans, O.F. & H. Köhlenberg, 1995. Onderzoek naar maatregelen ter vermindering van de fosfaatuitspoeling uit landbouwgronden. Mogelijkheden van toediening van aluminium en ijzerverbindingen aan de bodem. Staring Centrum Wageningen, Rapport no. 374.2.
- Schoumans, O.F. & P. Lepelaar, 1995. Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt. Procesbeschrijving van anorganisch fosfaat in kalkrijke zandgronden. Rapport 387.1, Staring Centrum, Wageningen, 110 p.
- Schröder, J.J. & W.J. Corré, 2000. Actualisering stikstof en fosfaat-deskstudies. Rapport 22, Plant Research International Wageningen, 182 pp. + bijl.
- Staatsbosbeheer, 1984. Beheerplan Kooibos Luttickduinen 1984-1994.
- Stuyfzand, P.J. & F. Luers. 1992. Hydrochemie en hydrologie van duinen en aangrenzende polders tussen Callantsoog en Petten KIWA (SWE 92.008) Nieuwegein.
- Verhoeven, C. & J. Blom, 2007. Fosfaatverwijdering zonder chemicaliën. *H₂O* (2007) 21:27-29.

VISTA, 2003. Open Geest - Landschapsonderzoek van het project Revitalisering Open Landschap. Bureau VISTA, Landscape and Urban Design, in opdracht van Samenwerkingsorgaan Duin- en Bollenstreek.

Websites

Denitrificatiesleuf: <http://www.admcoalition.com/Woodbio.pdf>

Arseenfilter:

<http://www.nae.edu/nae/grainger.nsf/weblinks/MKEZ-6XYR4U?OpenDocument>

http://phys4.harvard.edu/~wilson/arsenic/remediation/arsenic_project_remediation_technology.html#SONO

Zuiveringsfilter Leidsche Rijn: www.Zuiveringsfilter.nl

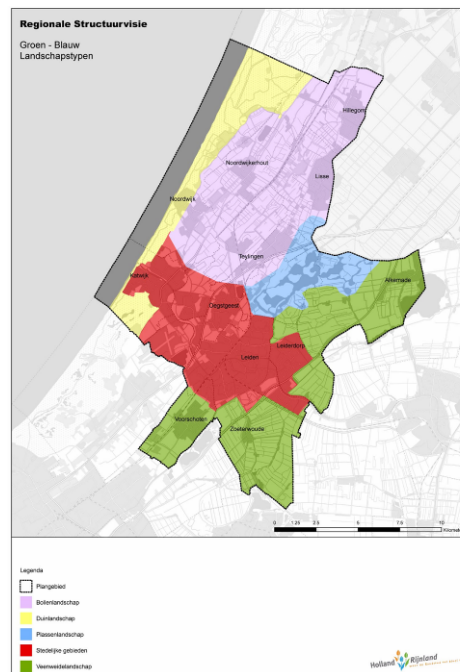
**Bijlage 1 Gebiedsbeschrijvingen Hoogeense polder en polder
Callantsoog**

samenstelling: N. Reijers

GEBIEDSBESCHRIJVING HOGEVEENSE POLDER

De beschrijving is voor een groot deel overgenomen uit het rapport: Peilbesluit en Toelichting Hogeveensepolder *Ontwerp versie augustus 2006*. Hoogheemraadschap van Rijnland, Team Peilbesluiten.

Het peilbesluit voor de Hogeveensepolder is door de verenigde vergadering van het Hoogheemraadschap van Rijnland vastgesteld d.d. 22 februari 1989 en goedgekeurd door GS d.d. 24 oktober 1991 bij besluit nr. DWM 27879. Het peilbesluit is inmiddels verlopen en de Hogeveensepolder maakt daarom onderdeel uit van de inhaalslag peilbesluiten. Bovengenoemd rapport omvat het ontwerp peilbesluit. Onderstaande beschrijvingen hebben betrekking op de huidige situatie.



Ligging

De Hogeveensepolder bevindt zich midden in het Bollenlandschap van de Regio Holland Rijnland in de provincie Zuid-Holland. De polder ligt voor het grootste deel in de gemeente Noordwijkerhout, een klein deel behoort tot de gemeente Lisse. De polder wordt begrensd

door de Delfweg aan de noordzijde, de Schippersvaart aan de zuidzijde, de Leidsevaart in het oosten en de Parallelweg en Herenweg langs de N206 (tussen De Zilk en Noordwijkerhout) in het westen. Dwars door de polder loopt het Steengrachtskanaal (boezemwater) waardoor de polder wordt verdeeld in twee bemalingsgebieden. Ten westen en ten zuiden van de polder ligt een strook boezemland. Ten noorden en ten oosten van de polder liggen respectievelijk de Zilkerpolder en de Lageveensepolder.

De totale oppervlakte van de polder bedraagt 485 ha. De polder is verdeeld over vijf peilvakken (1.04.1.1, 1.04.1.2, 1.04.2.1, 1.04.2.2 en 1.04.2.3). Een deel van het peilvak 1.04.2.3 in de zuidwestelijke hoek van de polder zal worden ontpolderd als gevolg van de bouw van de wijk Mossenest II. (Hoogheemraadschap van Rijnland, 2006)

Landschap

De Hogeveense polder kan beschouwd worden als een voorbeeld van het karakteristieke cultuurlandschap van het duin- en bollengebied (Hoogheemraadschap van Rijnland, 2006). Het landschap kan getypeerd worden als een zanderijlandschap met onvergraven strandvlakten en strandwallen. De belangrijkste ruimtelijke kenmerken van dit landschapstype zijn (VISTA, 2003):

- Langgerekte open ruimten in de oorspronkelijke strandvlakte, tussen de meer verdichte strandwallen met bebouwing en landgoederen
- Duidelijke noordoost-zuidwestrichting, parallel aan de kust
- Zanderijvaarten als belangrijkste structuurlijnen
- Dichte randen in lengterichting, transparante randen haaks daarop
- Bollenteelt op afgezande gronden, grasland op onvergraven strandvlakten
- Doorzichten of vergezichten naar duinen of Groen Hart
- Zichtlijnen naar markante gebouwen (kerktorens) en historische dorps- en stadsgezichten

Het uitgestrekte open bollengebied van Hogeveense polder is ontstaan door het omspuiten van vrijwel al het grasland (in de vroegere strandvlakte) in de jaren zeventig en tachtig van de vorige eeuw (Anonymus, 2006). Het landgebruik in de Hogeveense polder bestaat voornamelijk uit de teelt van bloembollen.

Bodem

Bodemtype

In de Hogeveensepolder komen beekerdgronden en kalkhoudende enkeerdgronden voor, al dan niet in associatie. In een kleine strook in het oosten van de polder komen bovendien beekerdgronden in associatie met madeveengronden voor.

Beekeerdgronden komen voornamelijk voor in de strandvlakten. Het oppervlak aan beekerdgronden wordt echter steeds kleiner, omdat deze worden diegespit of omgespoten voor de bloembollenteelt. De gronden worden dan kalkhoudende enkeerdgronden. In onderstaande tabel staat een korte toelichting op de voorkomende bodemtypen.



Beschrijving bodemtypen (DLO-SC, 1982 en DLO-SC, 1992)

Bodemtype (code)	Beschrijving
Beekeerdgronden (pZg21w)	Beekeerdgronden bestaan uit matig fijn zand en zijn leemarm of zwak lemig. Deze gronden hebben een 20 à 40 cm dikke humusrijke bovengrond met een verhoudingsgewijs hoog organische stofgehalte. Vrijwel overal wordt een 15 tot 40 cm dikke moerige tussenlaag aangetroffen die soms doorloopt tot dieper dan 120 cm. Deze laag veroorzaakt een storing in de verticale doorlatendheid. Beekeerdgronden komen voornamelijk voor in de strandvlakten.
kalkhoudende enkeerdgronden (EZ50A)	Kalkhoudende enkeerdgronden zijn dikke eerdgronden en echte zanderijgronden, bestaande uit matig fijn zand. Plaatselijk kan het zand matig grof zijn. Tot deze gronden behoren ook oude omgespoten of diepgedolven beekkeerdgronden waarbij de storende laag is verdwenen. Oude afgegraven gronden hebben een donkerder profiel dan recenter afgegraven strandwallen. Door het omspitten is een 50 à 90 cm dikke humushoudende bovengrond ontstaan. De meeste van deze gronden hebben een hoog kalkgehalte, hoewel bij de wat oudere gronden al een zekere mate van ontkalking is opgetreden.
Madeveengronden (aVc)	Het kenmerk van madeveengronden is dat de bovengrond bijna geen lutum en leem bevat. Het veen is onder vochtige omstandigheden ontstaan in de strandvlakten en daarna is zand in de bovengrond gewaaid.

Maaiveldhoogte

Voor bepaling van de maaiveldhoogte zijn in maart 2006 door het HHS Rijnland maaiveldhoogtemetingen uitgevoerd door middel van het GPS-RTK-systeem. Er zijn 3 punten per hectare gemeten en op onderbemalingslocaties 6 punten per hectare. Het hoogste gedeelte van de polder bevindt zich langs de westelijke rand van de polder, in de peilvakken 1.04.2.3 en 1.04.2.2. Ook in peilvak 1.04.2.1 bevindt zich een hoger gelegen deel van de polder. De laagste percelen liggen in het oostelijke deel van de polder in peilvak 1.04.2.2. In onderstaande tabel zijn de gemiddelde maaiveldhoogte en de hoogteligging van het hoogste en laagste punt per peilvak aangegeven.



Tabel: Maaiveldhoogtegegevens en maaivelddaling

peilvak	gemiddelde maaiveld- hoogte (m t.o.v. NAP)	minimum (m t.o.v. NAP)	maximum (m t.o.v. NAP)	Standaard -afwijking (m)
1.04.1.1	-0,29	-0,45	0,27	0,08
1.04.1.2	-0,24	-0,40	0,10	0,05
1.04.2.1	-0,17	-0,40	0,48	0,12
1.04.2.2	-0,29	-0,62	0,18	0,11
1.04.2.3	-0,09	-0,31	0,20	0,07

Boorprofielen

In het gebied zijn in peilvak 1.04.3.1 twee boringen uitgevoerd (zie bovenstaande kaart). De resultaten zijn weergegeven in de tabel hiernaast. Van de uitgevoerde boringen zijn de bijbehorende parameters voor zettingsberekening conform de NEN 6740 bepaald. Daarnaast is het standaardprofiel (zand) voor het peilvak beschouwd.

Tabel 3.1: parameters voor zettingsberekening

standaardprofiel			
laagnr.	Bodemsoort	H	C
1	zand	2,5	3000
Grondwaterstand op 0,70 m-mv*			
Boring 1: maaiveld: NAP -0,24 m			
laagnr.	Bodemsoort	H	C
1	zand, zwak siltig, sterk humeus	0,30	450
2	zand, zwak siltig, matig humeus	0,10	450
3	zand, zwak siltig	0,70	450
4	kleiig zand	0,30	19
5	zand, zwak siltig	1,00	450
De grondwaterstand bevindt zich op 0,70 m-mv			
Boring 2: maaiveld: NAP -0,24m			
laagnr.	Bodemsoort	H	C
1	zand, zwak siltig, sterk humeus	0,20	450
2	zand, zwak siltig, matig humeus	0,50	450
3	zand, zwak siltig	0,50	450
4	zand, sterk siltig	0,20	200
5	klei	0,15	15
6	zand	0,55	450
De grondwaterstand bevindt zich op 0,68 m - mv			

*Voor het standaardprofiel is een gemiddelde grondwaterstand aangenomen.

H = de dikte van de laag
C = de samendrukkingconstante

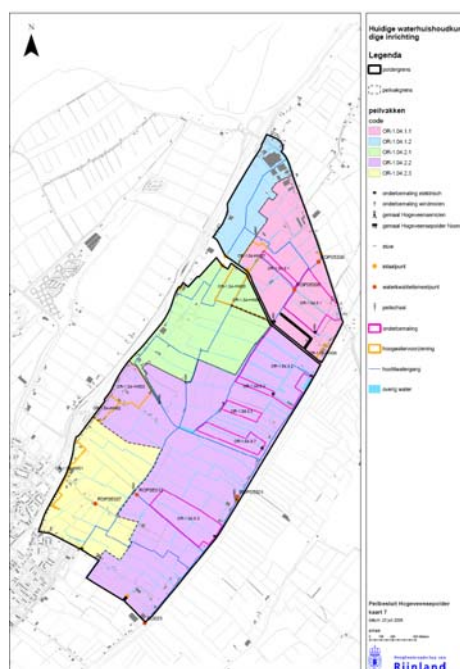
Waterhuishouding

Kaart 7 geeft een overzicht van de huidige waterhuishoudkundige inrichting van de Hoogeveense polder. Op deze kaart zijn naast de gebiedsindeling in peilvakken en de watergangen o.a. ook de poldergemalen, ligging van onderbemalingen en hoog-watervoorzieningen en stuwen aangegeven.

Slootafstand

De gemiddelde slootafstand, berekend met behulp van Google Earth, als gemiddelde van 50 percelen verspreid in de Hoogeveense polder, is 124 m.

In onderstaande tabel is voor de verschillende peilvakken berekend wat het totale oppervlak is, en het aandeel oppervlakte-water hierin.



Tabel: Oppervlaktewater

peilvak	Oppervlakte peilvak (ha)	Oppervlakte water (%)	Oppervlakte water (ha)
1.04.1.1	75	4,39	3,3
1.04.1.2	32	2,58	0,8
1.04.2.1	67	2,82	1,9
1.04.2.2	241	5,18	12,5
1.04.2.3	71	3,25	2,3
Totaal	486	4,28	20,8

Geohydrologische opbouw (BCC, 2006)

Volgens de grondwaterkaart van Nederland (TNO, kaartblad 30-oost) vormt het bovenste watervoerende pakket de eerste eenheid. Van ongeveer NAP -10 m tot NAP -18 m is de eerste slecht doorlatende deklaag te vinden die bestaat uit uiterst fijn zand in combinatie met siltig materiaal. Vanaf NAP -18 m begint het 2e watervoerende pakket bestaande uit grof zand. Op NAP -60 m vormt de 2e scheidende laag de grens tussen het 2e en het 3e watervoerende pakket.

Grondwateronttrekking (BCC, 2006)

In het onderzoeksgebied wordt voornamelijk water onttrokken uit het eerste watervoerend pakket. De onttrekkingen vinden plaats door de drinkwaterbedrijven en de industrie uit de omgeving. Naast de grote onttrekkingen vindt er, verder niet noemenswaardig, particuliere grondwateronttrekking plaats uit het freatische grondwater.

Aan- en afvoer van water

De Hogeveensepolder bestaat uit twee bemalingseenheden. De eerste bevat de peilvakken 1.04.1.1 en 1.04.1.2 en is gelegen ten noorden van het Steengrachtskanaal. De tweede ligt ten zuiden van het Steengrachtskanaal en beslaat de overige drie peilvakken. Afvoer van water uit de bemalingseenheden vindt plaats via respectievelijk het gemaal in peilvak 1.04.1.1 naar het Steengrachtskanaal en de molen in peilvak 1.04.2.2 naar de Leidsevaart. Onderstaande tabel geeft voor alle peilvakken de afwateringsrichting aan. Wateraanvoer kan plaatsvinden via een negental inlaten. Hiervan liggen er 6 in de zuidelijke bemalingseenheid van de polder en 3 in het noordelijke deel. Eén van de inlaten in de zuidelijke bemalingseenheid van de polder is particulier en wordt naar aanleiding van het nieuwe peilbesluit gereguleerd. De inlaten zijn aangegeven op kaart 7.

Tabel: Draaiuren gemalen Noord en Zuid in Hogeveense polder, gemiddelden van 2000-2007

Gemaal	Totaal (uren)	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Noord, gemaal 1.04.1.1	823	102	78	67	52	41	35	23	40	73	74	89	98
Zuid, molen 1.04.2.2	765	112	77	56	39	23	29	10	43	75	84	77	106

Tabel: Afwatering per peilgebied

peilvak	oppervlakte (ha)	Watert af op	dmv	Capaciteit (m ³ /min)
1.04.1.1	75	Boezem	Pompgemaal	17
1.04.1.2	32	1.04.1.1	Stuw	
1.04.2.1	67	1.04.2.2	2 stuwen	
1.04.2.2	241	boezem	Scheprad molen	65,7
1.04.2.3	71	1.04.2.2	2 stuwen	

Peilbeheer

Voor de Hogeveensepolder is het huidige peilbesluit door de Verenigde Vergadering van het Hoogheemraadschap van Rijnland vastgesteld op 22 februari 1989 en goedgekeurd door GS op 24 oktober 1991 bij besluit nr. DWM 27879. De vastgestelde zomer- en winterpeilen staan in onderstaande tabel. Ook de gemiddelde maaiveldhoogte en de daaruit volgende gemiddelde drooglegging per peilvak is in de tabel opgenomen. De drooglegging is gedefinieerd als het hoogteverschil tussen het maaiveld en het waterpeil in de watergangen. Het waterpeil in de watergangen beïnvloedt de grondwaterstand van de omliggende gronden, breedte van de percelen.



De invloed van het oppervlaktewater op het grondwater laat zich zien in de opbolling van het grondwater in een perceel. De hoogte van de opbolling is o.a. afhankelijk van de bodemsoort en De gewenste drooglegging is afhankelijk van het bodemtype en het landgebruik. Op kaart 8 wordt een ruimtelijk beeld gegeven van de drooglegging, waarbij peilafwijkingen niet zijn meegenomen.

Tabel: Peilbesluitpeilen, maaiveldhoogten en daaruit volgende drooglegging

peilvak	oppervlakte (ha)	peilbesluit (m t.o.v. NAP)		gemiddelde maaiveldhoogte (m t.o.v. NAP)	drooglegging t.o.v. peilbesluitpeil (m)	
		Zomer	winter		zomer	winter
1.04.1.1	75,5	-0,80	-0,95	-0,29	0,51	0,66
1.04.1.2	31,7	-0,75	-0,95	-0,24	0,51	0,71
1.04.2.1	72,3	-0,70	-0,95	-0,17	0,53	0,78
1.04.2.2	235,6	-0,80	-0,95	-0,29	0,51	0,66
1.04.2.3	70,7	-0,60	-0,75	-0,09	0,51	0,66

In de verschillende peilvakken in de Hogeveensepolder staan peilschalen. Deze peilschalen worden 1 keer per maand afgelezen. De gemiddelde geregistreerde peilen van de jaren 2003, 2004 en 2005 zijn weergegeven in tabel.

Tabel: geregistreerde peilen en peilafwijkingen

peilvak	gemiddelde geregistreerde peilen (m t.o.v. NAP)		range geregistreerde peilen (zomer)		range geregistreerde peilen (winter)		gemiddelde peilafwijking (cm t.o.v. peilbesluitpeil)	
	zomer	Winter	min	max	min	max	zomer	winter
1.04.1.1	-0,82	-0,92	-0,93	-0,77	-0,96	0,80	--2	+3
1.04.1.2	-0,77	--0,90	-0,85	-0,71	-0,97	-0,75	-2	+5
1.04.2.1	-0,78	-0,89	-0,86	-0,72	-0,95	-0,80	-8	+6
1.04.2.2	-0,83	-0,93	-0,88	-0,76	-1,10	-0,81	-3	+2
1.04.2.3	-0,68	-0,74	-0,81	-0,60	-0,87	-0,62	-8	+1

Uit een vergelijking van de geregistreerde peilen met de peilen uit het peilbesluit kan geconcludeerd worden dat de praktijkpeilen in de zomer lager zijn dan het peilbesluitpeil (alleen het zomergemiddelde voor 2003 is (1 cm) hoger dan het peilbesluitpeil). In de winter zijn de praktijkpeilen steeds hoger dan de peilbesluitpeilen. In peilvak 1.04.2.1 is de afwijking zowel in het zomerseizoen als in het winterseizoen groot, het praktijkpeil in peilvak 1.04.2.3 heeft een grote afwijking ten opzichte van het zomerpeil, het praktijkpeil in peilvak 1.04.1.2 heeft een grote afwijking ten opzichte van het winterpeil. Voor de drooglegging betekent dit voor de actuele situatie dat deze in de zomer groter en in de winter kleiner is dan volgens peilbesluit. De gemiddelde drooglegging is alleen voor peilvak 1.04.2.1 groter is dan de gewenste drooglegging voor bollenteelt (78 cm bij een gewenste drooglegging van 60 – 70 cm). De grotere drooglegging wordt in het gebied echter niet als een knelpunt ervaren. In de overige peilvakken valt de drooglegging binnen de marges van de gewenste drooglegging.

In de Hogeveensepolder komen 6 onderbemalingen voor. De ligging van deze onderbemalingen is weergegeven op kaart 7. In onderstaande tabel is het gemiddelde geregistreerde peil in de onderbemalingen in de jaren 2003-2005 aangegeven. Daarnaast is de gemiddelde peilafwijking ten opzichte van het peilbesluitpeil bepaald en ook weergegeven in de tabel.

Tabel: Gemiddelde peilafwijking onderbemalingen

onderbemaling	oppervlakte (ha)	ligt in peilvak	peilbesluit		gemiddelde geregistreerde peilen 2003-2005 (m t.o.v. NAP)		gemiddelde peilafwijking (cm t.o.v. peilbesluitpeil)	
			zomer	winter	zomer	winter	zomer	winter
1.04.9.1	15,5	1.04.1.1	-0,80	-0,95	-0,92	-1,08	-10	-16
1.04.9.2	24,8	1.04.2.2	-0,80	-0,95	-1,02	-1,05	-19	-12
1.04.9.3	13,8	1.04.2.2	-0,80	-0,95	-1,02	-1,12	-19	-19
1.04.9.4	1,7	1.04.2.2	-0,80	-0,95	-1,03	-1,12	-20	-19
1.04.9.5	2,8	1.04.2.2	-0,80	-0,95	-1,10 *	-1,18 *	-36	-20
1.04.9.7	6,0	1.04.2.2	-0,80	-0,95	-0,88	-0,95	-5	-2

* De gemiddelde peilen zijn in dit geval gebaseerd op de jaren 2001-2003, na 2004 is er niet meer gemeten vanwege het ontbreken van een peilschaal.

In de Hogeveensepolder komen 7 hoogwatervoorzieningen voor. De ligging hiervan is aangegeven op kaart 7. In de maanden juni en juli van 2003 zijn in alle hoogwatervoorzieningen eenmalig de peilen gemeten. In onderstaande tabel zijn de gemeten peilen aangegeven.

Tabel: Gemiddelde peilafwijking hoogwatervoorzieningen

onderbemaling	oppervlakte (ha)	ligt in peilvak	peilbesluit		gemeten peilen (m t.o.v. NAP)
1.04-HW01	2,2	1.04.2.3	-0,60	-0,75	geen meting
1.04-HW02	1,9	1.04.2.2	-0,80	-0,95	0,18
1.04-HW03	8,5	1.04.2.2	-0,80	-0,95	0,09
1.04-HW04	4,9	1.04.2.1	-0,80	-0,95	-0,86
1.04-HW05	4,3	1.04.2.1	-0,70	-0,95	-0,60
1.04-HW06	0,9	1.04.1.1	-0,80	-0,95	0,02
1.04-HW07	0,6	1.04.1.1	-0,80	-0,95	-0,71

Kwel/wegzijing

Door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding is een onderzoek uitgevoerd naar de geohydrologie van west Nederland. Volgens dit onderzoek zijn de kwel en infiltratie in de Hogeveensepolder vrijwel gelijk. Dit wordt bevestigd in een vergelijking van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket en het freatische grondwater op basis van recente gegevens.

2. Is er sprake van kwel in de Hogeveense polder (werkt zowel in perceel en in de sloot)? Zo ja, hoeveel met welke P-concentratie? Igor Hogerwerf: (kwaliteit grondwater meten we niet, maar we schijnen wel wat gegevens hierover te hebben, Wulf Vaarkamp gaat hierover.

Grondwater

De grondwatertrap is gelijk met de bodemgesteldheid geïnventariseerd en wordt ook weergegeven op de bodemkaart (DLO-SC, 1992 en DLO-SC, 1982). De grondwatertrap is een combinatie van een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). De gronden in de Hogeveensepolder vallen allemaal binnen grondwatertrap II. Bij grondwatertrap II ligt de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) minder dan 40 cm beneden maaiveld en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) 50 tot 80 cm beneden maaiveld. De kalkhoudende enkeerdgronden (wel en niet in associatie) vallen binnen de categorie II*, wat aangeeft dat deze gronden een GHG hebben van 25-40 cm beneden maaiveld.

(BCC, 2006): Een belangrijk kenmerk van de zanderijgronden is de zeer geringe grondwater-fluctuatie. Door de grote doorlatendheid van het zand en het constante waterpeil in de watergangen is de grondwaterstand in de zomer marginaal lager dan het waterpeil in de watergang en in de winter iets hoger dan het waterpeil ('holle – en bolle' grondwaterspiegel). Tijdens de veld-inventarisatie is geconstateerd dat het grondwater zich op circa 0,70 m - mv bevond terwijl het waterpeil zich op 0,60 m - mv bevond (boringen zijn gezet in de nabijheid van een watergang). Volgens de isohypsenkaart (TNO grondwaterkaart van Nederland) is de stroming van het freatisch grondwater naar het zuidoosten gericht.

Drainage (Reijers et al., 2001)

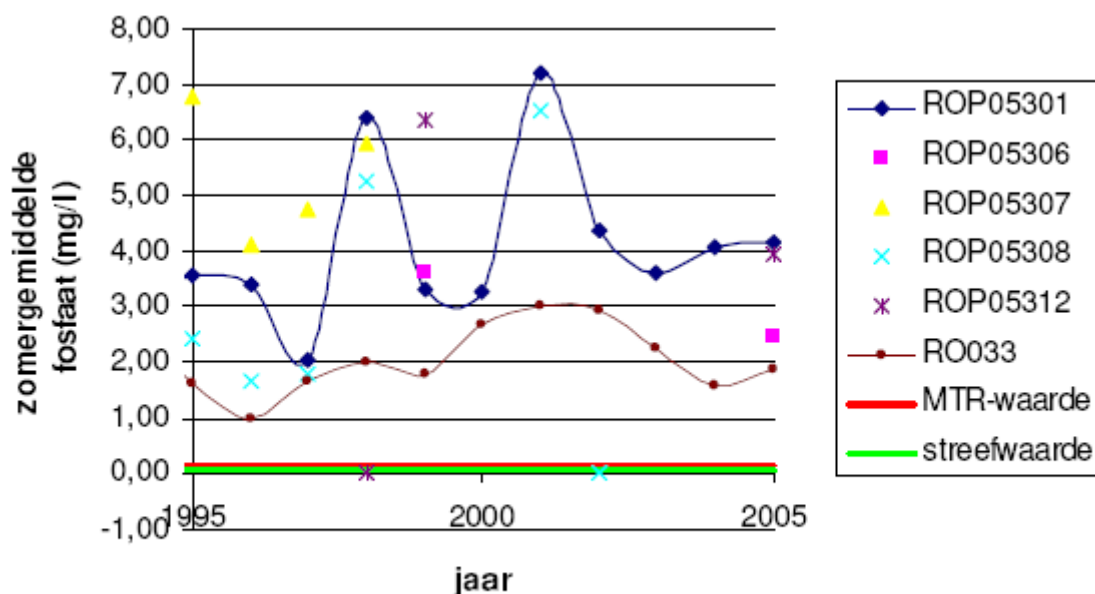
Volgens Herman van der Geest, deskundige op het gebied van drainage in de Bollenstreek kan uitgegaan worden van navolgende situatie:

- 90% van het areaal in de Bollenstreek heeft een vorm van drainage.
- In de praktijk wordt een tussenafstand voor drains gehanteerd van 10 m hart-op-hart voor grof zand gronden en 8 m voor fijn zand (langs de Leidsevaart), fijn zand met kleilagen (rond Noordwijk) en licht venige gronden (rond Keukenhof).

In principe zijn er drie typen drainagesystemen: open drainage, gesloten drainage en bronbemaling. De verdeling naar type drainage systeem in de Bollenstreek is, naar schatting, 30% open drainage, 15% gesloten, 50% bronbemaling en 5% een combinatie van bronbemaling en open drainage. 80% van de drains in de Bollenstreek liggen in een aangebrachte schelpenlaag.

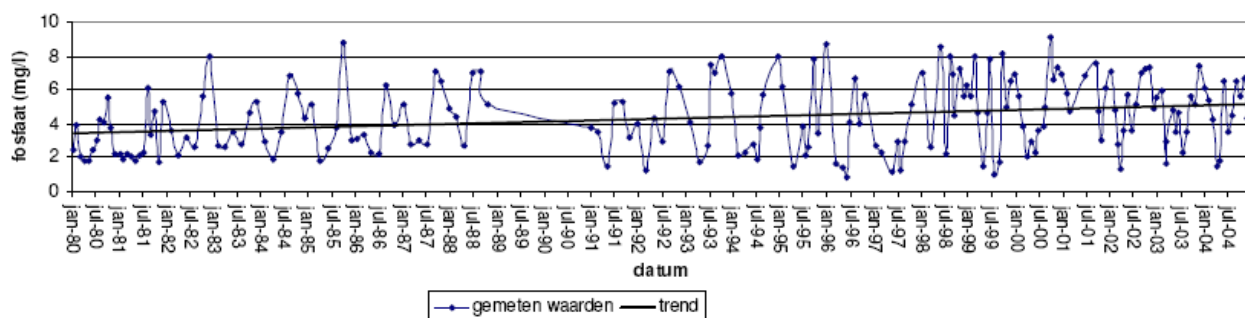
Waterkwaliteit

In de Hogeveensepolder worden op verschillende locaties waterkwaliteitsmetingen verricht. Voor beoordeling van de waterkwaliteit zijn meetpunten geselecteerd met de meest recente waarnemingen. Daarnaast is, indien mogelijk, tenminste één punt in elk peilvak gekozen en in ieder geval de best mogelijke verspreiding van de punten over de polder. De locatie van de gekozen kwaliteitsmeetpunten is weergegeven op kaart 7. Het inlaatwater komt uit de Leidsevaart (boezemwater). Ter vergelijking worden de kwaliteitsgegevens van het meetpunt RO033 in de Leidsevaart ook weergegeven.



figuur 3.2 Fosfaat-concentratie (mg/l)

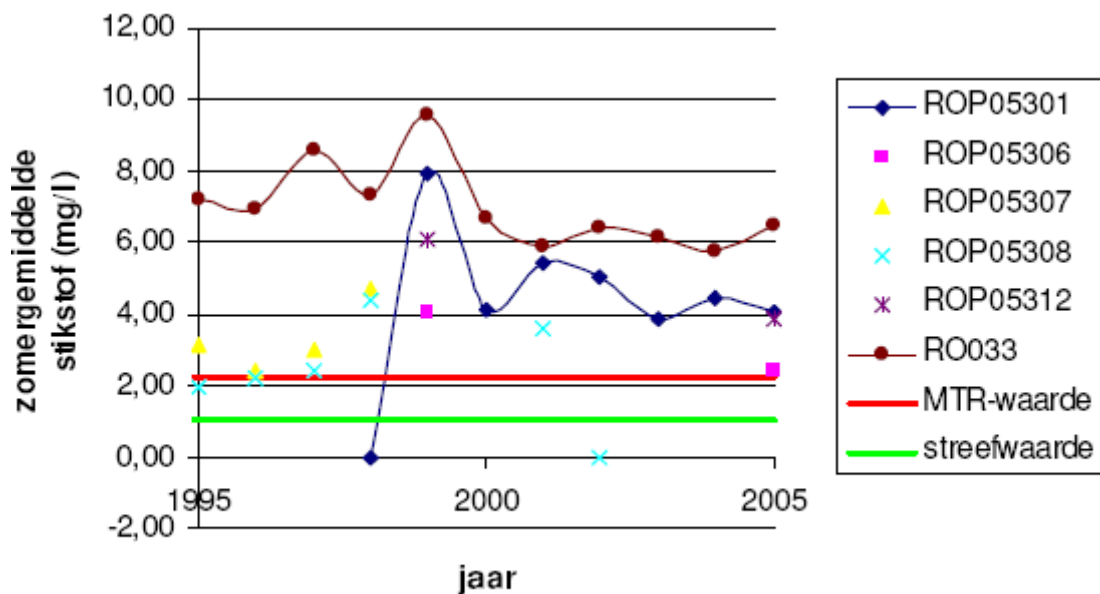
De MTR-norm voor totaal-fosfaat ligt op 0,15 mg P/l. Als de gemiddelde concentratie in de zomer hoger ligt dan deze norm kan het ecosysteem schade ondervinden. De streefwaarde bedraagt 0,05 mg P/l. De gemeten fosfaatgehalten in de Hogeveensepolder zijn variabel en liggen hoog. In 2001 bedroeg het zomergemiddelde zelfs 7,20 mg/l, de laatste jaren ligt dit gemiddelde rond 4 mg/l. Het fosfaatgehalte in de Hogeveensepolder overschrijdt de MTR-waarde de laatste 5 jaar gemiddeld met een factor 30. De fosfaatconcentratie in het boezemwater is lager dan in de polder, maar ligt ook hier vele malen boven de norm.



tabel 5.3 **figuur B4.2** **Trendgrafiek fosfaatgehalte (totaal-P) Hogeveensepolder**

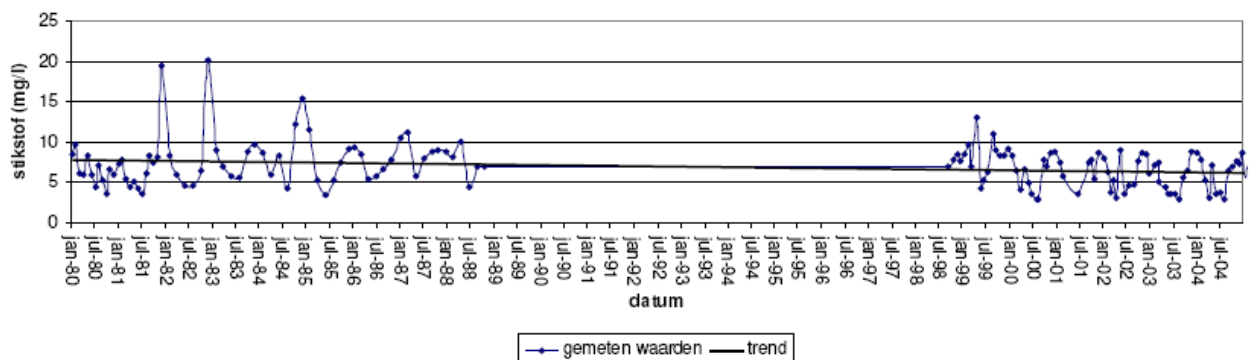
Uit de trendgrafiek (zie bijlage 5) blijkt dat het fosfaatgehalte sinds 1980 is toegenomen. De extreem hoge fosfaatgehalten kunnen worden toegeschreven aan de bollenteelt. De mest die ten behoeve van de teelt van bolgewassen wordt opgebracht, spoelt voor het grootste deel uit. De nutriënten komen in het oppervlaktewater terecht doordat ze in de zandige ondergrond nauwelijks worden gebonden. De uitspoeling domineert andere bronnen en processen zoals nalevering en levering met het inlaatwater.

De MTR-norm voor totaal-stikstof ligt op 2,2 mg N/l. Als de gemiddelde concentratie hoger dan deze norm ligt kan het ecosysteem schade ondervinden. De norm heeft betrekking op het zomergemiddelde. De streefwaarde voor stikstof bedraagt 1,0 mg N/l. De stikstofconcentratie in de Hogeveensepolder voldoet niet aan de MTR-waarde. Er zijn in de afgelopen 5 jaar concentraties gemeten die de MTR-waarde meer dan vier keer overschreden. Op één meetpunt werden in 2005 concentraties gemeten die de MTR-waarde benaderden.



figuur 3.3 Stikstofconcentratie (mg/l)

Voor stikstof laat de trendlijn vanaf circa 1998 een kleine daling zien ten opzichte van de jaren '80. De hoge waarden zijn het gevolg van uitspoeling van stikstof uit de bodem. De belangrijkste bron is net als voor fosfaat de bemesting ten behoeve van de bollenteelt. Een andere bron is het inlaatwater. Uit de figuur blijkt dat de stikstofconcentratie in het inlaatwater hoger is dan in de polder.



tabel 5.4 figuur B4.3 Trendgrafiek stikstofgehalte (totaal-N) Hogeveensepolder

Tabel: Waterkwaliteit 2005 jaargemiddelde (afgeleid van maandelijkse meetgegevens)*

meetpunt	N	NH4	NH3	NO2	P	pH	PO4	S_NO3NO2
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l
ROP05301	5,72	2,63	0,04	0,10	5,27	7,9	4,72	0,82
ROP05306	3,80	2,36	0,03	0,04	2,98	7,8	-	0,21
ROP05312	4,87	1,78	0,02	0,07	4,38	7,9	3,70	0,76

* Bron: Hoogheemraadschap van Rijnland

Tabel: Overzicht van meetpunten in de Hoogeveense polder en de bij behorende beschikbare maandelijkse meetgegevens

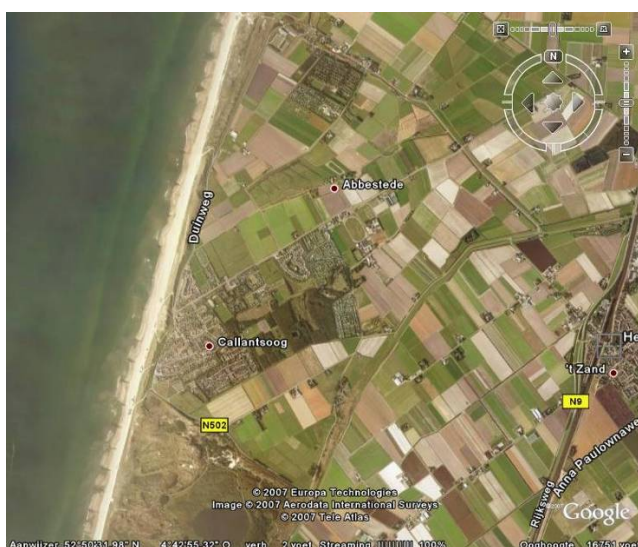
meetpunt	Periodieken
ROP050301	2005t/m1998 (jan-dec), 1997 (jan-nov), 1996 (jan-okt), 1995 (feb-nov), 1994 (geb-dec), 1993 (feb-dec), 1992 (jan-nov), 1991 (jan-nov), 1989 (jan-okt), 1988t/m1986 (jan-nov), 1985t/m1982 (feb-dec), 19981 (jan-dec), 1980 (jan-nov)
ROP050302	1980 (jan-mrt)
ROP050303	1980 (jan-mrt)
ROP050304	1980 (jan-mrt)
ROP050305	1981 (jan-dec), 1980 (apr-nov)
ROP050306	2005 (jan-dec), 1999 (jan-sep), 1998 (okt-dec), 1984 (jan-nov), 1983 (jan-dec), 1982 (jan-dec), 1981 (jul-dec)
ROP050307	1998 (jan-sep), 1997 (jan-dec), 1996 (jan-sep), 1995 (jan-dec), 1994 (okt-dec), 1993 (jan-apr), 1992 (apr-dec)
ROP050308	1998 (jan-sep), 1997 (jan-dec), 1996 (jan-sep), 1995 (jan-dec), 1994 (okt-dec)
ROP050309	1996 (jan-sep), 1995 (jan-dec)
ROP050310	1996 (jan-sep), 1995 (jan-dec)
ROP050311	1996 (jan-sep), 1995 (jan-dec)
ROP050312	2005 (jan-dec), 1999(jan-sep), 1998 (okt-dec)

GEBIEDSBESCHRIJVING CALLANTSOOG

De beschrijving is voor een groot deel overgenomen uit het rapport: Pilot haalbare KRW doelstellingen in het bollengebied Callantsoog. Dit rapport beschrijft een onderzoek naar haalbare doelstellingen KRW in Pilot Polder Callantsoog, uitgevoerd door Royal Haskoning in opdracht van HHNK en provincie NH (Royal Haskoning, 2006).

Ligging

De polder Callantsoog is geheel gelegen in de gemeente Zijpe. De polder bevindt zich in de binnenduinrand in de kop van Noord-Holland. Het wordt begrensd door het Zwanenwater in het zuiden, een smalle duinenrij in het westen, de Oosternollen de Zijperzeedijk in het oosten en de Noord-Schinkeldijk in het noorden. De polder Callantsoog is eigenlijk niet één polder, maar bestaat uit de Zandpolder, Boskerpolder, Jewelpolder en Uitlandsepolder. In deze rapportage wordt het onderzoeksgebied polder Callantsoog genoemd. De polder is ingedeeld in 24 peilgebieden.



Landschap

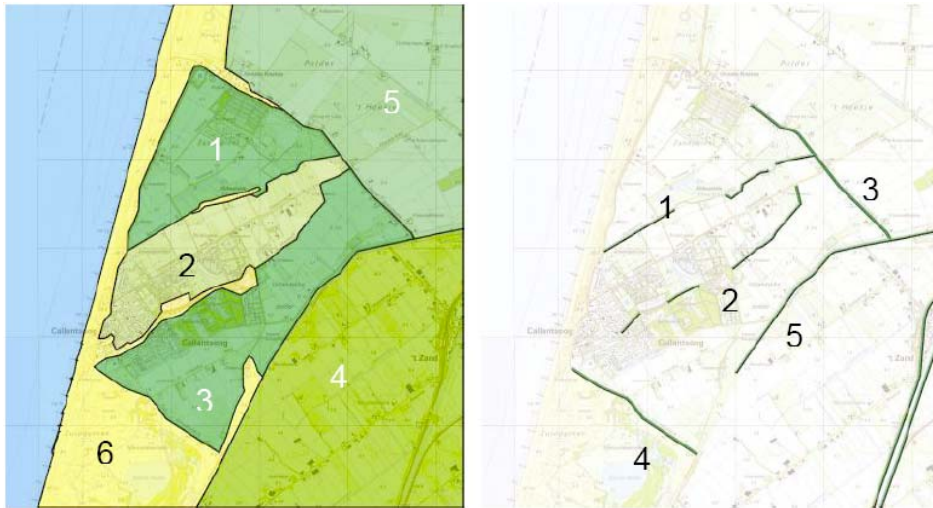
Het grootste deel van de polder wordt gebruikt voor de bollenteelt. Een klein deel van de akkers wordt benut als bouwland. Verspreid in het gebied liggen agrarisch gebruikt graslanden. Verspreid over het onderzoeksgebied liggen een aantal natuurterreinen in eigendom van natuurbeherende organisaties. In de zuidwesthoek van de polder ligt de dorpskern Callantsoog. In het hele gebied liggen verspreid woonerven en boerderijen. Daarnaast zijn in het gebied een aantal grote recreatieterreinen aanwezig.

Tabel: Ruimtegebruik van de diverse functies. (Bron: tabel 4.1, Royal Haskoning, 2006)

Functie	Aantal hectare	%
Bollenteelt	291	37
Akkergebied	26	3
(agrarisch) grasland	93	12
Natuurgebied	168	21
Verhard	80	10
Onverhard stedelijk	103	13
Open water	27	3,4*
totaal	788	<i>*mail Ben Eenkhoorn</i>

Uit Bügel Hajema (2007):

Het gebied wordt gekenmerkt door vroege aandijkingen, die in de huidige structuur nog herkenbaar zijn. De Zandpolder (1), de Jewelpolder (2) en de Uitlandschepolder (3) behoren tot deze aandijkingen. De oorspronkelijke onregelmatige blokverkaveling is in de loop van de tijd aangetast. In de huidige situatie zijn de dijken nog herkenbaar. Doordat sprake is van vroege aandijkingen, is de situering van de dijken sterk verbonden met de ondergrond. Deze oude dijken verbinden duinelementen met elkaar, omdat dit de minst arbeidsintensieve manier was om dijken te realiseren. De Rechtendijk (1) en de Jeweldijk (2) zijn zo ontstaan. De Noord- en Zuidschinkeldijk (3&4) verbinden duinenrijen met de Zijperzeedijk (5).



Indeling van het landschap in duinen en polders *Dijken*

Bodem

Bodemtype

Maaiveldhoogte

In de polder is sprake van relatief grote hoogteverschillen. In grote lijnen loopt het maaiveld af van circa 2,0m +NAP in de zuidwesthoek af naar 1,0m –NAP aan de noordkant. In de polder liggen een aantal nollen die enkele meters boven hun omgeving uitsteken.

Waterhuishouding

Gemiddelde slootafstand, berekend met behulp van Google Earth, gemiddelde van 50 percelen verspreid in de polder Callantsoog: 147 m (Nathalie Reijers)

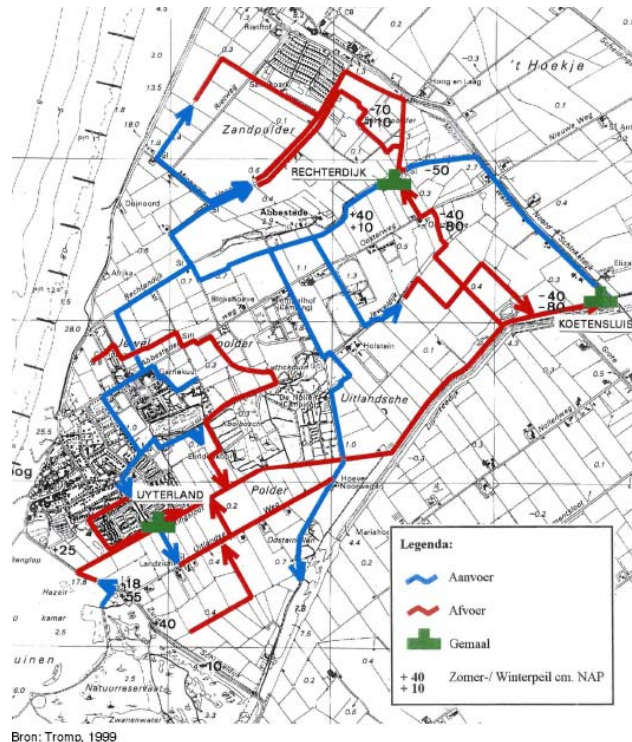
Drainafstand: alleen bekend bij de teler

Geohydrologische opbouw

Grondwateronttrekking

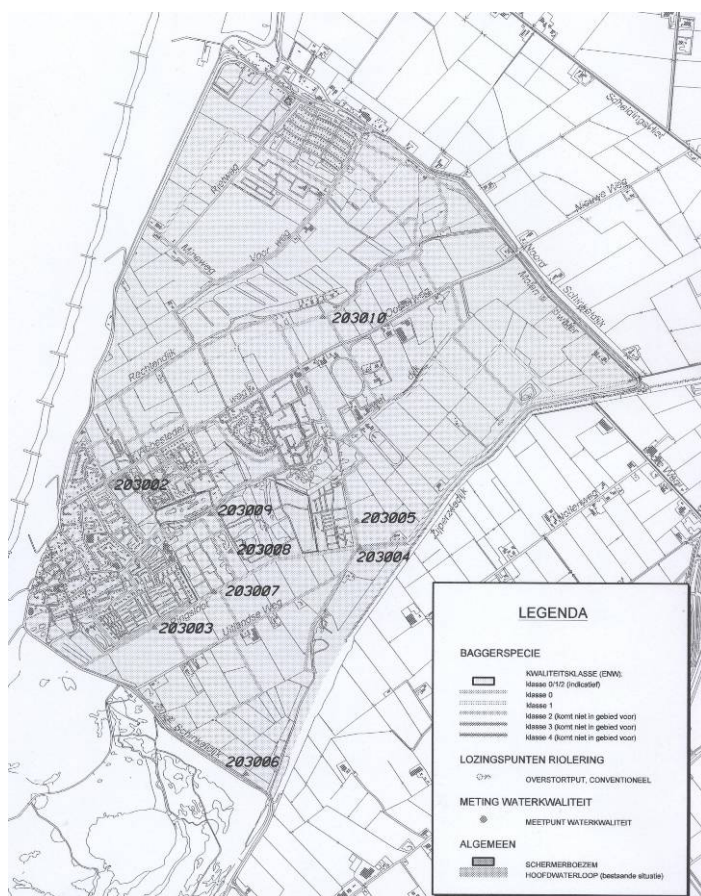
Aan- en afvoer van water

De polder Callantsoog wordt bemalen door twee hoofdgemalen: gemaal Koetensluis en gemaal Rechterdijk. Daarnaast bestaat nog het gemaal Uytterland dat het water opmaalt naar de hoger gelegen peilgebieden ten zuidoosten van de polder. De polder is ingedeeld in totaal 24 peilgebieden en een aantal particuliere bemalingen. Om het oppervlaktewater in alle peilgebieden op het streefpeil in te stellen, zijn in het onderzoeksgebied veel peilregulerende kunstwerken, zoals stuwen, aanwezig. Ook zijn er veel duikers. In natte periodes zonder inlaat wordt het overtollige water uit de Zandpolder en Boskerpolder uitgeslagen door gemaal Rechterdijk. Gemaal Koetensluis bemalt de Jewelpolder en Uitlandse polder.



Het hele jaar wordt water vanuit de Kolk gemalen. In natte periode is dit afkomstig uit de Boskerpolder. Het overtollige water valt vervolgens onder vrij verval in de boezem. In de droge periode wordt water aangevoerd vanuit het Noordhollands Kanaal, dat onderdeel uitmaakt van de Schermerboezem. Het boezemwater wordt via het aanvoerkanal Molenwater aangevoerd naar de Kolk. Het Molenwater staan in open verbinding met het Noordholland Kanaal. Vervolgens wordt het water verdeeld over de Zandpolder, Jewelpolder, Boskerpolder en Uitlandse polder en het dorp Callantsoog. Eén aanvoerstroam voert het water naar de Zandpolder tot tegen de stuifdijk in het westen; onder andere in het gebied met de brakke kwel. Van daaruit gaat het water onder vrij verval naar de Boskerpolder en wordt uitgemalen. Een andere waterstroam wordt geleid door de Jewelpolder en van hieruit naar de peilgebieden van de bebouwde kom en langs het Kooibosch naar de Uitlandse polder. De derde stroom van inlaatwater wordt direct door de Uitlandse polder geleidt. Onder vrij verval stroomt het water naar gemaal Koetensluis, waar het weer op het Molenwater wordt gemalen.

Via een duinrel komt water vanuit het Zwanenwater (natuurgebied) in het oppervlaktewater-systeem van de Uitlandse Polder. In de eerste maanden van het jaar is dat vrij veel. Dit water wordt zoveel mogelijk in het gebied vastgehouden. Dit water wordt geleid naar gemaal Rechterdijk en gebruikt als inlaatwater in plaats van het inlaten van boezemwater. (Hollands Noorderkwartier, 2003). Om de waterkwaliteit in het Kooibosch, graslanden van Abbestede en de natuurgraslanden aan de zuidkant te beschermen tegen de negatieve beïnvloeding van het polderwater, zijn deze gebieden hydrologisch geïsoleerd. De natuurgebieden kennen een hoger peil dan hun omgeving en een flexibel peil is toegestaan. De peilen worden geregeld met een regelbare stuw en inlaten. Indien het peil te sterk daalt, wordt in de natuurgebieden polderwater ingelaten. De natuurbeherende organisaties sturen het inlaten van water.



In het kader van het peilbesluit d.d. 2003 zijn de huidige praktijkpeilen vastgesteld als ontwerppeilen. Deze peilen zijn afgestemd op het grondgebruik. De drooglegging in het agrarische gebied varieert in 24 peilvakken tussen 70 en 120 cm.

Verschillen tussen zomer- en winterpeil liggen in de range van 0-20 cm. Daarnaast zijn er in het gebied een aantal particuliere bemalingen. (Hollands Noorderkwartier, 2003)

Peilbeheer

Kwel/wegzijging

Het gebied Callantsoog is op regionaal niveau een infiltratiegebied, van waaruit het grondwater wegzijgt in de richting van de polder 't Hoekje en de Zijpe- en Hazepolder, die respectievelijk in het noorden en oosten van het onderzoeksgebied liggen. De wegzijging bedraagt gemiddeld 0,11 mm/d.

2. Is er sprake van kwel in de polder Callantsoog (werkt zowel in perceel en in de sloot?)? Zo ja, hoeveel met welke P-concentratie? Ben Eenkhoorn: Dit staat ongetwijfeld in het rapport. Er is, uit mijn hoofd, sprake van lichte kwel of inzijging, afhankelijk van de hoogteligging. De kwaliteit van kwel wordt vrijwel zeker niet gemeten. Dit is een provinciale aangelegenheid (grondwaterbeheerder)

Grondwater

Naast deze regionale grondwaterstroming zijn vijf lokale hydrologische systemen te onderscheiden:

1. In 1995 is aan de noordrand van het Zwanenwater (duinzoom Zwanenwater, Uitlandse Polder) een hydrologische bufferzone aangelegd om verdroging in het natuurgebied Zwanenwater tegen te gaan. In deze gemiddeld 100 m brede zone is het peil opgezet. In deze zone kwelt zoet en schoon kwelwater op vanuit het Zwanenwater.
2. Rond de nollen kunnen zeer lokale grondwaterstromingen voorkomen. Sloten aan de voet van de nollen kunnen onder invloed van zoet kwelwater staan dat op de nollen is geïnfiltrerd. De sloot aan de westrand van de Nollen van Abbestede is hier een voorbeeld van.
3. Aan de westkant van het onderzoeksgebied is de duinenrij/stuifdijk zo smal dat er aan de binnenduinrand weinig grondwater opkwelt. Alleen de duinrandsloot staat hier onder invloed van zoete kwel.
4. Een regionaal hydrologische modelstudie heeft in het onderzoeksgebied geen aantoonbare opwaartse stroming van zout water geconstateerd (Stuyfzand en Leurs, 1992). Toch blijkt uit waterkwaliteitsmetingen en de aanwezigheid van de waterplant *Snavelruppia* (een brak en zilt water-indicator) dat er wel degelijk zeer lokaal sprake is van brakke kwel langs de westelijk gelegen stuifdijk. Het zoute water blijkt ook uit waterkwaliteitsmetingen in 2002 (Royal Haskoning, 2003).
5. Het Kooibosch is een oude kreek. Hier kwelt licht brak water op (Gorter, 1998 en Staatsbosbeheer, 1984).

Drainage

Ben Eenkhoorn: drainafstand: dat is alleen bekend bij de agrariër zelf.

Waterkwaliteit

De polder Callantsoog bevat 9 meetpunten waar de waterkwaliteit wordt bepaald (zie kaart). Voor de nutriënten stikstof en fosfor is het binnen deze studie niet mogelijk gebleken berekeningen aan concentraties te doen. Voor het doel van dat project is het echter voldoende om een globaal overzicht te hebben over de bijdrage van elke bron aan de totale belasting van het oppervlaktewater. Met behulp van beschikbare jaargemiddelde debiet- en waterkwaliteitsgegevens zijn enkele vrachten bepaald. Daarnaast zijn schattingen gemaakt op basis van literatuur. Processen zijn niet meegenomen, omdat deze te locatie afhankelijk zijn en alleen goed in kaart kunnen worden gebracht middels een uitgebreide waterkwaliteitsmodellering. Twee posten zijn wel meegenomen, omdat deze redelijk goed te kwantificeren zijn: de retentie (de hoeveelheid stikstof en fosfor dat achterblijft in het peilvak

door vastlegging en sedimentatie) en de denitrificatie. In natuurlijke systemen liggen beide posten op ongeveer 10 tot 15% van de inkomende vracht. Door het ontbreken van betrouwbare debietgegevens en procesverliezen bleek het niet mogelijk om een schatting te maken van de resultante concentratie van totaal stikstof en totaal fosfor.

Tabel: Waterkwaliteit van 9 meetpunten in het gebied

Meetpunt	totaal fosfaat	totaal stikstof	nitraat+ nitriet	nitraat	ammonium	ortho-fosfaat	pH
	zomergem.	zomergem.	zomergem.	zomergem.	zomergem.	zomergem.	P90
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
135601	0,72	3,53	1,29		0,33		8,1
135602	-	-	-	-	-	-	-
203002	2,27	3,5	0,18		0,4	1,93	7,6
203003	1,75		-	0,05	0,2	1,55	8
203004	-	3,35	0,35	0,25	0,48	2,74	7,7
203005	2,88	3,55	0,12		1,42	2,48	7,8
203006	0,29	1,07	0,08	0,11	0,09	0,17	7,6
203008	1,69	3,99	0,05		0,36	1,34	7,8
203009	2,79	3,32	0,21	0,11	0,7	2,5	7,7
203010	3,07	3,92	0,59	0,41	0,43	2,44	7,8
Streefwaarde	<0,05	<1,0					
MTR	<0,15	<2,2			<0,8		6,5-9,0

Bron: HHNK gemiddelden van jaren 1994-2004, uit tabel Bijlage 3, B 3.2 (Royal Haskoning, 2006).

*Tabel: Invoerparameters voor bronnenberekening**

	Achtergrond belasting	Neerslag	Kwel	Inlaten	Overstorten en riolering	Belasting akkerbouw	Belasting bollenteelt	Belasting agrarisch grasland
	kg/ha/j	mg/l	mg/l	mg/l	kg/j	kg/ha/j	kg/ha/j	kg/ha/j
Ntotaal	2,5	2,4	0,3	4,6	667	80	188	120
Ptotaal	0,5	0,1	0,15	0,8	15	1,5	30	2,5

**De bronnen van de gebruikte invoergegevens worden in bijlage 5, tabel B.5.1 gegeven (Royal Haskoning, 2006)*

Tabel: Resultaat totale vrachten bronnenberekening.

	Totaal stikstof in kg/j	Totaal fosfaat in kg/j	Totaal stikstof in %	Totaal fosfaat in %
Achtergrondbelasting	1970	400	2	3
Neerslag direct	620	30	1	0
Neerslag verhard	1570	70	2	1
Neerslag onverhard	13340	560	14	5
Kwel	0	0	0	0
Inlaat boezemwater	11260	1960	12	16
Overstort riolering	670	15	1	0
Belasting akkerbouw	2080	40	2	0
Belasting bollenteelt	54700	8720	56	73
Belasting grasland	11120	230	11	2
Totaal	97300	12000	100	100%

Bron: tabel 4.3 (Royal Haskoning, 2006)

Opmerkingen bij tabel:

- De belasting van kwel is gelijk aan 0, omdat volgens de waterbalans geen peilvak geheel onder invloed van kwel staat. Het model is niet voldoende gedetailleerd om de smalle kwelzones voldoende in beeld te brengen.
- Het is onzeker of de invoergegevens voor de belasting uit de landbouw betrouwbaar zijn. Er heeft veel onderzoek plaatsgevonden naar uitspoeling bij de diverse teelten. Het was binnen dat project niet mogelijk om een vergelijkend onderzoek te doen naar verschillende aannames bij de diverse onderzoeken en daaruit betrouwbare cijfers te destilleren. Als belasting voor de bollenteelt is uitgegaan van het onderzoek op het modelbedrijf De Noord. Voor de huidige situatie is het bedrijf genomen zoals naar verwachting een gemiddeld bollenteeltbedrijf zal werken in 2003 (Hackten Broeke & Merkelbach, 1999).