



WAGENINGENUR

For quality of life

Onderzoeksproject KRW-pilot bollensector

Vooronderzoek en plan van aanpak

P. Groenendijk
S.A.M. de Kool
B. van der Grift
R.J. Stuurman
G.M.C.M. Janssen



Alterra-rapport 1947, ISSN 1566-7197

Deltares
Enabling Delta Life



In opdracht van Hoogheemraadschap van Rijnland, in samenwerking met Deltares en
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit.

[Projectcode \[5236027-01\]](#)

REFERAAT

Groenendijk, P., S.A.M. de Kool, B. van der Grift, R. J. Stuurman en G.M.C.M. Janssen, 2009. *Onderzoeksproject KRW-pilot bollensector. Vooronderzoek en plan van aanpak*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1947. 125 blz.; 16 fig.; 10 tab.; 35 ref.

Voor de verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater in de Duin- en Bollenstreek is inzicht nodig in de sturende processen. Om dit inzicht te verwerven en om informatie te krijgen over de effectiviteit van kansrijke maatregelen gaat het Hoogheemraadschap van Rijnland een pilot inrichten. De meerjarige pilot zal een aanzienlijke onderzoeksinspanning vergen. In een voorstudie hebben Alterra, Deltares en PPO een inventarisatie uitgevoerd t.a.v. de eigenschappen van het gebied, de waterhuishouding, mogelijke maatregelen en eerder uitgevoerde onderzoeksprojecten waarin de belasting van oppervlaktewater vanuit de bodem wordt gemeten. Na een reeks veldbezoeken is een bedrijf geselecteerd waar vanaf 2010 veldonderzoek kan worden uitgevoerd. Gebaseerd op deze informatie is een globaal meet- en monitoringsplan opgesteld met de aanbeveling om in het eerste kwartaal van 2010 een bemonstering van de bodem en het drainwater uit te voeren om binnen de percelen de meest geschikte locaties aan te wijzen voor de installatie van meetapparatuur.

Trefwoorden: [Kaderrichtlijn Water](#), [bloembollen](#), [maatregelen](#), [waterbeheer](#), [veldonderzoek](#), [metingen](#)

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice

© 2009 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 480700; 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

1	Inleiding	13
2	Gebiedsbeschrijving en waterhuishouding van de Duin- en Bollenstreek.....	17
2.1	Administratieve indelingen	17
2.2	Bodemkundige toestand	18
2.3	Hydrologische gebiedsbeschrijving	18
2.4	Water- en stoffenbalansen van bloembollenpercelen	25
3	Inventarisatie van bedrijfsinformatie en teelt van bloembollen in de Duin- en Bollenstreek	31
3.1	Teelt en representatieve bedrijfsstructuur	31
3.2	Gebruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen	31
4	Maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit	35
4.1	Mogelijke waterhuishoudkundige maatregelen	35
4.2	Mogelijke teeltmaatregelen	39
5	Selectie van de pilotlocatie	41
5.1	Selectiecriteria	41
5.2	Beschrijving van de voorgestelde pilotlocatie	42
6	Onderzoeks- en meettechnieken.....	45
6.1	Inventarisatie van onderzoekslocaties met hydrologische en bemestingsmaatregelen	45
6.2	Interpretatie en effectvoorspelling met rekenmodellen	49
6.2.1	Gedetailleerd modelinstrumentarium	49
6.2.2	Vereenvoudigd modelinstrumentarium	51
7	Plan van aanpak installatie en meetcampagne.....	53
7.1	Onderzoekslocatie	53
7.1.1	Veldverkenning	54
7.1.2	Onderzoeksfase	55
7.2	Voorgestelde maatregelen voor de pilot	62

7.3 Globale kostenraming	64
8 Communicatie	65
8.1 Stakeholderanalyse	65
8.2 Informeren stakeholders	69
8.3 Betrekken stakeholders	69
8.4 Uitwisseling kennis en ervaring	69
9 Conclusies en aanbevelingen.....	71
Literatuur	73
Bijlage 1 Legenda bodemeenheden.....	77
Bijlage 2 Kaartinformatie met hydrologische kenmerken	79
Bijlage 3 Beschrijving onderzoeksprojecten	85
Polder de Noordplas	85
Hupselse Beek (Dynaqual)	91
Projectplan peilgestuurde drainage Rijn en IJssel	95
Onderzoeksvoorstel Waterkwaliteitseffecten Peilgestuurde Drainage Provincie Zeeland	96
Waardenburg (DOVE-Klei)	100
Vlietpolder (Veenweideproject Rijnland / DOVE – Veen)	103
Project Emissies in de bloembollenteelt (1992-1996)	106
Project Bemestingsvrije Perceelsranden (bufferstroken)	117
Inventarisatie van innovatieve meet- en monitoringstechnieken	123

Woord vooraf

Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft het voornemen in de Duin- een Bollenstreek een pilot te starten waarin de waterkwaliteit wordt verbeterd door het treffen van maatregelen. Om de effectiviteit van maatregelen vast te kunnen stellen is informatie nodig over de water- en stofstromen die het oppervlaktewater kunnen belasten en over de “stuurbaarheid” van deze water- en stofstromen.

Aan de betrokkenheid van de sector wordt hoge waarde toegekend. Eén van de doelen van de pilot is namelijk om in de toekomst, samen met telers, maatregelen die effectief en kostenefficiënt gebleken zijn, in de streek verder door te voeren.

Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft Alterra, Deltares en P.P.O. (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit) gevraagd een vooronderzoek uit te voeren waarin een onderzoeklocatie wordt geselecteerd, informatie over mogelijke maatregelen wordt beschreven en een plan van aanpak wordt opgesteld.

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode april – oktober 2009 en is begeleid door het Hoogheemraadschap van Rijnland en de KAVB. In de werkgroep hadden zitting:

Mw. Aafke Krol	Hoogheemraadschap van Rijnland (projectleider Pilot)
Dhr. Jos van Rooden	Hoogheemraadschap van Rijnland
Mw. Anne Kuiten	Hoogheemraadschap van Rijnland
Dhr. Piet Groenendijk	Alterra (projectleider vooronderzoek)
Mw. Stefanie de Kool	Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit
Dhr. Bas van der Grift	Deltares – TNO
Dhr. Roelof Stuurman	Deltares – TNO
Dhr. Jan van Aartrijk	KAVB
Dhr. Martien Zandwijk	KAVB
Dhr. Frans van Houts	KAVB

Tijdens het vooronderzoek zijn met vijf telers gesprekken gevoerd en zijn er veldbezoeken afgelegd. Dit heeft geresulteerd in de keuze voor een onderzoekslocatie zoals beschreven is in dit rapport. Zij allen worden bedankt voor hun bereidwilligheid en positief en kritisch mee te denken. Dank aan Aafke Krol voor haar actieve bijdrage aan de totstandkoming van het rapport.

Wageningen, november 2009.

Samenvatting

De waterkwaliteit in de Duin- en Bollenstreek voldoet op veel plaatsen niet aan de normen, maar het gebied behoort niet tot de prioritaire KRW-gebieden. Voorlopig zullen dan ook geen grootschalige KRW-maatregelen worden uitgevoerd. Om de haalbaarheid van KRW-doelen bespreekbaar te maken is kwantitatieve informatie nodig t.a.v. de werking van het hydrologisch systeem, de mate waarin de belasting van het oppervlaktewater is te beïnvloeden door maatregelen en de mogelijke gevolgen van bron- en effectgerichte maatregelen voor de waterkwaliteit. De informatie wordt ingebracht in discussies met verschillende overheden (derogatie, aanvullende maatregelen, of een combinatie van beiden).

Het mestbeleid leidt tot problemen voor de bollensector. Het op peil houden van een minimaal organische stofpercentage in duinzandgronden met organische meststoffen legt een fors beslag op de ruimte die de gebruiksnormen bieden, zonder dat deze nutriënten aan de plant ten goede komen. Een verdere verlaging van de normen zal tot brede problemen leiden bij het handhaven van het organische stofgehalte. Het is duidelijk dat de organische stofproblematiek aandacht verdient bij het verder zoeken naar effectieve maatregelen gericht op het halen van KRW-doelen.

Om op dergelijke vragen antwoorden te kunnen geven, gaat het Hoogheemraadschap van Rijnland een pilotlocatie inrichten waar veldonderzoek zal worden verricht. In deze studie is de samenwerking met en het draagvlak van de sector van groot belang.

De pilot moet antwoord geven op de volgende onderzoeksvragen:

1. Hoe ziet de water- en stoffenbalans eruit van een gemiddelde bollenpolder, welke termen zijn wel of niet stuurbaar?
2. Welke maatregelen zijn effectief en bedrijfseconomisch verantwoord?

De pilot vergt een aanzienlijke onderzoeksinspanning. Een zorgvuldige keuze voor een onderzoekslocatie en een uitgebalanceerd meet- en monitoringsprogramma is daarom van groot belang.

Aan de pilotlocatie worden eisen gesteld t.a.v. de herkenbaarheid voor de bloembollensector, de representativiteit t.a.v. teelt-, bodem- en hydrologische eigenschappen en de mogelijkheid om heldere conclusies uit de resultaten van de pilot te kunnen trekken. Veranderingen in de stoffenhuishouding als gevolg van veranderingen in het verleden mogen geen overheersende rol spelen in de trends die zich zullen voordoen na het nemen van maatregelen.

In de Duin- en Bollenstreek is ongeveer de helft van het areaal ontwaterd door middel van “bemalen drainage” en de andere helft met drainbuizen die al of niet in een verzameldrain of direct in het oppervlaktewater uitkomen.

Enkele metingen uit het landelijke grondwater meetnet geven aan dat relatief hoge fosfaatconcentraties worden aangetroffen in het diepere grondwater. De herkomst

van dit fosfaat kan niet aan de landbouw worden toegeschreven. De meeste metingen in de periode 2000 – 2005 in het boezemwater en het polderwater laten een N-concentratie zien tussen 3,3 en 6,6 mg l⁻¹. De meeste meetpunten hebben een P-concentratie hoger dan 0,75 mg l⁻¹.

In de Duin- en Bollenstreek wordt jaarlijks ongeveer 2200 ha beteeld met bloembolgewassen, waarvan bijna 540 hectare met hyacinten. De gewassen hyacint, narcis en tulp beslaan gezamenlijk driekwart van het areaal en daarnaast wordt een scala aan andere bloembolgewassen geteeld. De teelt van hyacint is al jaren de basis van de bloembollensector in de Duin- en Bollenstreek, maar is alleen mogelijk met een vruchtwisseling van minimaal 1 op 5 jaar vanwege grondgebonden ziekten. Vaste planten passen, naast dahlia's, tulpen en narcissen, goed in een vruchtwisseling met hyacinten. Dit is de reden voor de sterke wisselwerking tussen bloembollenteelt en vaste plantenteelt in de streek. In vergelijking met de rest van Nederland kenmerkt de bloembollenteelt in de streek zich nog door een relatieve kleinschaligheid. De gemiddelde bedrijfsoppervlakte bedraagt 8 ha.

Op dit moment is het stelsel van gebruiksnormen van kracht waarbij de aanvoer van dierlijke mest, werkzame stikstof en fosfaat wordt beperkt. Dit heeft geresulteerd in een sterke afname van de aanvoer, maar blijkt nog onvoldoende effect te hebben op het verminderen van de emissie. Het stelsel van gebruiksnormen is sterk beperkend voor de aanvoer van organische stof. Dit is een groot zorgpunt van de bloembollensector in de Duin- en Bollenstreek.

Van de maatregelen waarvan verwacht wordt dat ze een grote milieuwinst kunnen opleveren scoort het gebruik van mineraalarme organische mest het hoogst. Deze maatregel wordt tezamen met de plaatsing van fosfaatmeststoffen in de wortelzone ook als het meest kosteneffectief beschouwd. Een optimale plaatsing van fosfaatmeststoffen in de wortelzone en een goede afstelling van de kunstmeststrooier heeft het hoogste draagvlak onder bollentelers.

De speelruimte om te variëren met waterpeilen is minimaal in de bollenteelt. Een maatregel waarin drainbuizen dieper en op kleinere afstand worden geplaatst heeft wel potentie, indien een optimale ontwatering en watervoorziening maar gewaarborgd blijven. Het draagvlak voor zuivering van water in een perceels- of kavelsloot en in zuiverings-units bij uitslagpunten en gemalen is veel groter dan voor eventuele maatregelen op of binnen het perceel.

Op basis van een reeks criteria en informatie verkregen uit veldbezoeken is het bedrijf van de fa. Bisschops geselecteerd als pilotlocatie. Op dit bedrijf zijn relatief eenvoudig meetopstellingen te installeren. Gezien de eutrofiëringsgraad van het oppervlaktewater wordt verwacht dat een maatregel ook een zichtbaar effect kan hebben. Gebaseerd op de informatie van het bedrijf en van andere onderzoeksprojecten waarin veldstudies zijn uitgevoerd is een globaal meet- en monitoringsplan opgesteld. Aanbevolen wordt om in het eerste kwartaal van 2010 een bemonstering van de bodem en het drainwater uit te voeren om binnen de

percelen de meest geschikte locaties aan te wijzen voor de installatie van meetapparatuur.

1 Inleiding

Voor de verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater in de Duin- en Bollenstreek is inzicht nodig in de sturende processen. Het Hoogheemraadschap van Rijnland overweegt om samen met partners in de streek een pilot in te richten om inzicht te verwerven in de invloeden op de waterkwaliteit en de gevolgen van kansrijke maatregelen. De pilot moet antwoord geven op de volgende onderzoeksvragen:

1. Hoe ziet de water- en stoffenbalans eruit van een gemiddelde bollenpolder, welke termen kunnen worden beïnvloed en welke termen kunnen niet worden beïnvloed door menselijk handelen;
2. Hoe is de bedrijfsvoering van een bloembollenbedrijf tot een milieutechnisch optimaal niveau te brengen binnen economische randvoorwaarden en hoe is het watersysteem zodanig in te richten dat milieuemissies worden geminimaliseerd en bollenteelt rendabel is.

De pilot zal een aantal jaren gaan duren en zal een aanzienlijke onderzoeksinspanning vergen. Het is dus belangrijk om de pilotlocatie zorgvuldig te kiezen en een uitgebalanceerd meet- en monitoringsprogramma op te stellen. Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft aan Alterra verzocht een offerte uit te brengen voor een voorstudie waarin beschikbare informatie wordt geïnventariseerd, een proeflocatie wordt geselecteerd en een meet- en monitoringsplan wordt opgesteld.

Aan de pilotlocatie worden een aantal eisen gesteld. De representativiteit is een belangrijke eis, omdat de resultaten overtuigingskracht voor verschillende partijen moet hebben. De bloembollentelers moeten zich voldoende herkennen in de fysieke omstandigheden van de locatie en de voorgestelde maatregelen moeten op een dergelijke locatie praktisch uitvoerbaar zijn. De waterbeheerders moeten vertrouwen hebben dat de waterhuishoudkundige omstandigheden en de eventuele rol van achtergrondbelasting van het oppervlaktewater met nutriënten representatief is voor grotere delen van de Duin- en Bollenstreek. Verder is het van belang de recente veranderingen op de locatie in beschouwing te nemen, om heldere conclusies uit de resultaten van de pilot te kunnen trekken. Veranderingen in de stoffenhuishouding als gevolg van historische veranderingen zijn soms niet te vermijden, maar mogen geen overheersende rol spelen in de trends die zich zullen voordoen na het nemen van maatregelen.

Achtergrond

De Duin- en Bollenstreek behoort niet tot de prioritaire KRW-gebieden. Voorlopig zullen geen grootschalige KRW-maatregelen worden uitgevoerd. Om de haalbaarheid van KRW-doelen bespreekbaar te maken met de EU is kwantitatieve informatie nodig t.a.v. de werking van het hydrologisch systeem en de mogelijke gevolgen van

bron- en effectgerichte maatregelen voor de waterkwaliteit. In deze verkenning is samenwerking met en draagvlak van de sector van groot belang.

De uitkomsten van de pilot dienen als basis om te bepalen welke gevolgen de KRW heeft op de Duin- en Bollenstreek en welke aanvullende maatregelen technisch en economisch mogelijk zijn om de waterkwaliteit te verbeteren. De informatie wordt ingebracht in discussies met verschillende overheden (derogatie, aanvullende maatregelen, of een combinatie van beiden).

In het begin van de jaren negentig is door een groep onderzoeksinstituten de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen in de bloembollenteelt onderzocht. De resultaten van dit onderzoek hebben bijgedragen aan het inzicht dat de uitspoeling via bodemroutes één van de oorzaken is van de normoverschrijding van stoffen in het oppervlaktewater. (Van Aartrijk *et al*, 1995; Groenendijk *et al*, 1997). Een andere bron van oppervlaktewatereutrofiëring kan zijn de achtergrondbelasting door kwel of door uitloging van natuurlijke sedimenten.

In de Duin- en Bollenstreek vindt bollenteelt plaats op duinzandgronden. Duinzand legt in vergelijking met andere grondsoorten beduidend minder fosfaat vast (Ehlert *et al*, 2004). Bij een relatief lage P-concentratie wordt al maximale vastlegging bereikt. Gezien de van oudsher ruime aanvoer van stalmest, zijn de meeste gronden in de streek fosfaatverzaaid en zal aanvoer van fosfaat tot uitspoeling leiden. Door de grove textuur met relatief lage organische stofgehalten is ook de bindingscapaciteit voor stikstof laag.

Het mestbeleid leidt tot problemen voor de bollensector. Het op peil houden van een minimaal organische stofpercentage in duinzandgronden met organische meststoffen legt een fors beslag op de ruimte die de gebruiksnormen bieden, zonder dat deze nutriënten aan de plant ten goede komen. Een verdere verlaging van de normen zal tot brede problemen leiden bij het handhaven van het organische stofgehalte. Het is duidelijk dat de organische stofproblematiek aandacht verdient bij het verder zoeken naar effectieve maatregelen gericht op het halen van KRW-doelen.

In de Duin- en Bollenstreek is sinds 1996 het Pact van Teylingen van kracht en zijn sindsdien een aantal natuurontwikkelingsprojecten gerealiseerd. Het regionale grondwaterstromingspatroon is hierdoor gewijzigd. Door TNO is onderzoek gedaan naar de kwaliteit van kwelwater in West Nederland (Griffioen *et al*, 2002) en naar de invloed van regionale grondwaterstroming op grondwaterstanden in de Zuidelijke Bollenstreek.

Het Hoogheemraadschap van Rijnland heeft samen met enkele instellingen, waaronder Alterra en TNO onderzoekservaring opgebouwd met de Vlietpolder-pilot waarin op perceel- en op polderniveau water- en stoffenbalansen zijn opgesteld.

De nadruk in de pilot zal liggen op nutriënten. Vooral de uitspoeling van fosfaat is een belangrijk probleem. De gewasbeschermingsmiddelen krijgen ook aandacht

i.v.m. mogelijke afwenteling of effecten van maatregelen op deze middelen. Echter, er worden geen maatregelen specifiek op bestrijdingsmiddelen ingezet.

Leeswijzer

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 en 3 een beschrijving gegeven van de fysieke omstandigheden en de bloembollenteelt in Duin- en Bollenstreek. Deze informatie is bedoeld om een beeld te vormen van de representativiteit van de pilot-locatie voor de streek. Hoofdstuk 4 behandelt mogelijke maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit, aangezien het onderzoek in de pilot zich zal gaan richten op de bepaling van de effectiviteit van maatregelen.

Op basis van deze informatie en de gestelde selectiecriteria is een bedrijf gevonden dat het beste aan de criteria voldoet en dat medewerking wil verlenen aan het onderzoek (hoofdstuk 5).

In hoofdstuk 6 wordt algemene informatie gegeven over de onderzoek- en meettechnieken in onderzoeksprojecten waarin de invloed van landgebruik, bemesting en ontwatering op de oppervlaktewaterkwaliteit wordt onderzocht. In dit hoofdstuk wordt eveneens aandacht besteed aan modellen en tools om de gegevens te helpen interpreteren.

Op basis van de informatie van het geselecteerde onderzoeksperceel en de ervaring van andere onderzoeksprojecten is een plan van aanpak opgesteld in hoofdstuk 7. Tevens is de informatie van mogelijke maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit, zoals besproken met de teler, opgenomen.

Aangezien het project met veel belanghebbenden te maken heeft en zal krijgen is een in hoofdstuk 8 een stakeholder-analyse uitgevoerd en zijn aandachtspunten voor de communicatie over dit project op papier gezet. Tot slot worden in hoofdstuk 10 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Gebiedsbeschrijving en waterhuishouding van de Duin- en Bollenstreek

2.1 Administratieve indelingen

Het zoekgebied voor de Pilot in de Duin en Bollenstreek betreft de bollengronden in de gemeentes Heemstede, Hillegom, Haarlemmermeer, Noordwijk, Lisse, Katwijk, Noordwijkerhout, Teylingen, Oegstgeest en Wassenaar.

Duin- en Bollenstreek

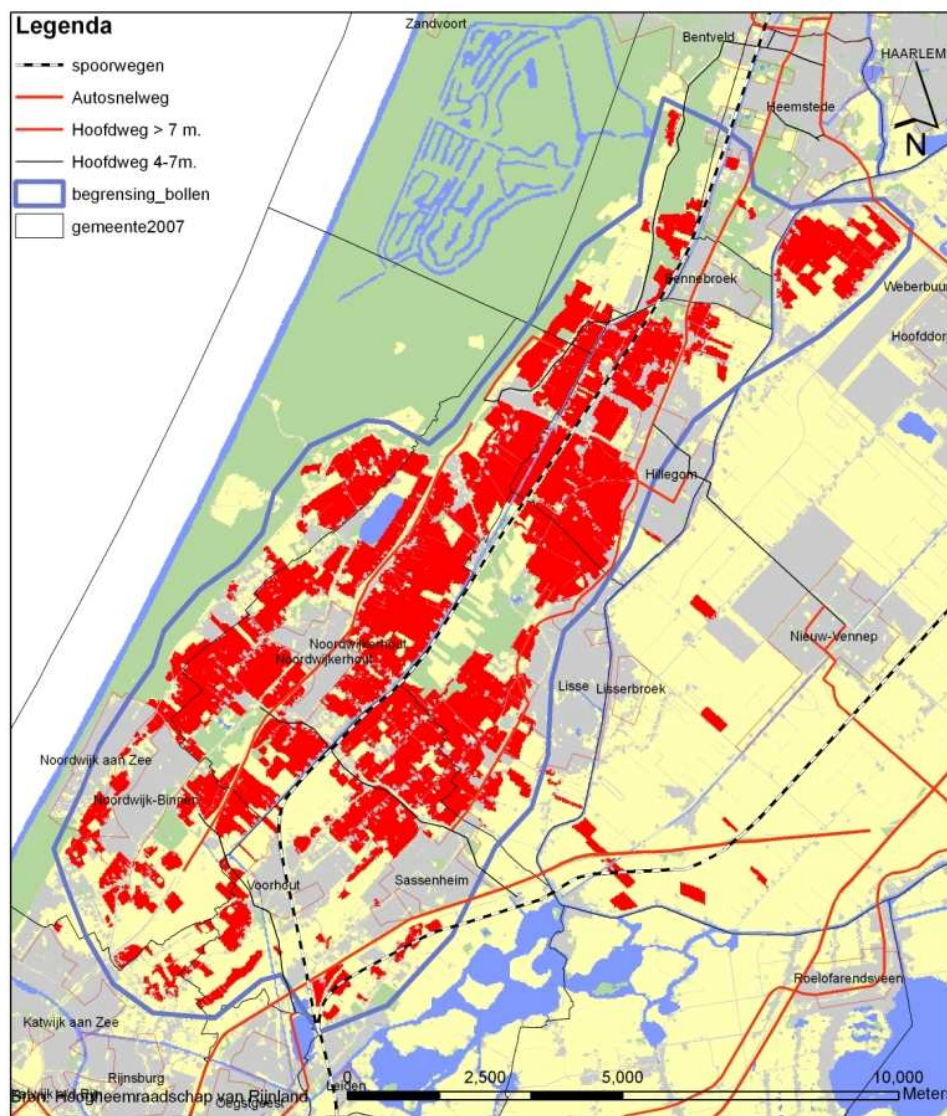


Fig. 1 Begrenzing van de Bollenstreek, waarin tevens gemeentegrenzen zijn aangegeven. Rode percelen zijn bollen.

Vanwege de representativiteit ligt een pilot-locatie in de centraal liggende gemeentes in de Duin- en Bollenstreek het meest voor de hand. Figuur 1 toont een kaart van het

gebied, met een ruimere begrenzing dan alleen voor de Duin- en Bollenstreek, ter verdere oriëntatie en om de samenhang met andere watersystemen in beeld te brengen. Tevens zijn in deze figuur de grenzen van de Duin- en Bollenstreek aangegeven.

2.2 Bodemkundige toestand

De bodemkaart van de Duin- en Bollenstreek met schaal 1:50.000 is weergegeven in figuur 2. De zandgronden in de duinstreek bestaan voornamelijk uit kalkhoudende vlakvaaggronden met matig fijn zand (Zn50A) en kalkhoudende duinvaaggronden met fijn zand (Zd20A). Naar het oosten worden kalkhoudende enkeerdgronden met matig fijn zand gevonden. Rond de Kagerplassen komen leemarme en zwak lemige, fijn zandige beekerdgronden voor. In bollengronden worden de grondwaterstanden gekenmerkt door een sterke beheersing van het hydrologisch systeem door menselijk handelen. Door peilbeheer, bemaling en wateraanvoer wordt de grondwaterstand op gewenste niveaus gebracht en treedt weinig natuurlijke variatie op.

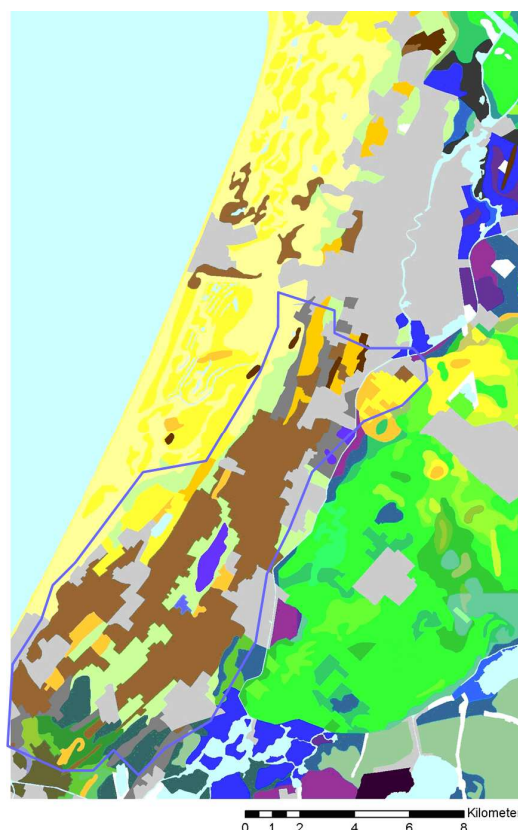


Fig. 2 Bodemkaart 1:50 000 van de Duin- en Bollenstreek. (legenda is gegeven in aanhangsel 1)

2.3 Hydrologische gebiedsbeschrijving

In bijlage 2 zijn de volgende kaarten opgenomen: hoogtekaart, landgebruikkaart, kwel en wegzijging (wintersituatie), drooglegging (zomer- en wintersituatie).

Figuur 3a en 3b geeft het kwel- en infiltratiepatroon in de Bollenstreek voor de zomersituatie en de wintersituatie. Dit patroon kenmerkt zich door een afwisseling van wegzijging en kwel vanaf de kust landinwaarts. In de duinstreek is uiteraard sprake van wegzijging. Dit water kwelt in de zonde direct hiernaast. Vervolgens is er weer een gebied van lichte wegzijging ongeveer over de dorpen Voorhout, Sassenheim, Lisse en Hillegom. Verder landinwaarts liggen de diepe polders,

natuurlijk de Haarlemmermeer maar ook de kleinere Poelpolder en Rooversbroek polder zijn vrij diep. Hier is sprake van kwel.

In de westelijke zone van de Bollenstreek is dus sprake van kwel. Dit bij de duinen kan deze kwel behoorlijk groot zijn (tot ongeveer 0,5 mm/dag) maar deze neemt landinwaarts snel af. In de meer oostelijke zone van de Bollenstreek is meestal sprake van infiltratie.

Chardon *et al*, (2008) meldt dat op basis van een persoonlijke mededeling van H. van der Geest te Hillegom de verdeling naar het type drainagesysteem in de Bollenstreek wordt geschat op:

- 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% "*bemalen drainage*" 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. één derde deel van het drainagewater via afzonderlijke drainbuizen in de sloot komt, de overige tweederde komt via een verzamelleiding in de sloot terecht.

Figuur 4 geeft een overzicht van de peilvakken, polderpeilen, waterlopen, en gemalen. In de Bollenstreek liggen de peilen rond NAP. Vanaf de duinen richting binnenland liggen de peilen steeds dieper. Verder zijn in de Bollenstreek een groot aantal gemalen aanwezig. Een aantal bollentelers heeft namelijk een vergunning voor een onderbemaling waarmee een optimaal peil voor bollenteelt kan worden gerealiseerd.

Figuur 5 geeft de ligging van de meetpunten voor grondwaterstanden en grondwaterkwaliteit. De meetpunten oppervlaktewater (kwaliteit en kwantiteit) zijn aangeleverd door Rijnland. De meetpunten grondwater (kwaliteit en kwantiteit) zijn ontleend aan DINO.

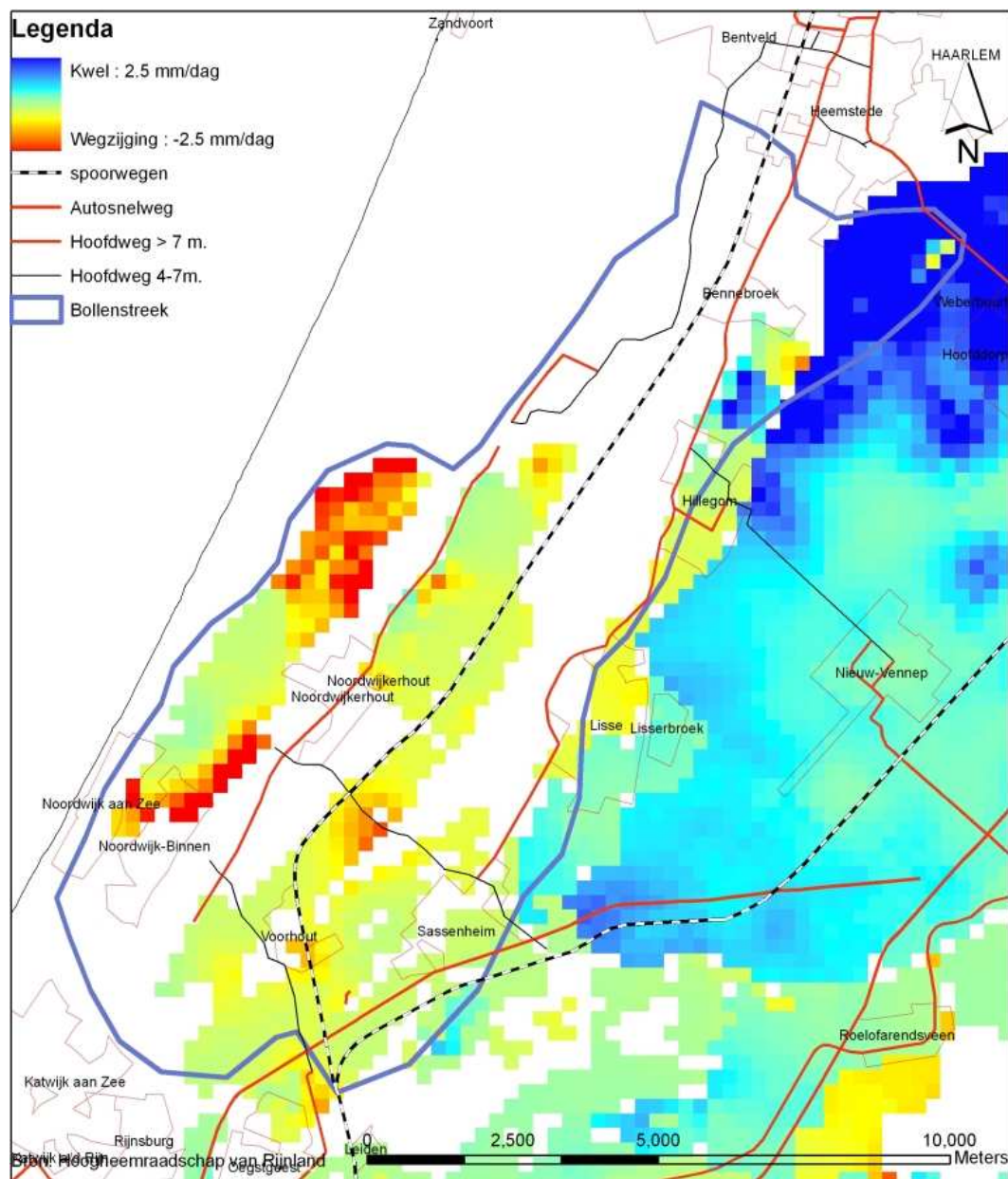


Fig. 3a Kwel en wegzijging in de zomersituatie in de Duin- en Bollenstreek (bron: Hoogheemraadschap van Rijnland)

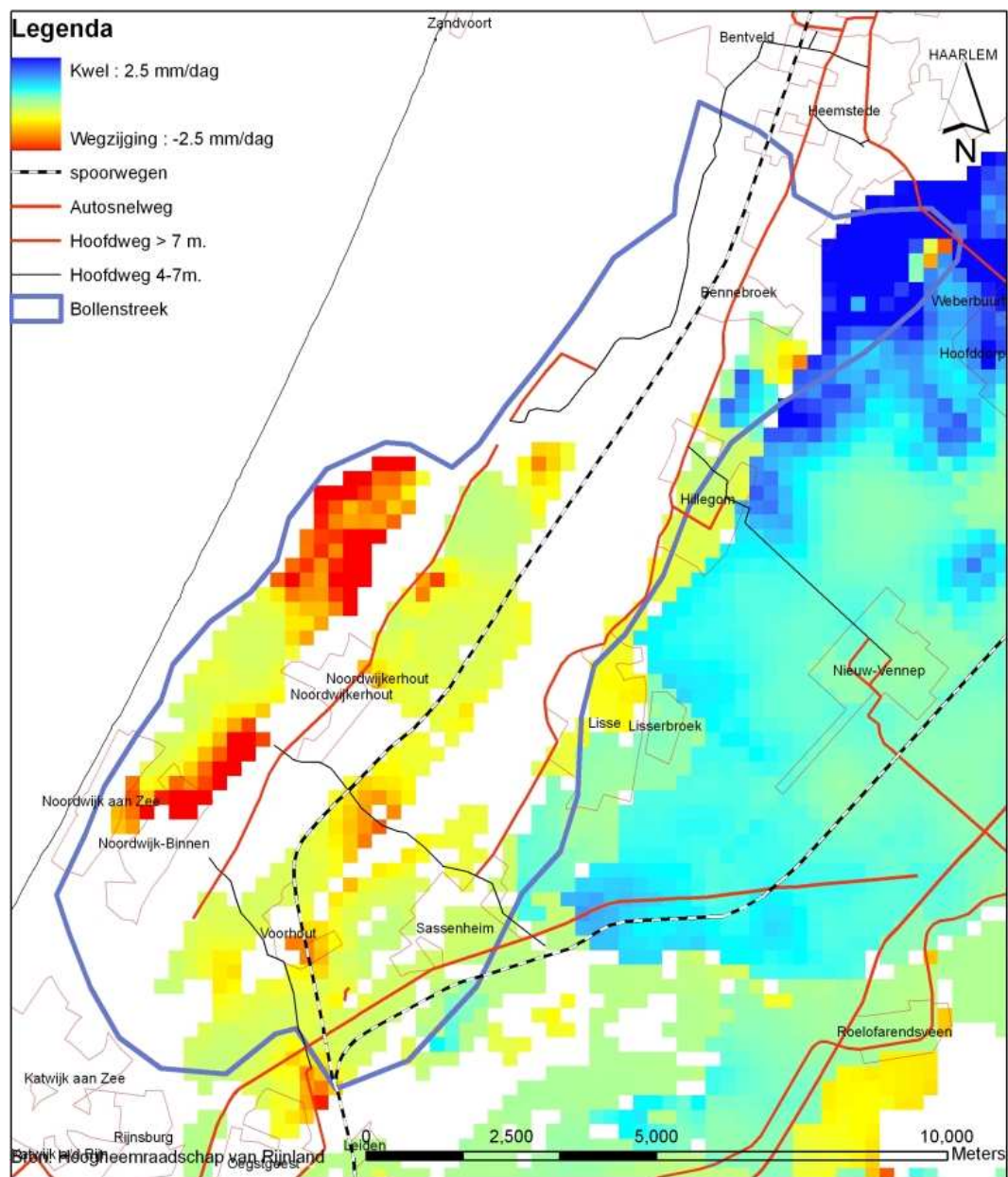


Fig. 3b Kwel en wegzijing in de wintersituatie in de Duin- en Bollenstreek (bron: Hoogheemraadschap van Rijnland)

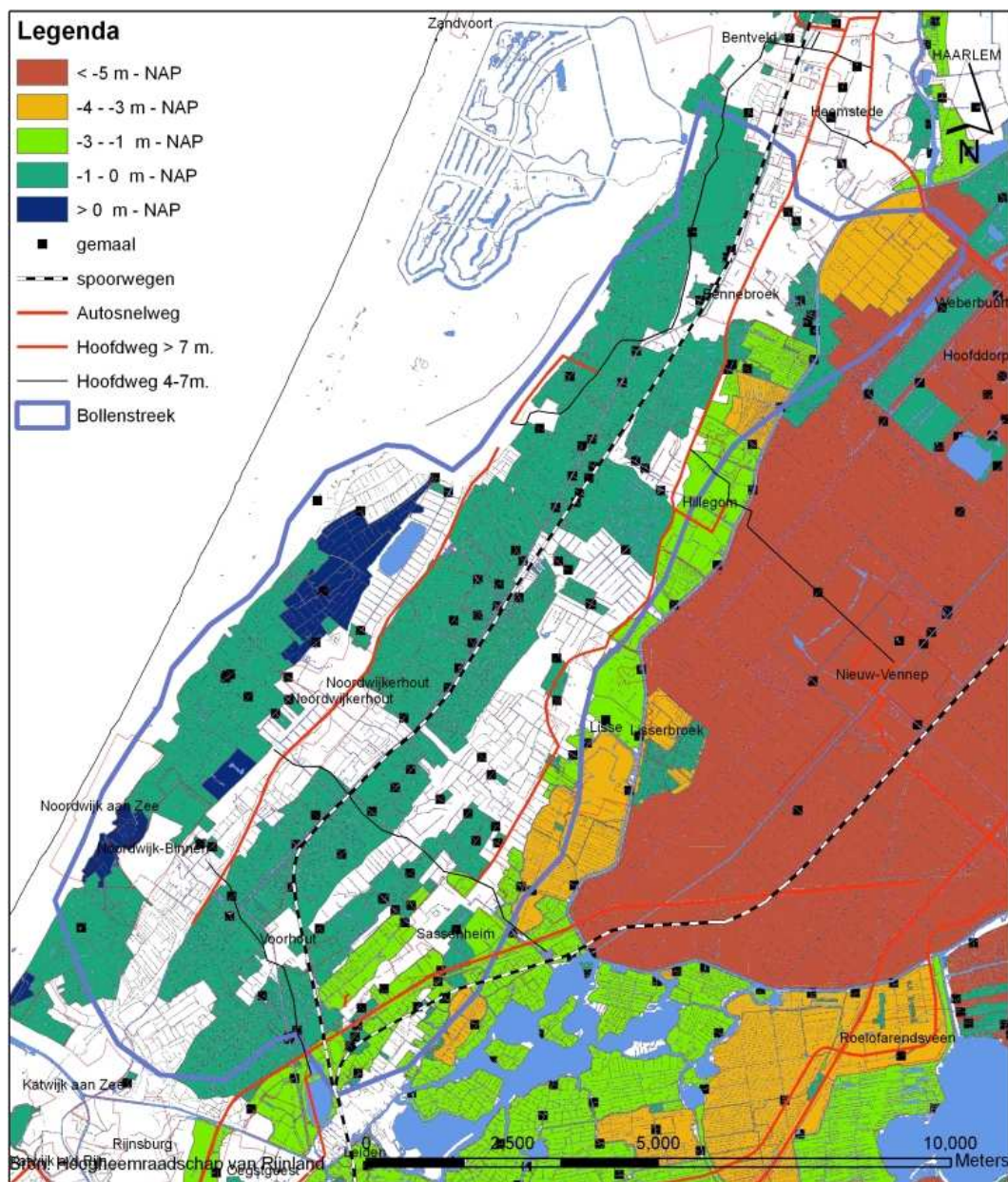


Fig. 4 Zomerpeil en watersysteemindeling van de Duin- en Bollenstreek (bron: Hoogheemraadschap van Rijnland)

De meetpunten in het oppervlaktewatersysteem (boezemwater + polderwater) zijn aangeduid in figuur 9 en 10, waarin ook waarden voor gemeten concentraties zijn vermeld.

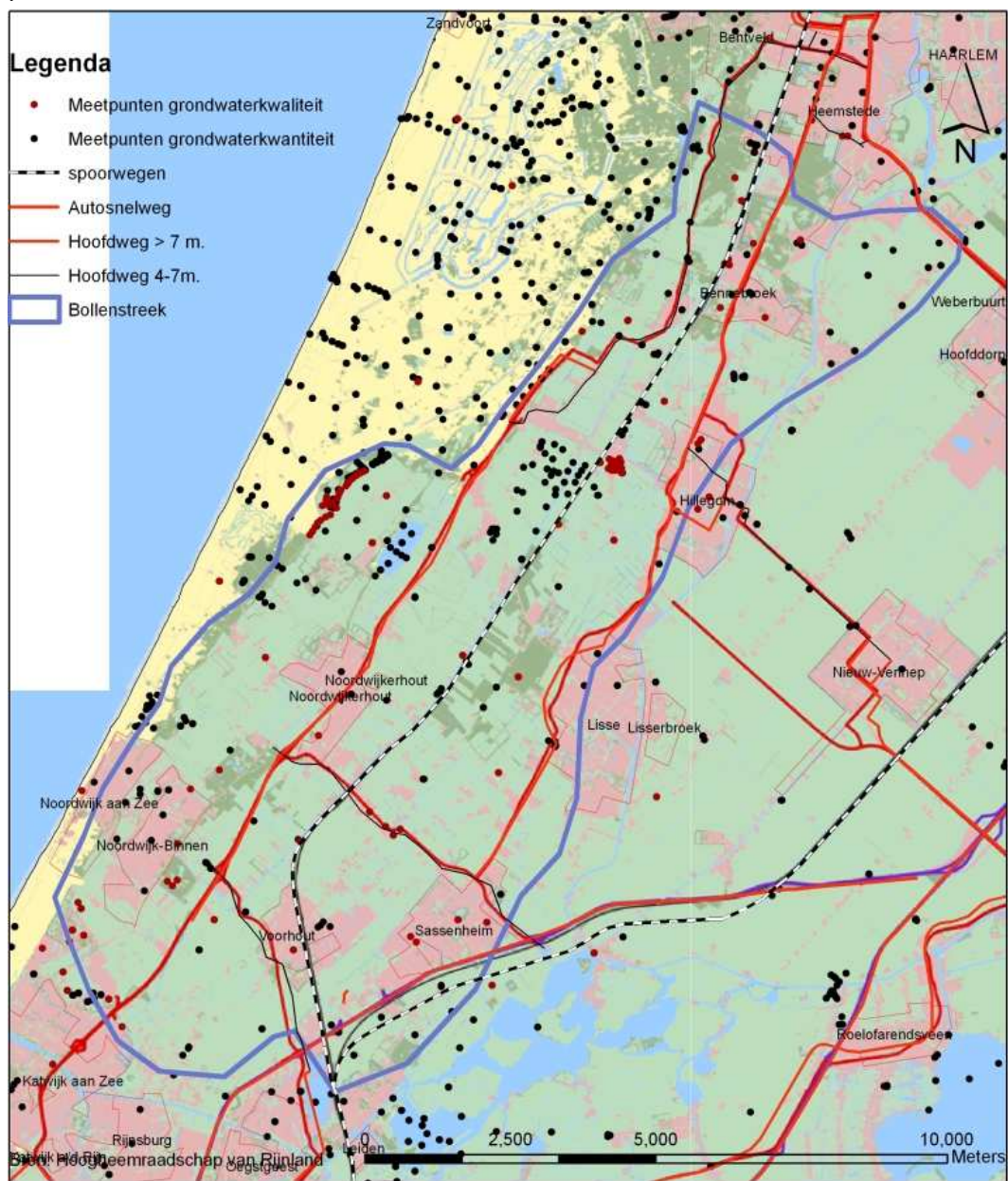
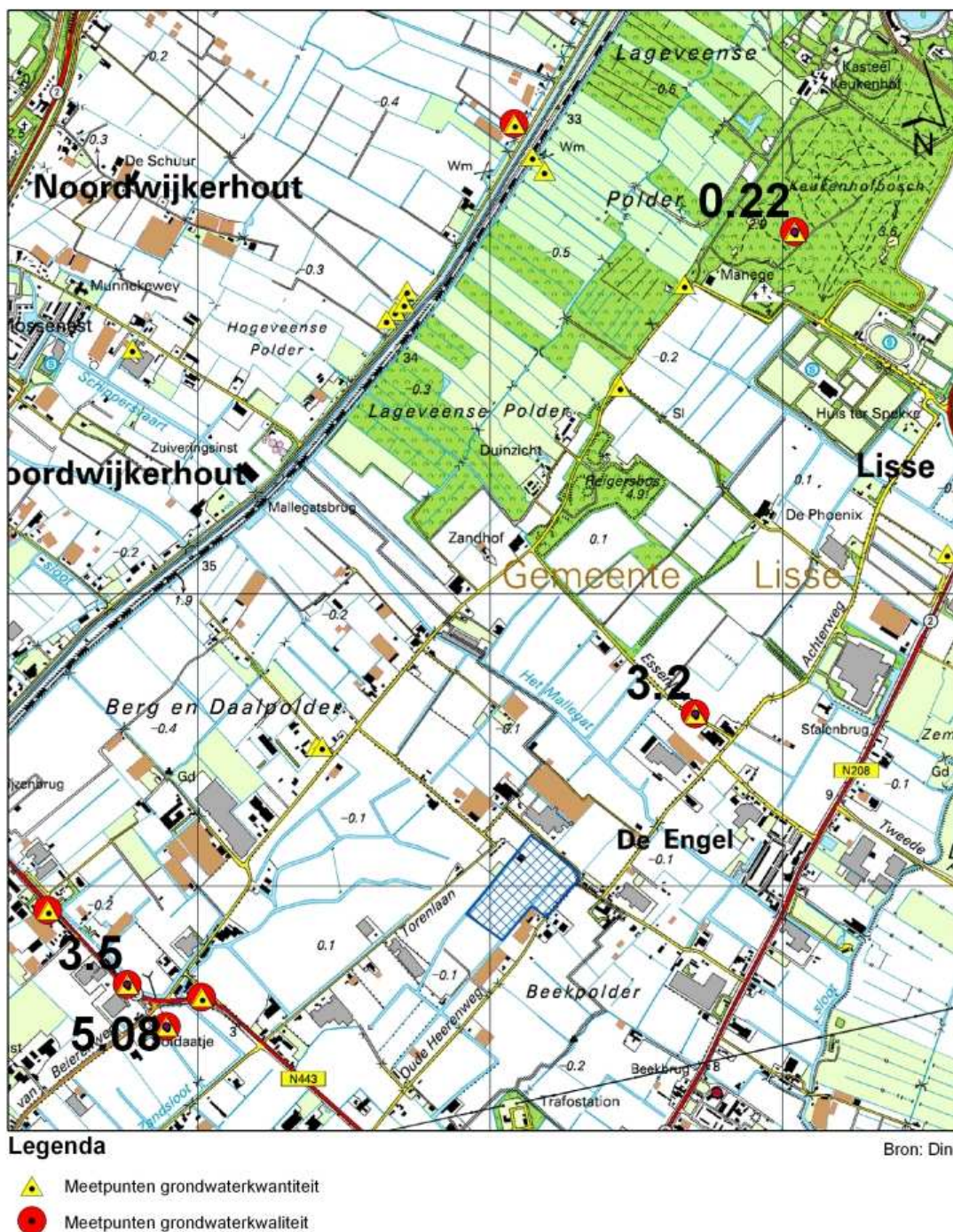


Fig. 5 Monitoringspunten in het grondwater van de Duin- en Bollenstreek (bron: Hoogheemraadschap van Rijnland)

Meetpunten grondwater en fosfaat (mg P/l) in bovenste filter



Figuur 6 Ligging van de meetpunten grondwaterkwantiteit en grondwaterkwaliteit in de directe omgeving van het geselecteerde bedrijf, waarop het onderzoek t.b.v. de pilot in 2010 zal worden gestart

Figuur 6 geeft de ligging van de meetpunten grondwaterkwantiteit en grondwaterkwaliteit in de directe omgeving van de onderzoekslocatie.

2.4 Water- en stoffenbalansen van bloembollenpercelen

Zoals geldt voor bijna alle open teelten, gaat ook de teelt van bloembollen gepaard met een overschot aan nutriënten. Enkele C.L.M.-studies uit de jaren negentig vermelden N-overschotten van 175 en 231 – 283 kg ha⁻¹ jr⁻¹ en P-overschotten van 36 en 39 – 62 kg ha⁻¹ jr⁻¹ (Jansma, 1994; Weel *et al*, 1995). Scenarioberekeningen van Hack-ten Broeke en Merkelbach (1999) vermeldde N- en P-overschotten van resp. 180 en 48 kg ha⁻¹ jr⁻¹ voor de situatie van eind jaren negentig op basis van een vruchtwisseling op een modelbedrijf. Vanaf eind jaren negentig is het meststoffengebruik aanzienlijk gedaald, maar toch doen zich nu ook nog overschotten voor die leiden tot een belasting van het milieu.

Uit het project Telen met Toekomst waarin voor de jaren 2000 en 2001 voor 5-6 bollenbedrijven het stikstofoverschot op bedrijfsniveau werd vastgesteld, bleek dat bedrijfsoverschotten in N-W Nederland gemiddeld 273 kg ha⁻¹ jr⁻¹ bedroegen waarbij minimum en maximum perceelsoverschotten van resp. 91 en 455 kg ha⁻¹ jr⁻¹ werden geregistreerd (<http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1875072.pdf>). In het rapport *Onderbouwing N-gebruiksnormen akker- en tuinbouw; kleine gewassen*, van Van Dijk *et al*, (2005) worden onderzoeksgegevens t.a.v. de N-behoefte van bolgewassen geanalyseerd en verwerkt tot adviezen voor gebruiksnormen voor bolgewassen. Uit de gegevens blijkt dat de nitraatconcentraties in het grondwater onder bollenpercelen in het algemeen lager zijn dan 50 mg l⁻¹ en dat er geen relatie met het bodemoverschot kan worden aangetoond. Voor nitraatconcentraties in het drainwater is er een zwak verband met het bodemoverschot aangetoond. In het Bollenmeerproject (Groenendijk, 2009) werd wel een duidelijk verband tussen bemesting en nitraatconcentraties in het drainwater waargenomen.

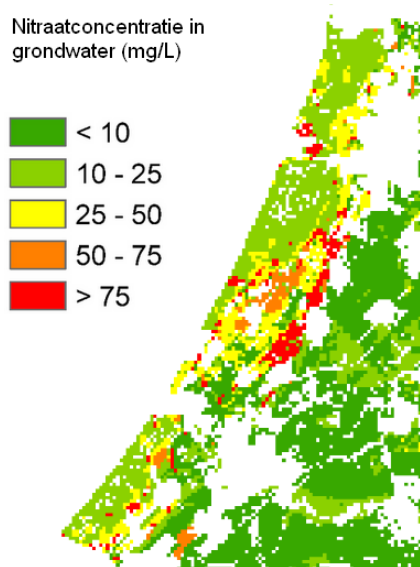


Fig. 7a Met STONE2.3 berekende nitraatconcentraties (mg l⁻¹) in het bovenste grondwater in 2006

Figuur 7a toont een kaart met resultaten voor 2006 van het Landelijke STONE model voor de Duin- en Bollenstreek. In dit model is de teelt en de bemesting van de bollengronden op heel grove wijze beschreven. De hoogste concentraties worden berekend in de inzijgingzone in het oostelijke deel van de Bollenstreek, waar de verhouding tussen voeding van het diepere grondwater en de afvoer via drains groter is dan in de andere delen van de Bollenstreek. In het algemeen geldt dat de bollengronden in de Duin- en Bollenstreek gevoelig zijn voor de uitspoeling van nitraat uit de wortel zone, omdat de denitrificatiecapaciteit in deze zone relatief gering is. Anderzijds worden in het grondwater onder bollengronden

geen hoge nitraatconcentraties gemeten omdat de transportroutes naar het oppervlaktewater kort zijn, waardoor het neerslagoverschot snel het oppervlaktewater bereikt, en doordat de denitrificatiecapaciteit in het grondwatersysteem zelf wel aanzienlijk kan zijn.

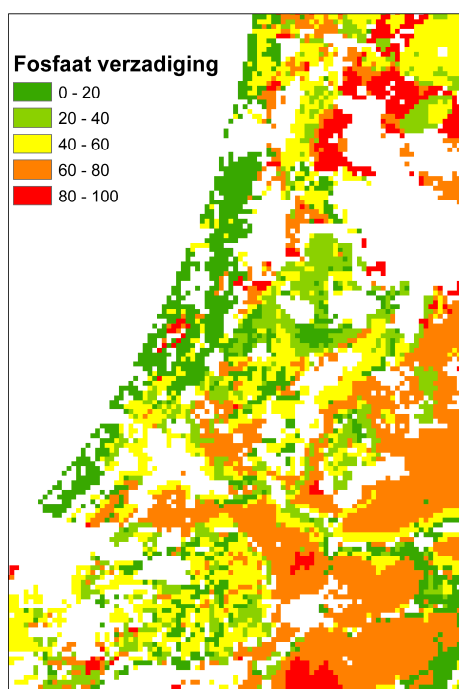
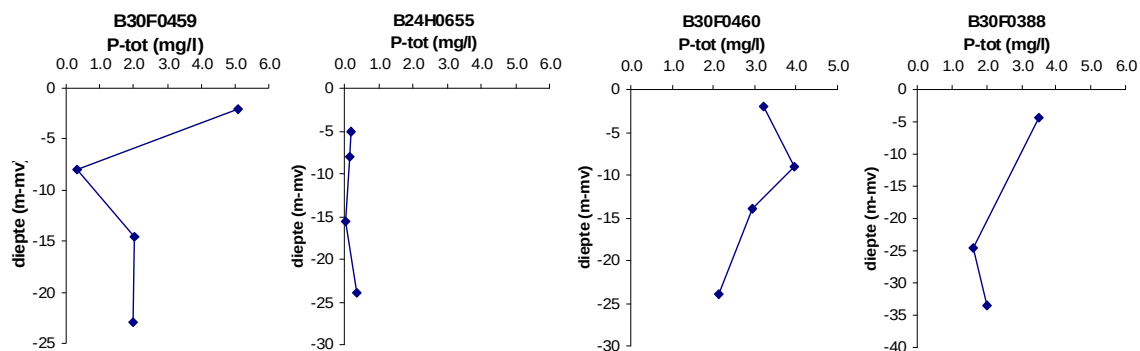


Fig. 7b Relatieve fosfaatverzadigingsgraad van de gronden in de Duin- en Bollenstreek. Een grond wordt als fosfaatverzadigd beschouwd als een kwart van de totale fosfaatbindingscapaciteit tussen maaiveld en GHG is benut.

Bollengronden in deze streek zijn ook gevoelig voor de uitspoeling van fosfaat. Door het relatief hoge kalkgehalte is de bindingscapaciteit relatief laag (Schoumans en Lepelaar, 1995), waardoor de gronden snel P-verzadigd zijn. Een bijkomend effect is echter wel dat door het treffen van maatregelen de gronden sneller “gesaneerd” kunnen worden dan andere zandgronden.

Figuur 7b toont een kaart van de fosfaatverzadiging van de bodem, zoals deze kon worden afgeleid uit de interpretatie van metingen van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden, met behulp van bodemkundige informatie.

In een aantal grondwaterkwaliteitmeetpunten is fosfaat gemeten. Drie van de vier locaties zijn meetpunten van het provinciaal meetnet grondwaterkwaliteit van Zuid-Holland. De gemeten fosfaatconcentratie van het bovenste filter (variërend tussen 2 en 6 m-mv) is in het kaartje weergegeven. De concentratie diepteprofielen van de vier meetpunten zijn weergegeven in figuur 8. Het meetpunt in het Keukenhofbos (B24H0655) bevat in het hele dieptetraject duidelijk lagere concentraties dan de andere meetpunten. Hier ligt de fosfaatconcentratie in het bovenste grondwater tussen 3,2 en 5,1 mg l⁻¹ P. Bij de meetpunten B30F0388 en B30F0460 is de fosfaatconcentratie vrij constant met de diepte. Het meetpunten B30F0459 is er een duidelijke dip op 8 m-mv. Uit de concentratie-diepteprofielen kan worden afgeleid dat de een fosfaatconcentratie in het grondwater tussen 1 en 4 mg l⁻¹ P in dit gebied vrij normaal is.



Figuur 8 Concentratie-diepte profielen totaal fosfaat in grondwater in de omgeving van de onderzoekslocatie (mg l^{-1}).

De toetswaarden voor stikstof in het boezemwater en in het polderwater zoals gemeten in de periode 2000 – 2005 zijn weergegeven in figuur 9. Zowel het boezemwater als het polderwater valt op de meeste meetpunten en de Duin- en Bollenstreek in de klasse 3,3 – 6,6 mg l^{-1} . Alleen de meetpunten ten Zuiden van Noordwijkerhout laten concentraties zien die hoger zijn dan 6,6 mg l^{-1} .

De toetswaarden voor fosfor in het boezemwater en in het polderwater zijn voor dezelfde periode weergegeven in figuur 10. In deze figuur is te zien dat de meeste meetpunten in de Duin- en Bollenstreek een P-gehalte hebben hoger dan 0,75 mg l^{-1} . Overigens worden ook buiten de bollengebieden (bijv. tussen de Kagerplassen en de Langeraarse plassen) hoge P-concentraties gemeten.

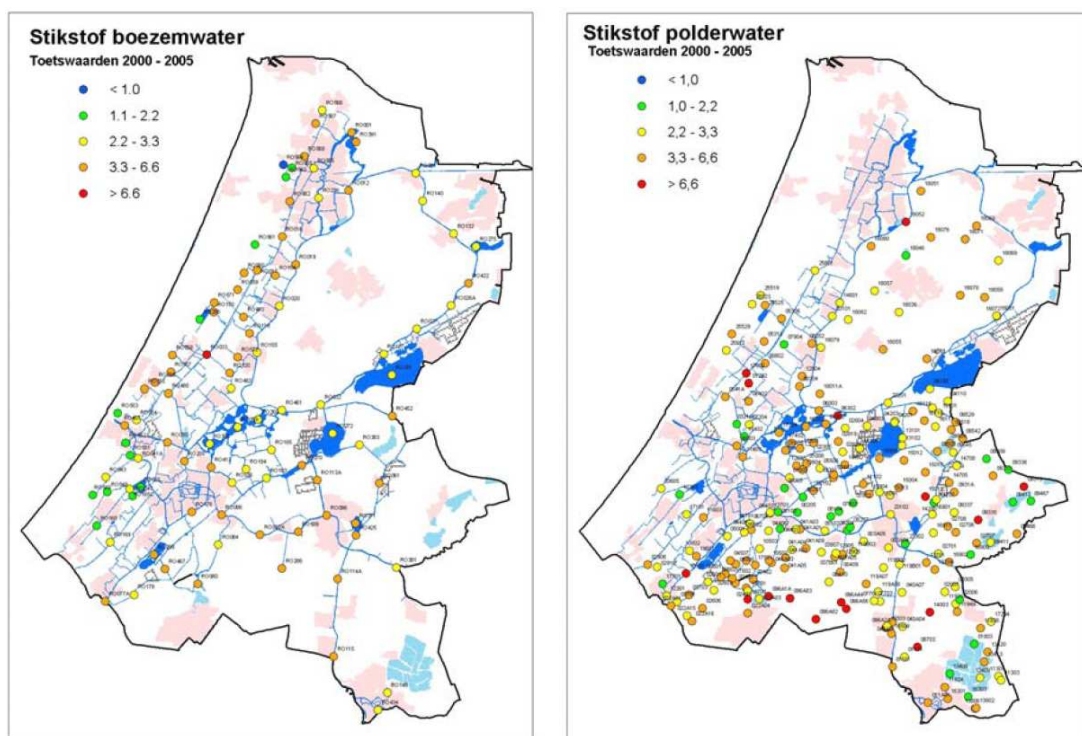


Fig. 9 Toetswaarden voor stikstof voor de periode 2000-2005. De groene en blauwe punten voldoen aan het MTR voor stikstof ($2,2 \text{ mg l}^{-1} \text{ N}$, zomergemiddelde). Bij de overige punten wordt het MTR overschreden (bron: Basisrapport implementatie Europese Kaderrichtlijn Water; Hoogbeemraadschap van Rijnland, 2006)

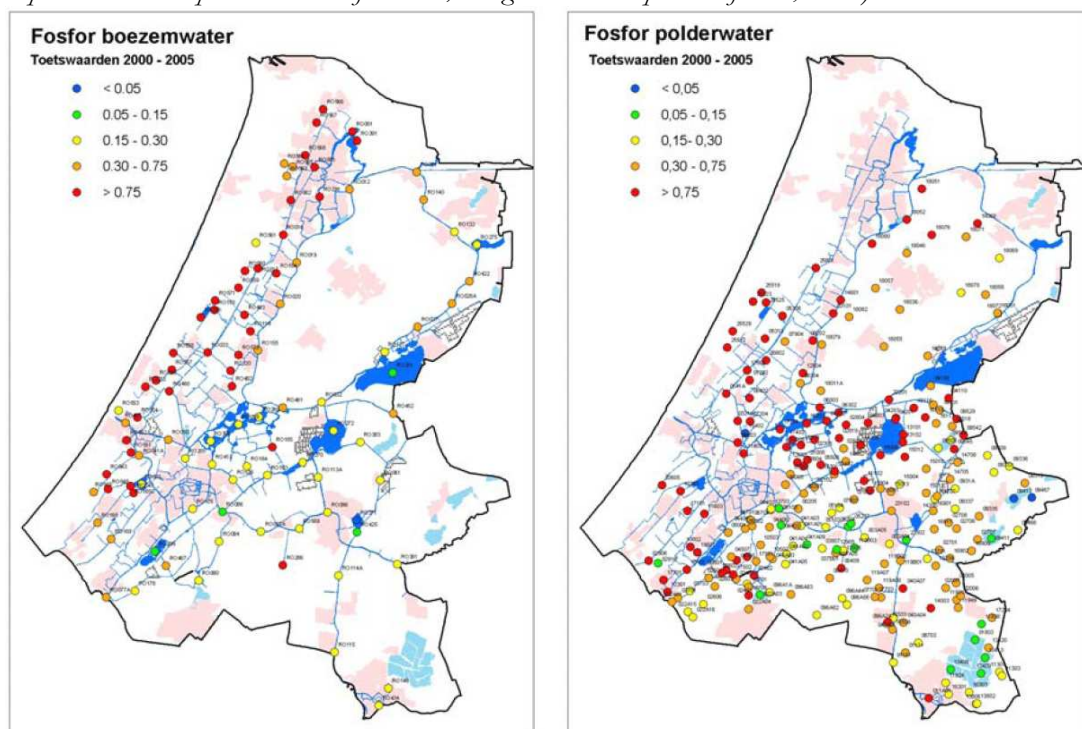


Fig. 10 Toetswaarden voor fosfor voor de periode 2000-2005. De groene en blauwe punten voldoen aan het MTR voor fosfor ($0,15 \text{ mg l}^{-1} \text{ P}$, zomergemiddelde). Bij de overige punten wordt het MTR overschreden (bron: Basisrapport implementatie Europese Kaderrichtlijn Water; Hoogbeemraadschap van Rijnland, 2006)

In de emissiestudie van begin jaren negentig zijn waterbalansen berekend van bloembollenpercelen. De evapotranspiratie werd afhankelijk van het gewas berekend op 330 – 400 mm jr⁻¹ en de interceptie werd berekend op 40 – 45 mm jr⁻¹ (Dijkstra *et al*, 1996). De variatie in de drainafvoer werd sterk bepaald door de hoeveelheid neerslag en het optreden van kwel of wegzijging. In de Grontmijstudie van de waterbalans in het Bollenmeerproject in de Wieringermeer (Dik en Vliegenthart, 2009) werd voor 2008 de evapotranspiratie+interceptie berekend op 300 – 335 mm jr⁻¹, terwijl de verdamping kan toenemen bij de inzaai van bijvoorbeeld gras na een voorjaarsgewas. Ook hier werd de variatie in de drainafvoer sterk bepaald door de neerslag en de wegzijging. De verdamping van bolgewassen laat een gevarieerd beeld zien. Voorjaarsgewassen hebben een ander verdampingspatroon dan zomergewassen. De bolmaat, het ontwikkelingsstadium en de cultivar kan een duidelijke invloed hebben op de verdamping. Vanwege deze grote variatie is het moeilijk om specifiek per bolgewas een schatting van de verdamping te maken.

In de Duin- en Bollenstreek is de waterhuishouding van de bollenpercelen zodanig goed gereguleerd dat berekening voor de watervoorziening niet nodig wordt geacht. De schadelijke effecten zouden groter zijn dan het eventuele voordeel. Alleen voor een optimale benutting van meststoffen wordt berekening toegepast.

Met het wegvallen van een aantal gewasbeschermingsmiddelen uit de lijst van toegestane middelen vormt de grondontsmetting soms een probleem. Inundatie wordt steeds vaker ingezet als grondontsmettingmethode. De toepassing van deze methode is niet standaard en wordt alleen toegepast als dit in het belang is van de bodemhygiëne en geen andere mogelijkheden voorhanden zijn. De milieukundige effecten van deze maatregel zijn onvoldoende bekend.

Een andere bodemhygiënische maatregel betreft het regelmatig diepploegen van het perceel. Met diepploegen worden bodemlagen uit de (bijna-)waterverzadigde zone aan het maaiveld gebracht en wordt de bovenlaag in de (bijna-)waterverzadigde zone gebracht. Onder deze omstandigheden sterft een aanzienlijk deel van de onkruidzaden en bodemfauna af. Ook hiervoor geldt dat de milieukundige effecten van deze maatregel onvoldoende bekend zijn.

3 Inventarisatie van bedrijfsinformatie en teelt van bloembollen in de Duin- en Bollenstreek

3.1 Teelt en representatieve bedrijfsstructuur

In de Duin- en Bollenstreek ligt ongeveer 2700 hectare grond die geschikt is voor de teelt van bloembolgewassen. Hiervan wordt jaarlijks ongeveer 2200 ha beteeld met bloembolgewassen (gecombineerde cijfers BKD, CBS). Dat is 10% van het totale Nederlandse productieareaal van bloembollen. De overige 500 ha wordt jaarlijks beteeld met andere tuinbouwgewassen, vooral vaste planten, die een onderdeel vormen van de vruchtwisseling met bolgewassen. De gewassen hyacint, narcis en tulp beslaan gezamenlijk driekwart van het areaal en daarnaast wordt een scala aan andere bloembolgewassen geteeld.

In het gebied staat bijna 540 hectare hyacinten. De teelt van dit tot 2008 relatief hoogrenderende gewas is al jaren de basis van de bloembollensector in de Duin- en Bollenstreek. Het klimaat, de hydrologie en de kalkrijke duinzandgronden maken de streek zeer geschikt voor de hyacintenteelt. De teelt van hyacint is alleen mogelijk met een vruchtwisseling van minimaal 1 op 5 jaar vanwege grondgebonden ziekten. Vaste planten passen, naast dahlia's, tulpen en narcissen, goed in een vruchtwisseling met hyacinten. Dit is de reden voor de sterke wisselwerking tussen bloembollenteelt en vaste plantenteelt in de streek.

In vergelijking met de rest van Nederland kenmerkt de bloembollenteelt in de streek zich nog door een relatieve kleinschaligheid. Toch heeft ook hier een sterke schaalvergroting plaatsgevonden. De gemiddelde bedrijfsoppervlakte bedraagt 8 ha (CBS, 2008).

Er bestaat een grote variatie tussen bedrijven in bedrijfsactiviteiten en bedrijfsoppervlakte. De bedrijfsactiviteiten in de streek zijn gericht op teelt, broeierij en export. Op sommige bedrijven vinden de afzonderlijke activiteiten plaats en op andere een combinatie van teelt en broei of zelfs teelt, broei en export. Wat de bedrijfsgrootte betreft valt in toenemende mate een tweedeling waar te nemen in enerzijds bedrijven die sterk op schaalvergroting gericht zijn en anderzijds bedrijven die op specialisatie gericht zijn.

3.2 Gebruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen

Bemesting

Het gebruik van meststoffen voor de bloembollenteelt in de Duin- en Bollenstreek is gericht op de aanvoer van nutriënten en organische stof. De nutriënten, waaronder stikstof en fosfaat, zijn essentieel voor een goede plantengroei en bolopbrengst. De duinzandgronden zijn van nature arm aan nutriënten en zonder een goede bemesting

is bloembollenteelt onmogelijk. Ook de aanvoer van voldoende organische stof is van groot belang. Organische stof is cruciaal voor een goede bodemkwaliteit: het vergroot het vochtvasthoudend vermogen, het heeft een positieve invloed op de structuur, het zorgt voor een betere nutriëntenvoorziening, het stimuleert bodemleven en lijkt een gunstig effect te hebben op de bodemweerbaarheid. Het organische stofgehalte van zandgronden in de Duin- en Bollenstreek is laag: rond de 1%. Bovendien bestaat er een sterk vermoeden dat organische stof in duinzandgrond sneller afbreekt dan in andere grondsoorten (Pronk, 2007). Op dit moment voert WUR onderzoek uit naar de afbraaksnelheid van organische stof in duinzandgronden. Hiervan zijn nog geen resultaten beschikbaar, maar de eerste labproeven ondersteunen het vermoeden dat de afbraaksnelheid hoger is dan de gewoonlijk gebruikte 2% per jaar (pers. mededeling Pronk, 2009). Gezien de waardevolle eigenschappen van bodemorganische stof is het daarom van belang om voldoende organische stof aan te voeren voor het in stand houden van het organische stofgehalte. In de Duin- en Bollenstreek wordt van oudsher stalmest aangevoerd waarmee zowel het organische stofgehalte in stand wordt gehouden als in de aanvoer van nutriënten wordt voorzien. Voor een gewasgerichte productieverhoging worden daaraan tijdens het groeiseizoen nog kunstmeststoffen toegevoegd. Deze ruime aanvoer van nutriënten op de goed doorlatende zandgronden heeft echter emissie van nutriënten naar het oppervlaktewater en het grondwater tot gevolg. Sinds eind jaren '90 is het beleid er daarom op gericht de aanvoer van nutriënten terug te dringen.

Op dit moment is het een stelsel van gebruiksnormen van kracht waarbij de aanvoer van dierlijke mest, werkzame stikstof en fosfaat wordt beperkt. Dit heeft geresulteerd in een sterke afname van de aanvoer, maar blijkt nog onvoldoende effect te hebben op het verminderen van de emissie. De metingen aan de waterkwaliteit van het Hoogheemraadschap Rijnland in de Duin- en Bollenstreek laten zien dat in 2006 nog in alle metingen de MTR-norm voor fosfor werd overschreden. Bij stikstof werd in bijna 80% van de metingen de norm overschreden. De gemiddeld gemeten concentratie fosfor in deze streek is het hoogste van alle bloembollenregio's in Nederland (LMB voortgangsrapportage 2006-2007). Het stelsel van gebruiksnormen is sterk beperkend voor de aanvoer van organische stof. Dit is een groot zorgpunt voor de bloembollensector in de Duin- en Bollenstreek.

Gewasbescherming

Het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is gericht tegen een breed scala van ziekten en plagen. Sinds de jaren '90 volgt de sector in samenwerking met de overheid in het Landelijk Milieu Overleg Bloembollen het gebruik en de emissie van gewasbeschermingsmiddelen. Hiervan verschijnt jaarlijks de voortgangsrapportage. Na de aanvankelijk sterke reductie van gebruik en emissie van gewasbeschermingsmiddelen sinds eind jaren '80, stagneert de laatste jaren zowel het gebruik als de emissie in de Duin- en Bollenstreek. De bolontsmetting vormt de basis van de gewasbescherming in de bloembollenteelt. Deze behandeling, waarbij het plantgoed gedompeld wordt in een bad met diverse gewasbeschermingsmiddelen, is een efficiënte toepassing van middelen en vindt plaats onder min of meer gecontroleerde omstandigheden. Toch worden de stoffen die in de bolontsmetting

gebruikt worden al jaren aangetroffen in het oppervlaktewater en heeft het Hoogheemraadschap van Rijnland zijn meetprogramma speciaal ingericht op monitoring van deze stoffen (carbendazim en imidacloprid). De oorzaak wordt gezocht in de mogelijke emissieroutes die ontstaan na de uitvoering van de bolontsmetting (uitdruipen van de ontsmette bollen, transport naar het perceel, afregenen van middel van ontsmette kisten, etc.). In de metingen van het Hoogheemraadschap van Rijnland op 20 meetlocaties is in 2007 in 35% van de metingen een overschrijding van de MTR-norm voor carbendazim gevonden. De gemiddelde concentratie carbendazim is gestegen tot boven de MTR-norm. Imidacloprid is in 7% van de metingen normoverschrijdend waargenomen. Dit is veroorzaakt door het aantreffen van imidacloprid in één van de 14 metingen.

4 Maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit

4.1 Mogelijke waterhuishoudkundige maatregelen

Bij het zoeken naar mogelijkheden om de waterkwaliteit te verbeteren om aan de doelen van de Kader Richtlijn Water te voldoen, wordt onderscheid gemaakt naar gevolgen van brongerichte maatregelen en de gevolgen van effectgerichte maatregelen. Bij de keuze voor het type maatregelen kunnen bestuurlijke argumenten een rol spelen. In veel gebieden in West Nederland is de achtergrondbelasting hoger dan de normconcentratie van het oppervlaktewater of de normbelasting vanuit de bodem. In deze gebieden is het niet mogelijk met enkel brongerichte maatregelen aan de doelen van de KRW te beantwoorden. In dit rapport maken we onderscheid tussen aanvullende effectgerichte maatregelen op bedrijfsniveau en op polder- en stroomgebiedsniveau.

In het rapport van Van Os *et al*, (2009) worden een aantal maatregelen opgesomd. Voor deze Pilot kunnen de volgende maatregelen van belang zijn:

Tabel 1 Groslijst van maatregelen ter verbetering van de kwaliteit van oppervlaktewater op bedrijfsniveau

Maatregel	Hoe	Mogelijk gevolg
Aangepast waterbeheer buiten de teeltperiode	Hoog waterpeil	Stimuleert denitrificatie, maar is beperkt in koude periode
Diepte drainagebuizen aanpassen	Verdiepen, aanpassen afstand om grondwaterstanden te reguleren	Fosfaat uit de wortelzone wordt vastgelegd in diepere lagen en leidt tot lagere drainwaterconcentraties. <i>(Zie tekst hieronder)</i>
Drainage niveau / afstand	Drainagesysteem ondieper, afstand kleiner om hoge grondwaterstanden te reguleren	Doordat de bodem gemiddeld iets vochtiger is, treedt meer denitrificatie op, waardoor de nitraatuitspoeling afneemt
Peilgestuurde drainage	Sturing aan de hand van online gemeten grondwaterstanden	Vochtvoorziening optimaliseren (niet te droog, niet te nat) en tevens condities voor denitrificatie optimaliseren
Watervolume in sloot vergroten	Uitdiepen	Grotere verblijftijd en daardoor meer retentie in sloot
Regelmatig sloot schonen en baggeren	Vaker baggeren	Verwijdering van opgehoopte nutriënten

Maatregel	Hoe	Mogelijk gevolg
Natte zone / oever, evt. in combinatie met beperkt helofytenfilter	Aanpassing profiel	Gunstige condities voor retentieprocessen. Ruimte claim t.a.v. landbouw is te minimaliseren in projectmatige nieuwvestiging (bijv. Hollandse Bloementuin) en door gebruik te maken van reeds bestaande brede sloten
Fosfaatbindend materiaal aanbrengen in slootwand of rondom drainbuis	IJzerhoudende materialen, kleimineralen	Vastlegging van fosfaat, met daarbij relatief gemakkelijk te vervangen materiaal als de lagen P-verzadigd beginnen te raken
Denitrificerend substraat aanbrengen in slootwand of rondom drainbuis	Gemakkelijk afbreekbare organische stof	Verwijdering van nitraat, Wel nagaan of eventueel afwenteling naar atmosfeer (klimaat) een probleem zou kunnen zijn
Technologische waterzuivering van drain- / slootwater	Opvang en doorleiden drain- of slootwater in zuiveringsreservoir	Verwijdering nutriënten

Chardon *et al.* (2008) beschrijven de achtergronden van de bodemchemische maatregel waarin ijzerhoudende stoffen aan de bodem worden toegevoegd om fosfaat te binden: *“Om het risico van fosfaatsuitlekking 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 Köhlerberg (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 FeNO₃ 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 Köhlerberg, 1995). Een nadeel van dit gebruikte mengsel is dat bij het neerslaan van ijzerhydroxide nitraat (in de vorm van Ca(NO₃)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).”*

Verder geven Chardon *et al*, (2008) een nadere uitleg van de methode om organische materialen in een sleuf in de bodem in te brengen om nitraat te filteren op z'n route naar het oppervlaktewater. Een groslijst van de waterhuishoudkundige maatregelen op polderniveau is gegeven in tabel 2.

Tabel 2 Groslijst van waterhuishoudkundige maatregelen ter verbetering van de kwaliteit van oppervlaktewater op polderniveau

Maatregel	Hoe	Mogelijk gevolg
Compartimentering	Aanbrengen van dammen/stuwen, waarbij uitslag geavanceerd wordt gestuurd	Beperking van stofvrachten in ecologisch kritische perioden
Beperking wateraanvoer	Vasthouden en bergen, aanpassing natte infrastructuur	In ecologisch kritische perioden
Zuivering bij uitslagpunt	Opvang en doorleiden slootwater in zuiveringsreservoir	Verwijdering / neerslag van nutriënten; substraat in zuiveringsreservoir vraagt onderhoud / vervanging
Zuivering binnen polder door toevoeging middelen aan oppervlakte water	IJzer houdend materiaal toevoegen aan slootwater en injecteren in slootbodem	Verwijdering / neerslag van nutriënten; substraat in zuiveringsreservoir vraagt onderhoud / vervanging

Een juiste keuze van hydrologische maatregelen voor het verminderen van de uitspoeling naar het oppervlaktewater hangt af van de verdeling over de diepte van de waterafvoer en van de verdeling van stikstof en fosfaat over het bodemprofiel (fig 5.4). Ondiepe afvoer veroorzaakt in principe het meeste risico op uitspoeling naar het oppervlaktewater, omdat in de bouwvoor boven in het profiel de meeste nutriënten aanwezig zijn. Het effect van de maatregel op de grondwaterstand (GHG) speelt hier echter doorheen. Een maatregel die meer ondiepe afvoer tot gevolg heeft gaat meestal ook gepaard met een hogere grondwaterstand en daarmee ook met de aanwezigheid van mobiel P. Voor stikstof geldt meestal het omgekeerde omdat een hogere grondwaterstand denitrificatie veroorzaakt. Per saldo zal vernatting altijd meer P afvoer veroorzaken (en meer oppervlakkige afvoer en een hogere GHG), maar voor stikstof kan de balans soms de andere kant uitslaan. Daarom moet ook bij de keuze van hydrologische maatregelen rekening gehouden worden met de prioriteit van stikstof of fosfaat.

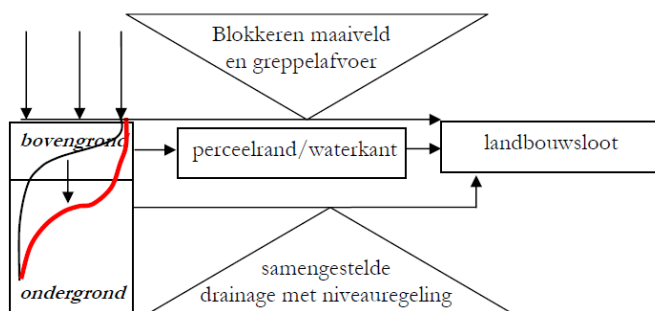


Fig. 11 Schematische aanduiding van de beïnvloeding van transportroutes door maatregelen

De volgende hydrologische maatregelen kunnen worden beschouwd:

Ondiepe route:

- blokkeren van surface runoff en interflow

Diepe routes:

- conventionele drainage
- verdiept aangelegde samengestelde drainage met niveauregeling
- stoppen van drainage.

Het remmen of blokkeren van de oppervlakkige afspoeling (figuur 11) speelt in de bloembollenteelt een ondergeschikte rol, omdat de percelen een vlakke ligging hebben en de ontwatering optimaal is ingericht.

Drainage is na ongeveer 30 jaar aan vervanging toe en daarom is het van belang om na te gaan of nieuwe ideeën over drainage een bijdrage kunnen leveren aan de reductie van de nutriëntenbelasting. In het algemeen kan hierbij worden gedacht aan ondieper en nauwer draineren (drainage nieuwe stijl), dieper draineren met de buizen dieper onder water, intensiever draineren, samengestelde drainage en drainage met een flexibele peilregeling. In het algemeen wordt het systeem van Van Iersel (samengesteld met peilregeling) gezien als een mogelijkheid om een aantal vernieuwingen tegelijk door te voeren: dieper, nauwer, intensiever, samengesteld en met peilregeling.

In de bloembollenteelt is de drainage meestal ingericht op een adequate ontwatering ter voorkoming van “natschade” en een optimale watervoorziening voor de teelten. Vanuit het oogpunt van de waterhuishouding is een wijziging meestal niet nodig. Vanuit het oogpunt van een vermindering van de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten zou een verdieping van de drainagebuizen een positief effect kunnen opleveren. Bij het dieper leggen van de drainbuizen neemt de stromingsweerstand toe. Om dit te compenseren zal deze maatregel gepaard moeten gaan met een vermindering van de afstand tussen de buizen om dezelfde drainage- en sub-infiltratiecapaciteit te houden.

In theorie neemt de transportafstand toe tussen de plaats waar de nutriëntenverliezen optreden en het oppervlaktewatersysteem. Hierdoor:

- neemt de verblijftijd toe, waardoor meer nitraat kan reduceren door denitrificatie;
- neemt de transportlengte toe en stroomt het water door diepere lagen waardoor meer fosfaat aan de bodem kan worden gebonden.

4.2 Mogelijke teeltmaatregelen

Er zijn diverse teeltmaatregelen bekend die een bijdrage kunnen leveren aan het verminderen van de emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen in de bloembollenteelt. Door inspanningen van de sector en regelgeving vanuit de overheid hebben bloembollenbedrijven in het afgelopen decennium al tal van maatregelen geïmplementeerd in hun bedrijfsvoering. Deze aanpassingen hebben vooral een positief effect gehad op het tegengaan van emissie van gewasbeschermingsmiddelen. Het verlagen van de emissie van nutriënten blijkt echter veel lastiger. Vooral fosfaat wordt in veel te hoge concentraties aangetroffen in het oppervlaktewater in de Duin en Bollenstreek en blijkt weinig relatie te vertonen met lagere aanvoer van fosfaat in de teelt (LMB, i.v.). De verwachting is dan ook dat teelttechnische maatregelen alleen onvoldoende zijn om het fosfaatprobleem in het oppervlaktewater op te lossen. Mogelijk kunnen ze echter wel een waardevolle aanvulling vormen op hydrologische maatregelen. Om de effectiviteit van een aantal veelbelovende maatregelen vast te stellen wordt in overleg met de eigenaar een selectie gemaakt van maatregelen die zullen worden toegepast op de pilotlocatie. Voorwaarde voor de geselecteerde maatregelen is dat deze bijdragen aan een milieutechnisch optimale waterkwaliteit binnen de economische randvoorwaarden van de teelt.

Tabel 3 Effectiviteit en draagvlak van teeltmaatregelen die een bijdrage kunnen leveren aan een betere waterkwaliteit in de Duin- en Bollenstreek (o: laag; x: redelijk; xx: goed; xxx: zeer goed)

nr	Maatregel	Milieuwinst		Kosten-effectiviteit	Inschatting draagvlak ondernemers
		P	N		
1	Goede bodemkwaliteit / handhaven of herstellen goede bodemstructuur	x	x	x	xx
2	Gebruik maken van GPS bij planten, meststrooien en spuiten*	x	x	x	x
3	Composteren van gewasresten en hulpmateriaal		x	x	x
4	Teelt van een stikstof (en fosfaat?) vanggewas of groenbemester	o	x		
5	Gebruik van mineraalarme organische mest	xx	xx	xx	xx
6	Plaatsing fosfaatmeststoffen in de wortelzone	x		xx	xxx
7	Toepassen beddenbemesting	x	x	x	o
8	Toepassen fertigatie		o	x	o
9	Goede afstelling kunstmeststrooier, regelmatig testen	x	x	x	xxx
10	Toepassen NBS		x	x	xx
11	Toepassen langzaamwerkende N meststoffen		o	x	x
12	Toepassen bladbemesting		o	x	x
13	Precisie berekening		o	x	x

* Tevens milieuwinst m.b.t. gewasbeschermingsmiddelen

In de bovenstaande tabel staat een overzicht van mogelijke teeltmaatregelen waarvan verwacht wordt dat ze een bijdrage kunnen leveren aan een verbetering van de waterkwaliteit. In de KRW-pilot gaat de aandacht in eerste instantie uit naar de nutriënten N en P. De voorgestelde maatregelen moeten daarom in de eerste plaats een bijdrage leveren aan een betere waterkwaliteit wat de nutriënten N en P betreft. Vermindering van de emissie van gewasbeschermingsmaatregelen kan een bijkomstig positief effect zijn van de maatregelen. De maatregelen worden nog niet algemeen toegepast, maar zijn in principe wel haalbaar en uitvoerbaar.

5 Selectie van de pilotlocatie

5.1 Selectiecriteria

Bij de selectie van een onderzoekslocatie waar gedurende een aantal jaren onderzoek zal worden uitgevoerd, zijn een aantal zaken van belang:

- **De medewerking van de teler / eigenaar** en het draagvlak van belangengroepen is van groot belang. Van de teler wordt medewerking gevraagd t.a.v. van het bijhouden en doorgeven boekhouding, tijdig melden van activiteiten die meetopstellingen kunnen beïnvloeden (grondbewerking, planten, rooien, slootschoonmaak), enige aanpassing bemesting / teelt ter plaatse van de proeflocatie, toelaten onderzoekers op bedrijf, toelaten andere geïnteresseerden op bedrijf (mits vooraf gemeld), meedenken bij opzet van de proef en het onderzoek;
- De representativiteit voor de streek;
- Het aanwezig zijn van een bij voorkeur “gesloten” waterhuishoudkundige situatie. Geen zware beïnvloeding door kwel (vanwege verdunning waardoor effect maatregelen minder zichtbaar is);
- De mogelijkheid tot het uitvoeren van maatregelen (hydrologisch, teelt, bemesting), waarbij ook een “nul”-situatie zonder maatregelen kan worden gevolgd;
- De ruimtelijke variatie binnen de pilot-locatie mag niet te groot zijn;
- De mogelijkheid tot het installeren van meetapparatuur en bereikbaarheid van de locatie;
- De voorgeschiedenis in termen van teelt en bemesting is bekend.;
- De voorgeschiedenis van de waterhuishouding, waarbij de vraag gesteld wordt: “Zijn in het verleden aanpassingen geweest waarvan de effecten op de uitspoeling nog na-ijlen?”
- Te verwachten andere bronnen die het effect van de maatregelen op de proeflocatie sterk kunnen “verdunnen”.

In de periode juli – september 2009 zijn een aantal bezoeken afgelegd aan bollenteeltbedrijven. De geselecteerde bedrijven zijn gekozen in nauwe samenspraak met KAVB. Eén bedrijf viel af in verband met een op handen zijnde bedrijfsbeëindiging. Uiteindelijk bleven vier bedrijven over waarvoor een afweging moest plaatsvinden. Deze afweging, door middel van het scoren in een tabel, is uitgevoerd door de onderzoekers die de bedrijven hebben bezocht en de gesprekken hebben gevoerd. De onafhankelijke van elkaar ingevulde scores zijn met elkaar vergeleken en locatie C in tabel 4 bleek voor de meeste criteria het hoogste te eindigen.

Nadat de keuze op locatie C was gevallen is de specifieke informatie van de andere locaties niet meer van belang voor dit rapport en daarom worden in dit rapport geen beschrijvingen van de locaties A, B en D gegeven.

Tabel 4 Toetsing van locaties door middel van het toekennen van nummers voor de volgorde per criterium (het laagste nummer heeft de sterkste voorkeur).

Criterium	Locatie A	Locatie B	Locatie C	Locatie D
Representativiteit voor de streek	2	1	1	1
Waterhuishoudkundige aspecten: geen sterke aanvoer	1	1	1	1
Waterhuishoudkundige aspecten: kwel/wegzijging	3	2	1	4
Bekendheid voorgeschiedenis teelt	1	1	1	1
Bekendheid voorgeschiedenis waterhuishouding	1	1	1	1
Hydrologische isolatie (sloot + polder)	1	2	1	3
Te verwachten rol van andere bronnen (anders dan kwel, bijv. erfafvoer, buurpercelen)	2	2	1	3
Mogelijke invloed van verstoring in het verleden (dempen sloten, verandering kwel)	4	2	1	3
Reeds aanwezige meetpunten oppervlaktewater	2	1	1	1
Teler / eigenaar	2	3	1	1
Draagvlak van belangengroepen	1	1	1	2
Mogelijkheid tot het uitvoeren van maatregelen (hydrologisch, teelt, bemesting), waarbij ook een “nul”-situatie zonder maatregelen kan worden gevolgd	2	3	1	4
mogelijkheid uitvoeren maatregelen op polderniveau (bijv. "zuivering op de dijk")	2	3	1	4
Mogelijkheid tot het installeren van meetapparatuur en bereikbaarheid van de locatie	2	1	1	3
Te verwachten andere bronnen die het effect van de maatregelen op de proeflocatie sterk kunnen “verdunnen”	3	3	1	2
Totalen	31	28	17	36

5.2 Beschrijving van de voorgestelde pilotlocatie

Fa. Bisschops aan de Oude Herenweg 22 in Voorhout is een bloembollenbedrijf met een voor de Bloembollenstreek typische vruchtwisseling van hyacint, tulp, narcis en dahlia. De Bisschops zijn gespecialiseerd in de teelt van dahlia's en narcissen en verhuren land voor de teelt van hyacint en tulp aan vaste huurders. Daarnaast vindt op het bedrijf ook pottenbroei plaats van narcissen. Het bedrijf wordt geleid door de broers Marc en Eric Bisschops, met op de achtergrond hun vader van wie de broers het bedrijf in 2009 hebben overgenomen. De totale teeltoppervlakte bedraagt 14 ha (eigen land en huurland). Fa. Bisschops heeft totaal 7,5 ha land in eigendom, waarvan jaarlijks een deel verhuurd wordt i.v.m. de vruchtwisseling.



Fig. 12 Topografische kaart met de ligging van de voorgestelde pilotlocatie (luchtfoto, Multimap.com en peilbebeerkaart Rijnland)

Het beoogde onderzoeksgebied bij het bedrijfsgebouw aan de overkant van de Oude Herenweg beslaat 5,5 ha en bevindt zich in boezemgebied. Het land is verdeeld over drie percelen, die afwateren op een doodlopende sloot. Voorheen waren dit vier percelen, maar in verband met het verhogen van de efficiëntie zijn de percelen Berbee en Oude Schuur onlangs samengevoegd. De percelen ten oosten (perceel Midden) en westen (perceel Berbee en Oude Schuur) van de sloot zijn gedraineerd met drainagebuizen die uitkomen in de sloot en de drains van het perceel ten zuiden van de sloot (perceel Achter Willem) komen uit in een hoofddrain die vervolgens ook uitkomt op de sloot. Deze sloot staat via een eigen pomp in verbinding met het boezemwater. De pomp wordt gebruikt om het water in de sloot op te zetten in periodes dat het gewas sterk verdampt of tijdens periodes met vorst. In periodes van neerslagoverschot of tijdens grondbewerkingen wordt het waterniveau in de sloot verlaagd. De bedden lopen evenwijdig aan de drains met uitzondering van het perceel Midden, waar de bedden evenwijdig lopen aan de weg en loodrecht staan op de drainrichting. Het organische stofgehalte is vrij hoog voor duinzandgrond en ligt rond de 2%.

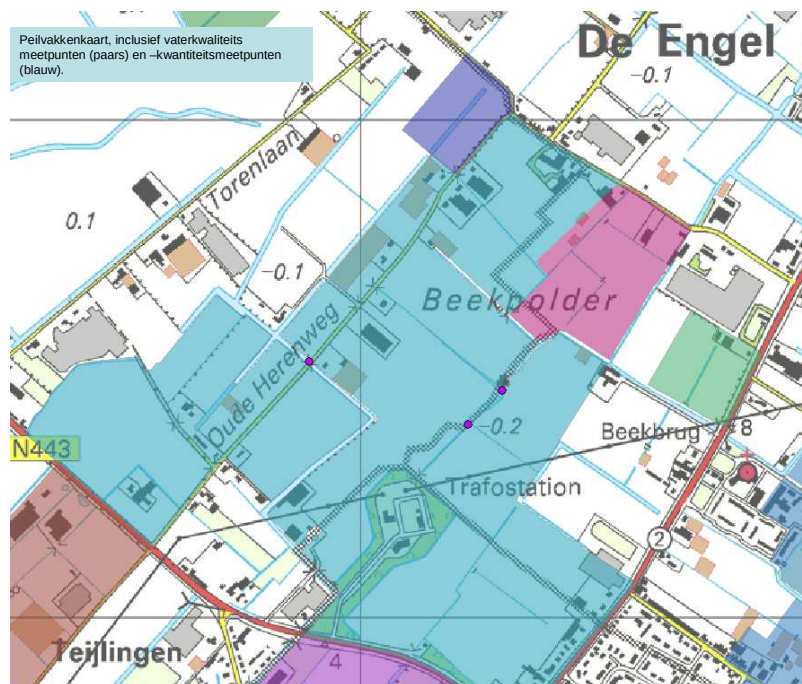


Fig. 13 Peilvakken en meetpunten in de omgeving van de voorgestelde pilotlocatie. Een deel van het bedrijf waarop de pilot wordt voorgesteld heeft een eigen onderbemaling

De firma Bisschops start dit jaar met het registratie en certificeringssysteem MPS (Milieu Programma Sierteelt). De informatie over meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen die ten behoeve van MPS geregistreerd wordt, kan direct gebruikt worden voor de KRW pilot. Eric Bisschops zal het aanspreekpunt zijn voor het onderzoek in de pilot.

6 Onderzoeks- en meettechnieken

6.1 Inventarisatie van onderzoekslocaties met hydrologische en bemestingsmaatregelen

In de afgelopen 10 jaar zijn in Nederland diverse langjarige meet- en monitoringsstudies ontworpen en uitgevoerd waaruit voor de KRW-pilot Duin- en Bollenstreek lering kan worden getrokken, zowel wat betreft de keuzes die gemaakt zijn in de ontwikkelde meet- en monitoringsplannen en de achterliggende motivaties, als (in het geval van reeds uitgevoerde studies) praktijkervaring en zaken die men achteraf anders had willen aanpakken. Kennis van deze projecten is noodzakelijk om te kunnen profiteren van de sterke punten van deze studies en om te voorkomen dat tijdens de uit te voeren pilot dezelfde fouten gemaakt worden

De voor de KRW-pilot Duin- en Bollenstreek meest relevant geachte projecten worden beknopt besproken. In aanhangsel 2 worden per studie de aanleiding en de hoofdelementen van het meet- en monitoringsplan besproken, de eventueel tijdens de studie doorgevoerde maatregelen benoemd, en, voor zover mogelijk, de opgedane lessen uit de praktijkervaring met het geïmplementeerde meetprogramma opgesomd.

Tabel 5 Samenvatting van de inventarisatie van meetmethoden in onderzoeksprojecten met veldonderzoek

project	doelstelling	monitoringsplan kwantiteit	monitoringsplan kwaliteit	maatregelen
Polder de Noordplas	Effect van waterbeheer op de chloride- en nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Grootste deel project was gericht op sluitend krijgen water- en stoffenbalans van de polder	Continue en handmatige registratie peilen, stijghoogtes, freatische grondwaterstanden. Continue afvoeren drainagebuizen waterinlaat over damwand	Chloridenconcentraties in grond en oppervlaktewater (conventioneel en sensorisch) debietproportionele bemonstering chloride en nutriënten drainagewater	Verhoging van het oppervlaktewaterpeil voor een peilvak gedurende een jaar
Hupselse Beek	Inzicht in dynamiek van grond- en oppervlaktewaterkwaliteit op verschillende schaalniveaus in stroomgebied	Metingen op 3 schaalniveaus: stroomgebied, substroomgebied en perceel Continue en handmatige registratie peilen, stijghoogtes, freatische grondwaterstanden Continue afvoeren perceel drainagebuizen en grondwaterafvoer via damwandconstructie Continue afvoer stroomgebied middel gecalibreerde stuw Continue registratie neerslag en temperatuur	Waterkwaliteit via conventionele bemonstering en analyse Continue sensorische metingen waterkwaliteit mbv Hydriion-10 multi-parametersonde (10 parameters gelijktijdig) Continue meting fosfaat met phosphax Chemische maandgemiddelde samenstelling drainwater mbv SorbiSamples	Opstelling gaat gebruikt worden voor experiment met peilgestuurde drainage (zie peilgestuurde drainage Rijn en IJssel)
Peilgestuurde drainage Rijn en IJssel	Kwantificeren invloed van peilgestuurde drainage op uitspoeling van nitraat en fosfaat naar het oppervlaktewater en het grondwaterstandsverloop en effectiviteit om water vast te houden	5 bestaande drains worden uitgerust met peilsturingsdrainage. Continue registratie grondwaterstanden	Continue meting fosfaat met Phosphax Continue meting nitraat met Nitratax Maandgemiddelde nitraat en fosfaatconcentratie met SorbiSamples	
Peilgestuurde drainage provincie Zeeland	Kwantificeren van effect peilgestuurde samengestelde diepe drainage als een mogelijke oplossing om emissies uit de bodem te reduceren	Registratie van afvoeren in putten waarin verzamel drains uitkomen. Een pomp zorgt voor uitstroom naar de sloot. Registratie van slootpeil, grondwaterstanden en drainageniveaus met drukopnemers.	Continue registratie van EC, nitraat in verzamelputten. Ntot en Ptot meting van water in verzamelputten met SorbiSense, daarnaast ook meting in het lab van Ntot, Ptot, ammonium en sulfaat. Halfjaarlijks totaalanalyses van drainwater in de verzamelputten. Halfjaarlijks bodemvocht en grondwaterbemonstering op verschillende dieptes	4 drainagevarianten: 1. conventionele drainage met normaal (oorspronkelijk) drainagepeil; 2. conventionele drainage met verhoogd drainagepeil; 3. verdiepte drainage met normaal (oorspronkelijk) drainagepeil; 4. verdiepte drainage met verhoogd drainagepeil.

project	doelstelling	monitoringsplan kwantiteit	monitoringsplan kwaliteit	maatregelen
DOVE klei	Door middel van meten inzicht krijgen in effecten van bemesting op de oppervlaktewaterkwaliteit bij grasland	Continue afvoer van sloten, greppels en drains door deze over een geijkt V-schot te leiden. Met een drukmeter werd continue de waterhoogte boven het V-schot bijgehouden	Debietproportionele bemonstering in combinatie met lab analyses Actuele denitrificatiesnelheid ongestoorde grondmonsters in lab Potentieel denitrificatiemetingen in lab op gestoorde monsters uit bodemprofiel Mineralisatie metingen in lab op gestoorde monster uit bodemprofiel Lab analyse fysisch-chemische bodemeigenschappen	
Vlietpolder	Inzicht krijgen in maatregelen voor verbetering van de waterkwaliteit in veenweidegebieden Fase 1: opstellen water- en stoffenbalans van de polder Fase 2: in praktijk brengen van maatregelen die zijn opgesteld aan de hand van het in fase 2 verkregen inzicht	Continue registratie debieten en grondwaterstanden	Lab analyse oppervlaktewater inlaat en uitgeslagen water, grondwater waaronder ook stabiele natuurlijke isotopen Registratie aan- en afvoer nutriënten op bedrijven. Denitrificatiesnelheid in sloot en bodem Analyse bodemvocht en ondiep grondwater mbv keramische cups Oppervlakkige afvoer in slootwand: conventionele bemonstering uit opvangbakken	Baggeren van hoofdwatgang en poldersloten Afstemming bemesting op waterbeheer, niet bemesten bij hoge grondwaterstanden Opstellen slootschoonplannen voor ecologisch beheer sloten Plaatsing drinkbakken voor vee (beperkt) flexibel peilbeheer
Emissies bloembollenteelt (1992-1996)	Inzicht in de emissie van bestrijdingsmiddelen en nutriënten uit de bloembollenteelt	Registratie van grondwaterstanden in raaien loodrecht op de sloot en registratie van slootwaterstanden. Registratie van drainafvoer met debietmeters en registratie van slootafvoer van een geheel bollenperceel, ook met debietmeters. In Wassenaar (drainafstand 40m) werden enkele drains bemonsterd en in St. Maartensbrug (drainafstand 5m) werden gekoppelde drains bemonsterd	Debietproportionele monsternamen drainwater. Deelmonsters werden gemengd Bewaring in het veld vond plaats in koelkasten. Bemonstering van bodemvocht met poreuze cups en grondwater uit piëzometers enkele malen per jaar (interval ca. 50 mm neerslagoverschot)	Geen maatregelen ten behoeve van het onderzoek.

project	doelstelling	monitoringsplan kwantiteit	monitoringsplan kwaliteit	maatregelen
Bollenmeer (Wieringermeer)	Inzicht in de water en nutriëntenbalans op perceelsniveau en bedrijfsniveau van bloembollenteelt nieuw aangelegde bollengrond in de Wieringermeer, met een watersysteem waarbij zoveel als mogelijk wordt zorg gedragen voor de eigen zoetwatervoorziening door recirculatie	Registratie van debieten in de ouiten waarin de veld drains uitkomen en waarin het grondwaterpeil wordt gereguleerd. Registratie van pompuren en registratie van watertanden en grondwaterstanden mbv drukopnemers	Maandelijks bemonstering van drainwater, reservoirwater en buitenwater. Tweemaal per jaar grondwaterbemonstering	Handhaven van grondwaterstanden door middel van subinfiltratie met gerecirculeerd water
Bemestingsvrije perceelsranden	Vaststellen van de effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden tav de belasting van perceels- en kavelssloten, met stikstof en fosfaat door middel van veldonderzoek en door middel van modelberekeningen. De modelberekeningen dienen voor nadere interpretatie van de resultaten voor extrapolatie naar andere omstandigheden	Raaien met grondwaterstandsbuizen loodrecht op de sloot waarin mbv drukopnemers de grondwaterstand wordt geregistreerd. Afvoer naar de sloot wordt geregistreerd aan de hand van pompuren va pompen waarmee dat vanuit opvangbakken die de waterstroom opvangen in de sloot wordt gepompt	Debietproportionele monsternamen van het gepompte water uit de opvangbakken. Van elke mm afvoer wordt een deelmonster genomen en de deelmonsters worden gemengd tot maximaal 5 deelmonsters of maximaal 1 week. Bewaring in het veld vindt plaats in koelkasten. Grondbemonstering om de twee jaar en enkele malen per jaar bemonstering van bodemvocht met poreuze cups en grondwater uit piezometers	Instellen van bemestingsvrije perceelsranden, waarbij op 1 locatie stroken met verschillende breedtes zijn aangelegd. Maatregel wordt onderzocht ivm discussies in het kader van Nitraat Actie Programma met EU.

6.2 Interpretatie en effectvoorspelling met rekenmodellen

Het voorgestelde pilotproject levert veel informatie op. Voor de interpretatie, de analyse en de extrapolatie kunnen rekenmodellen een nuttig hulpmiddel zijn. Idealiter zou men vanuit de empirie al heldere conclusies kunnen trekken, maar het gewas – bodem – watersysteem is zodanig complex dat dit meestal niet mogelijk is, of alleen mogelijk is met heel uitgebreide proefnemingen en meetsystemen. Modellen worden daarom vaak als een hulpmiddel ingezet om ontbrekende stukjes in de puzzel in te vullen.

Voor bodemwater, grondwater en oppervlaktewater en voor de kwaliteit van water in bodem, grondwater en oppervlaktewater wordt een beeld geschetst van mogelijkheden voor het toepassen van rekenmodellen. Daarbij zal een gedetailleerde en een eenvoudige, globale, aanpak worden beschreven. Ingegaan zal worden op de benodigde expertise om de modellen toe te kunnen passen, de gegevensbehoefte van de modellen en de kosten in termen van menskracht. Een uitgangspunt is dat voor deze pilot geen nieuwe modellen ontwikkeld worden.

6.2.1 Gedetailleerd modelinstrumentarium

In gedetailleerde modellen zijn veel processen beschreven. Door dergelijke modellen in te zetten is zal men in de pilot ook de belangrijkste processen voor de specifieke omstandigheden van de percelen en het boezem-deel kwantitatief kunnen beschrijven. Aan de inzet van dergelijke modellen kleven voor- en nadelen:

Voordelen: Als de belangrijkste processen zijn beschreven kan men met een procesgeoriënteerd modelinstrumentarium zowel een diagnose stellen van de oorzaken van emissie en de gevolgen, maar kan men ook een prognose maken van de effecten van maatregelen. Het modelinstrumentarium legt verbanden tussen processen, tussen ruimtelijke eenheden en tussen tijdvakken. Aan de hand van scenario's wordt inzicht verkregen in de gevoeligheid van het watersysteem en de stuurbaarheid op de bronnen die verantwoordelijk zijn voor de emissie.

Nadelen: Een procesgeoriënteerd modelinstrumentarium vergt veelal specialistische kennis. Daarnaast moeten veel invoervariabelen en parameters worden ingeschat en dienen maatregelen en scenario's in wijzigingen van specifieke modelparameters te worden vertaald. De uitvoer is vaak omvangrijk, zodat een keuze gemaakt moet worden voor de meest kenmerkende modeloutput

Een voor de pilot geschikt gedetailleerd modelinstrumentarium zou kunnen bestaan uit:

- SWAP – ANIMO, dat op perceelsniveau is toe te passen. Met dit instrumentarium is ca. 20 jaar ervaring en het is in veel onderzoeksprojecten toegepast, waaronder het onderzoek naar de emissies in de bloembollenteelt (Van

Aartrijk *et al.*, 1995). Daarnaast vormt dit instrumentarium een belangrijk onderdeel van het STONE-model dat wordt gebruikt voor o.a. nationale evaluaties van het mestbeleid en de ex-ante evaluatie KRW-landbouw (Van der Bolt *et al.*, 2008). De keuze voor dit instrumentarium heeft het voordeel van consistentie met de aanpak voor evaluaties van het landelijke beleid. Dit instrumentarium is echter niet geschikt voor het simuleren van de effecten van scenario's t.a.v. de regionale grondwaterstroming en de effecten van ruimtelijke gedifferentieerde ingrepen binnen een perceel (bufferstroken).

Op basis van SWAP – ANIMO is binnen het project Monitoring Stroomgebieden een gebiedsmodel gemaakt, waarin het model wordt gedraaid voor alle relevante peilvakken. Binnen dit project is het instrumentarium gekoppeld aan een eenvoudig model voor oppervlaktewaterstroming en nutriëntenprocessen in het open water.

- MetaSWAP/MODFLOW voor hydrologie en ANIMO/RT3D voor nutriëntenprocessen en –transport. Recent is een prototype ontwikkeld dat naar verwachting vanaf 2009 in enkele pilots zal worden ingezet en zo nodig zal worden verbeterd. Met dit model kunnen effecten van ruimtelijke variatie in bodemeigenschappen, ruimtelijke gedistribueerde ingrepen en de invloed van regionale grondwaterstroming op de uitspoeling naar oppervlaktewater wel worden berekend. De huidige versie werkt nog op basis van het MetaSwap-model waarin de simulatie van bodemtemperatuur, de invloed van sneeuw en vorst nog niet mogelijk is. Verwacht wordt dat in de komende twee jaar deze processen wel in het model zullen worden opgenomen. Het uitvoeren van berekeningen met dit model vergt een hogere hogere graad van specialistische kennis en heeft een nog grotere behoefte aan modelinvoerparameters dan in het eerder genoemde SWAP – ANIMO instrumentarium. Een koppeling van dit instrumentarium aan een oppervlaktewater kwaliteitsmodel heeft nog niet plaats gevonden, maar wordt wel verwacht binnen enkele jaren in het kader van het NHI-Waterkwaliteit, waarin de belangrijkste kennisinstellingen gezamenlijk werken aan nieuwe en verbeterde koppelingen tussen waterkwaliteitsmodellen voor landelijke en regionale toepassingen.

Behalve de genoemde onderzoeksmodellen kan ook worden voorgebouwd op de het FIW-MultiSwap model (Van den Eertwegh *et al.*, 2003; Van den Eertwegh *et al.*, 2006) dat binnen het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland is toegepast voor de Vlietpolder, de Noordplaspolder en een deel van de Haarlemmermeer. In dit model kan de waterstroming en het transport van niet-reactieve stoffen worden gesimuleerd en kan men inzicht krijgen in het effect van allerlei waterbeheerstrategieën. Om dit instrumentarium in te zetten voor de KRW-pilot is nodig:

- een update van de rekenkernen naar de actuele versies; Het model is ca. zeven jaar geleden ontwikkeld en heeft sindsdien geen adaptief onderhoud meer gehad;
- een uitbreiding met een rekenmodule voor het reactieve transport van nutriënten in de bodem en zo mogelijk ook in het oppervlaktewater;
- een uitbreiding met een meer gebruiksvriendelijke user-interface, waardoor het voor een bredere groep mensen toegankelijk wordt.

De genoemde updates en uitbreidingen staan echter in tegenstelling tot het uitgangspunt dat in deze pilot vooralsnog geen nieuwe modellen worden ontwikkeld of basis-onderzoek wordt uitgevoerd.

6.2.2 Vereenvoudigd modelinstrumentarium

Voorzien wordt dat binnen de pilot behoefte zal gaan ontstaan aan gebruiksvriendelijke en vereenvoudigde modellen die te gebruiken zijn buiten de kring van model-specialisten. Het doel van dergelijke modellen is om relatief snel een eerste indruk van de effecten en maatregelen te krijgen, ook in gebieden waarvan minder gegevens bekend zijn dan van de pilot (extrapolatie). De vraag naar dergelijke tools bestaat al langer. Aan deze behoefte kan invulling worden gegeven door:

- zgn. meta-modellen af te leiden van de hierboven genoemde onderzoeksmodellen. In het verleden is ten behoeve van WaterNOOD een metamodel afgeleid van ANIMO-model waarmee de belasting van het oppervlaktewater kon worden geschat. Deze NutriCalc-tool is echter afgeleid van globale landelijke gegevens en is tevens verouderd en is daarmee voor de pilot niet geschikt. Op basis van de nieuw te verzamelen gegevens zou met behulp van het onderzoeksmodel wel een voor de Duin- en Bollenstreek specifieke versie zijn af te leiden.
- In de periode 2009-2011 wordt door Deltares, in samenwerking met het Planbureau voor de Leefomgeving en Alterra een nieuwe versie van de KRW-Verkenner ontwikkeld. Het doel van deze ontwikkeling is om de waterbeheerders tools aan te reiken voor de tweede reeks Stroomgebieds Beheersplannen. Binnen de nieuwe KRW-Verkenner zal het inlezen van een SOBEK-modelschematisering tot de mogelijkheden behoren. Maatregelen op boezemniveau zouden hierdoor met het nieuwe instrument gesimuleerd kunnen worden. Het instrument biedt dan ook de mogelijkheid om de gevolgen voor de ecologische aspecten van waterkwaliteit te evalueren. Een voorwaarde is echter wel dat consequenties van specifieke maatregelen op veldniveau dan door de modelgebruiker worden ingevoerd.

7 Plan van aanpak installatie en meetcampagne

7.1 Onderzoekslocatie

De onderzoekslocatie bestaat uit drie percelen die allen afwateren op een doodlopende sloot. In de percelen liggen de drains standaard op 3 roe (ca. 11 m) van elkaar en zijn ongeveer 15 drains aanwezig. Op het meest zuidelijke perceel (Achter Willem) lopen de drains evenwijdig aan de middensloot en zijn de drains aangesloten op een buis, welke als een verzameldrain functioneert, die uitkomt ter plaatse van de duiker in de dam tussen de percelen. De drains in de voorste helft van dit perceel liggen op 1,5 roe afstand i.v.m. het hogere slibgehalte van de bodem en de drains op het achterste deel liggen op de standaardafstand van 3 roe. De drains van de andere twee percelen liggen op de standaardafstand van 3 roe en komen rechtstreeks uit in de sloot. Op het bedrijf zijn dus twee verschillende ontwateringssituaties: drains van twee percelen die direct uitkomen in de sloot en drains van één perceel (achter Willem) die uitkomen in een verzameldrain. Hiervan kan gebruik worden gemaakt bij de inrichting van het onderzoek.



Fig. 14 Luchtfoto van de voorgestelde onderzoekslocatie, begrenzing van de percelen aangegeven met een groene lijn, meetpunten in het oppervlaktewater aangegeven met een blauwe stip

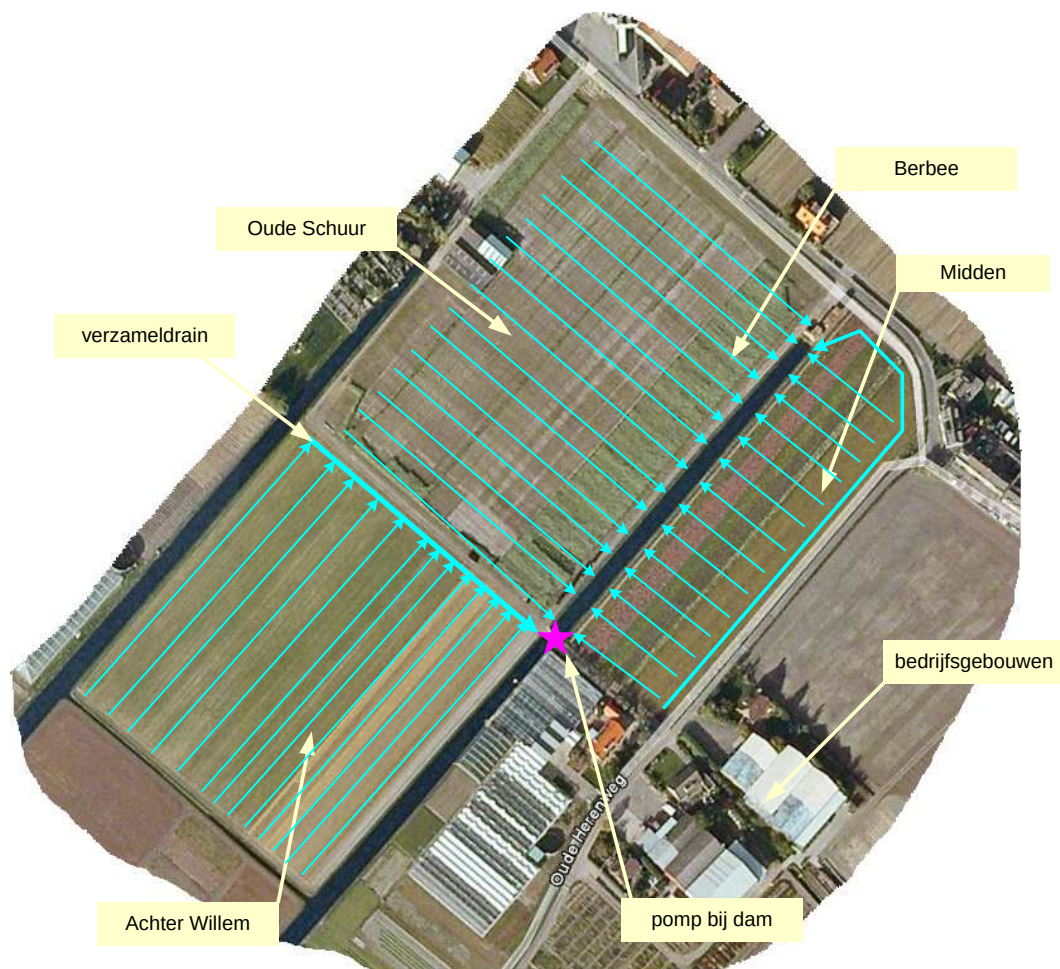


Fig. 15 Kaart van de percelen van de Fa. Bisschops met ligging van drains

7.1.1 Veldverkenning

Geadviseerd wordt om bij de inrichting van de pilot te starten met een fase “Veldverkenning”. In deze fase wordt beoordeeld of het Plan van Aanpak adequaat is en in welke mate rekening gehouden moet worden met de variabiliteit van de nutriëntentoestand in de bodem, de waterafvoer uit drains, de concentraties in het drainwater en de concentraties in het grondwater. Voor deze veldverkenning worden de volgende acties voorgesteld:

- Eénmaal een analyse van 20 bodemonsters, te weten verzamelmonsters van 10 plaatsen en 2 dieptes (20 cm en 80 cm diep). De 10 plaatsen zijn verdeeld in: vier plaatsen in vak “Oude Schuur/Berbee” en “Achter Willem” en twee plaatsen in vak “Midden”. Per plaats bestaan de monsters uit een aantal deelmonsters. De grondanalyses betreffen N_{min}, organische stofgehalte, kalkgehalte, Al+Fe-gehalte, pH, fosfaatgehalte;
- Tweemaal een analyse van drainwatermonsters, met een maand tussentijd. Voor de bemonstering wordt een dag tevoren het peil in de sloot tussen “Midden” en “Oude Schuur/Berbee” omlaag gebracht door te pompen. Dit gebeurt in een periode waarin bolgewassen er geen hinder van ondervinden. De volgende dag

wordt handmatig uit alle drains een watermonster genomen en dit wordt geanalyseerd op: EC, pH, chloride, nitraat, nitriet, ammonium, totaal stikstof, sulfaat, ortho-fosfaat, totaal-fosfor, ijzer;

- Eénmaal een analyse van 20 grondwatermonsters. Hiertoe worden 10 buizen geplaatst met filters op twee diepten. De buizen worden toegeedeeld aan de drie vakken: vier buizen in “Oude Schuur/Berbee” en “Achter Willem” en twee buizen in “Midden”. Na het plaatsen van de buizen wordt een tussentijd van ca. 1 maand in geacht genomen voordat de monsters worden genomen. De buizen die gedurende de looptijd van de pilot kunnen blijven staan worden met een straatpot afgewerkt.

Op basis van de grond- en wateranalyses is een indruk te verkrijgen van de variatie van de bodem, de drains en het grondwater. Voor de onderzoeksfase van de pilot wordt gezocht naar twee of vier deelvakken binnen de genoemde percelen waarvan de drainbuizen niet veel verschillen vertonen in drainafvoer en concentraties in drains en grondwater.

Als binnen “Achter Willem” grote verschillen voorkomen in de grondanalyses en de concentraties in grondwater, dient in de pilot extra aandacht te worden besteed aan dit vak. Een optie zou kunnen zijn om ter plaatse van de aansluiting van de drainbuizen op de centrale drain de drains open leggen en een put te installeren waarin apparatuur voor drainafvoermeting en monsternamen wordt geplaatst.

7.1.2 Onderzoeksfase

Percelen

Voorgesteld wordt om in de vakken “Oude Schuur/Berbee” en “Midden” twee onderzoekslocaties aan te brengen met in elk vak een referentielocatie en een locatie met een maatregel. Eventueel kan in “Achter Willem” ook een onderverdeling worden aangebracht door bij de aansluiting van de drains op de centrale drain de buizen open te leggen en in een put af te werken. Uit oogpunt van het management van de teler zou dit extra een inspanning vragen en is deze optie niet te prefereren. In deze fase wordt deze mogelijkheid tot het uitvoeren van onderzoek alleen als optie gezien indien binnen de drains van “Oude Schuur/Berbee” en “Midden” geen geschikte locatie gevonden kan worden.

In de gedraineerde vakken die direct op de sloot afwateren worden tweemaal drie drains aan elkaar gekoppeld, waarbij de verzameldrain in een reservoir uitkomt. Het peil in het reservoir wordt gereguleerd met vlotters en twee pompen (ingaaende en uitgaande waterstroom). Gestreefd wordt om het peil in het reservoir gelijk te laten zijn aan het slootwaterpeil. In de buizen waardoor water wordt ingepompt en uitgepompt worden watermeters aangebracht. Van het ingepompte en uitgepompte water wordt volgens debietproportionele wijze water bemonsterd.

In de vakken worden per proeflocatie 8 (2 raaien loodrecht op de slot in duplo) grondwaterstandsbuizen aangebracht met filters op 3 dieptes (60-80 cm-mv, 150 cm-mv en 250 cm-mv). In de slootbodem en in het sloottalud worden buizen geplaatst met filters op twee dieptes. In een aantal filters wordt de waterstand geregistreerd met automatische drukopnemers. De filters worden ca. viermaal per jaar bemonsterd.

De regencijfers van het station in Lisse worden gebruikt.

Gebied

Om de effecten op grotere ruimtelijke schaal te kunnen volgen wordt de sloot onder de brug in de Oude Heerenweg bemonsterd. Tevens worden op dit punt voorzieningen getroffen voor de meting van de waterafvoer uit het achterliggende gebied.

Uitwerking gegevens en opstellen balansen

Het onderzoek in de eerste twee onderzoeksjaren richt zich op het meten van termen van de water- en stoffenbalans. In deze periode kan het inzicht in de meest kansrijke maatregelen verder tot stand komen. Toch is het zinvol om bij aanvang van het project een indruk te hebben van het type maatregelen, om in de eerste twee jaar de uitgangspositie van de “referentie” en de “maatregel” deelvakken goed te kunnen meten.

Het is zinvol om balansen op te stellen per deelvak, per vak, voor het bedrijf en voor het gebied dat afwatert onder de brug in de Oude Heerenweg. De meest precieze gegevens zijn te verwachten voor de eerste drie schaalniveaus.

Tabel 6 Vaststellen van termen van de waterbalans + temperatuur

	Deelvak	Vak	Bedrijf	Gebied
Neerslag	Regenmeter Lisse	Regenmeter Lisse	Regenmeter Lisse	Regenmeter Lisse
Berekening	Indien toegepast: registratie + capaciteit			registratie
Verdamping	KNMI- gegevens + gewasfactoren	KNMI- gegevens + gewasfactoren	KNMI-gegevens + gewasfactoren + arealen	KNMI- gegevens + gewasfactoren + arealen
Drainafvoer	Watermeter in centrale drainbuis			
Slootafvoer		V-schot achter bestaande VOPO-pomp	Divers bij V- schotten van vakken	Meting onder brug Oude Heerenweg
Inlaat	Watermeter in centrale drainbuis	V-schot achter VOPO-pomp	Divers bij V- schotten van vakken	Meting onder brug Oude Heerenweg
Kwel / wegzijging	Interpretatie van metingen van divers			
Slootkwel	Slootkwelmeting			
temperatuur	Temperatuur registratie in bodem		Temperatuur registratie in slootwater	

Tabel 7 Vaststellen van termen van de nutriëntenbalans

	Deelvak	Vak	Bedrijf	Gebied
Bemesting + aanvoer via andere materialen	Registratie teler	Registratie teler	Registratie teler	Registratie teler
Aanvoer met plantgoed	Registratie teler + gewasanalyse	Registratie teler + gewasanalyse	Registratie teler	Schatting, o.b.v. waarneming geteelde gewassen
Afvoer met bolgewas	Registratie teler + gewasanalyse	Registratie teler + gewasanalyse	Registratie teler	Schatting, op basis van waarneming van geteelde gewassen
Depositie	Gegevens op basis van KNMI / RIVM	Gegevens op basis van KNMI / RIVM	Gegevens op basis van KNMI / RIVM	Gegevens op basis van KNMI / RIVM
Denitrificatie ¹	Meting potentiële denitr. Snelheid, correctie voor vocht, temp. Etc.	Diepte profielen nitraat	Diepte profielen nitraat	
Vervluchting	schatting	schatting	schatting	schatting
Ophoping in bodem of nalevering uit de bodem (mineralisatie, desorptie)	Nmin en Pox metingen per seizoen, verschillende dieptes	Nmin en Pox metingen per seizoen, verschillende dieptes	schatting	schatting
Afvoer / aanvoer met drain / slootafvoer of aanvoer	Concentraties in debietproportionele monsters van drainwater		Concentraties in debietproportionele monsters van slootwater	
Slootkwel			Concentraties in water van Slootkwelmeting	

¹ Onderzoek met het ¹⁵N-isotoop kan worden overwogen als deelstudie in een latere fase van het project

Inrichting meetapparatuur

In vak “Midden” en in vak “Oude Schuur/Berbee” worden elk twee verzamel drains geïnstalleerd en voorzien van een reservoir met pompen, vlotters en een unit voor bemonstering en de sturing van de pompen (figuur. 16).

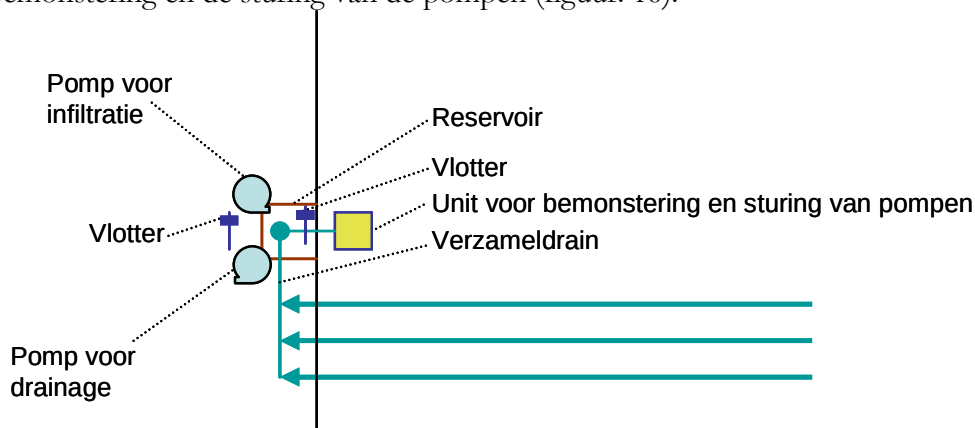


Fig. 16 Schematisch bovenaanzicht van de inrichting van apparatuur bij een verzamel drain

De debietportionele watermonsters worden maximaal 1 week bewaard in de koelkast. Voor de energievoorziening dient een electriciteitskabel (220V) te worden aangelegd.

Achter de VOPO-pomp bij de duiker onder dam tussen vak “Midden” en “Oude Schuur/Berbee” wordt door het aanbrengen van damwanden een bassin met twee compartimenten geconstrueerd. In de damwand worden ter hoogte van de waterspiegel V-schotten aangebracht om de waterinlaat en de waterafvoer afzonderlijke te kunnen meten. De meting vindt plaats aan de hand van de met een diver geregistreerde waterhoogten en een stuw-formule. De coëfficiënten van de stuwformule worden gedurende het veldonderzoek enkele malen geijkt.

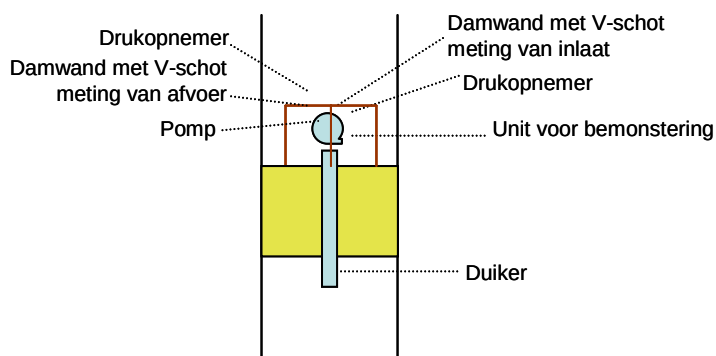


Fig. 17 Schematisch bovenaanzicht van de inrichting van apparatuur bij de duiker tussen vakken “Midden” en “Oude Schuur/Berbee”

Het in- en uitschakelen van de pomp geschiedt handmatig, op gelijke wijze waarop in het verleden de pomp werd bediend. De unit voor bemonstering wordt uitgerust twee deel-units om de monsters van het inlaatwater en het afvoerwater afzonderlijk te kunnen bewaren en te laten analyseren.

In de percelen worden piëzometers met filters met een lengte van 20 cm op een diepte van 60-80 cm-mv, 150 cm-mv en 250 cm-mv geïnstalleerd. In de buizen worden divers aangebracht om de waterhoogte te registreren met een interval van 1 uur. De buizen worden per locatie in 2 raaien loodrecht op de sloot geplaatst: Een raai halverwege tussen de drains en een raai nabij de middelste drain.

Verwacht wordt vanwege teeltactiviteiten en grondbewerking de buizen niet permanent kunnen blijven staan. Alleen de buizen in de slootkant kunnen als permanente buizen worden ingericht. De andere buizen dienen voor activiteit waardoor de grondbewerkt wordt (stro-steken, cultiveren, planten, rooien) te worden verwijderd. Geschat wordt dat binnen de percelen de buizen minimaal tweemaal per jaar moeten worden herplaatst.

In de slootbodem worden op twee plaatsen piëzometers geïnstalleerd met filters met een lengte van 20 cm op een diepte van 30, 100 en 250 cm-mv onder de slootbodem. De piëzometers worden uitgerust met een diver.

Regenmeter: in principe worden de regencijfers van het neerslagstation in Lisse gebruikt. Overwogen kan worden om op het bedrijf een regenmeter te plaatsen om de neerslag op uurbasis op uurbasis te registreren. Dit is alleen nodig als uit de eerste resultaten van het veldonderzoek blijkt dat snelle transportroutes over en door de bodem een duidelijke invloed hebben op de waterkwaliteit.

Bemonsteringsschema

Drainwater: 1 maal per week van zowel het drainage water als het infiltratiewater.

We verwachten dat slechts in enkele periodes zowel drainage als infiltratie plaatsvindt. Per meetopstelling van gekoppelde drains worden daarom 60-70 monsters per jaar verwacht.

Slootwater: 1 maal per week van zowel het inlaat als het afvoerwater.

We verwachten dat slechts in enkele periodes zowel afvoer als inlaat plaatsvindt. In een aantal weken zal geen afvoer / inlaat plaatsvinden: daarom wordt het aantal monsters op 50 geschat.

Grondwater: 4 maal per jaar.

Het onderzoeksoptelling wordt uitgegaan van 8 buizen met filters op 3 diepten. Totaal worden 96 watermonsters per meetopstelling per jaar verwacht.

Grondwater onder slootbodem:

12 maal per jaar (maandelijks). In totaal worden 72 watermonsters per jaar verwacht

Analysepakketten

De watermonsters worden geanalyseerd in een gecertificeerd laboratorium. Als analysepakket wordt voor het eerste jaar voorgesteld:

Tabel 8 Analyse pakketten van drainwater, slootwater en bodem/grondwater

	drainwater	slootwater	Bodem / grondwater
EC, pH, nitriet+nitraat, Kjeldahl-N, Totaal-N (ongefilterd), ammonium, ortho-P, Totaal-P (ongefilterd), bi-carbonaat, sulfaat, chloride, Na, K, Ca, Mg, Al	X	X	X
BOD		X	
Fe	X		X

Na 1 jaar veldonderzoek en na de verwerking van de monsterresultaten vindt een evaluatie plaats. Eventueel kan men besluiten enkele elementen uit het analysepakket te laten vervallen: bi-carbonaat, Na, K, Ca en Mg. Echter, de mogelijk tot een controle van de ionenbalans zou hiermee wel komen te vervallen.

Verwerking en beheer van meetgegevens

In het onderzoek worden verschillende metingen uitgevoerd. De ervaring leert dat vanwege het aantal gegevens, het verschil tussen de type gegevens en de verwachting dat meerdere personen zullen bijdragen een systeem gebaseerd op Excel-spreadsheets op termijn de nodige organisatie en onderhoud vraagt. Geadviseerd wordt om bij aanvang van het onderzoek een gestructureerde database te ontwerpen waarin op gebruiksvriendelijke wijze:

- data kunnen worden ingevoerd
- data kunnen worden gecontroleerd (integriteit, validiteit, bijvoorbeeld check eenheden of op ionenbalans)
- data kunnen worden beveiligd op onbedoelde mutaties
- data kunnen worden gevisualiseerd
- data kunnen worden geëxporteerd
- meta-informatie van de gegevens kan worden opgeslagen

Afhankelijk van de ICT-mogelijkheden bij het Hoogheemraadschap van Rijnland kan ervoor gekozen worden om het ontwerp van de data-structuur te implementeren in gekoppelde MS-Excel spreadsheets.

Waterbodem

Waterbodems kunnen een groot effect hebben op de kringloop van stoffen in het bodem, grondwater, oppervlaktewatersysteem. Het is daarom van belang om dit mee te nemen in het onderzoek om een sluitende stofbalansen op te stellen. Het gaat daarbij om de fysisch-chemische samenstelling van de waterbodem zelf, maar ook om de samenstelling van het poriewater. Dit laatste is met name een uitdaging om dit goed te doen. De volgende werkwijze wordt voorgesteld om de waterbodem in de pilot mee te nemen.

- Bemonstering en analyse van de waterbodem op chemische samenstelling in een zomer en een winter situatie. Met name gehalten aan redoxgevoelige parameters zoals ijzeroxides kunnen een variatie door het jaar vertonen. Dit heeft een effect op het gedrag van fosfaat in een waterbodem;
- Metingen van de poriewatersamenstelling in de waterbodem. Hiervoor zijn meerdere technieken mogelijk die meer of minder experimenteel van aard zijn;
 - o Uitpersen van een gestoken kern;
 - o Bemonstering van gestoken kern in Sofiecel. Met deze cel kunnen ongestoorde sedimentmonsters worden genomen. Het (eventueel anaerobe) poriewater kan vervolgens continu worden gemonitord op macrochemische karakteristieken en zware metalen concentraties, waarbij simultaan een bioassay kan worden uitgevoerd;
 - o dialyse cellen (piepers) in waterbodem. Dit zijn cellen gevuld met demi-water die d.m.v. een semipermeabele membraan van de omgeving is afgesloten. Na verloop van tijd ontstaat dan evenwicht met de stoffen opgelost in het poriewater van de waterbodem. Het water in de cel wordt bemonsterd en geanalyseerd waarbij de dialyse cel op z'n plek blijft zitten. Dit is een groot voordeel van de dialyse cel. Op deze wijze kan worden vastgesteld of er seizoenale fluctuatie in de poriewaterconcentraties van stikstof en fosfaat plaatsvindt. Hieruit kan dan worden afgeleid of er mobilisatie dan wel immobilisatie optreedt en of hier seizoenale patronen in te ontdekken zijn. Een dergelijke aanpak vereist wel een forse inspanning.

7.2 Voorgestelde maatregelen voor de pilot

Op 5 oktober 2009 heeft een gesprek plaatsgevonden met Eric Bisschops waarbij de te testen maatregelen (uit paragraaf 4.2) zijn besproken. In onderstaande tabel staat welke maatregelen de voorkeur hebben van Bisschops en wat de reden daarvoor is.

Acht van de dertien in paragraaf 4.2 voorgestelde maatregelen bleken niet van toepassing i.v.m. de bedrijfssituatie of de geteelde gewassen. Twee toepasbare maatregelen worden al toegepast door de teler (teelt N vanggewas en NBS). Uiteindelijk blijven er drie teeltmaatregelen over om te testen in het onderzoek. Dit zijn:

- Gebruik van mineraalarme organische mest
- Toepassen beddenbemesting
- Toepassen fertigatie

Hierbij moet opgemerkt worden dat Bisschops de mineraalrijke organische mest (drijfmest) gewoonlijk toepast voor het gewas narcis. Het is nog niet zeker of er narcissen geteeld gaan worden op de beoogde percelen in de proefperiode dat maatregelen getest gaan worden.

Fertigatie is in onderzoek rendabel gebleken bij hyacintenteelt, maar dit geldt alleen bij een goede marktsituatie (goede prijzen) voor hyacinten. Het afgelopen jaar (2009)

waren de prijzen niet goed genoeg om fertigatie een aantrekkelijke maatregel te laten zijn.

Tabel 9 Mogelijke maatregelen op de onderzoekslocatie van de pilot

Maatregel	Voorkeur Bisschops	Reden
Goede bodemkwaliteit / handhaven of herstellen goede bodemstructuur	n.v.t.	Bodemstructuur is goed
Gebruik maken van GPS bij planten, meststrooien en spuiten*	n.v.t.	Kleine percelen, apparatuur niet beschikbaar
Composteren van gewasresten en hulpmateriaal	n.v.t.	Weinig eigen afval
Teelt van een stikstof (en fosfaat?) vanggewas of groenbemester	ja	Gebeurt al. Meestal gerst, soms bladrammenas
Gebruik van mineraalarme organische mest	ja	Drijfmest met stro (voor narcis) vervangen door mineraal arm materiaal
Plaatsing fosfaatmeststoffen in de wortelzone	n.v.t.	Gebruikt geen fosfaatkunstmest
Toepassen beddenbemesting	ja	Toepasbaar, maar niet met eigen meststrooier
Toepassen fertigatie	ja	Alleen rendabel in hyacint
Goede afstelling kunstmeststrooier, regelmatig testen	n.v.t.	Niet van toepassing bij centrifugaal-strooier
Toepassen NBS	ja	Wordt al toegepast
Toepassen langzaamwerkende N meststoffen	n.v.t.	Niet geschikt voor deze gewassen
Toepassen bladbemesting	n.v.t.	idem
Precisie berekening	n.v.t.	Voert geen berekening uit

Op 26 oktober 2009 heeft tevens een gesprek plaatsgevonden met de bollentelers die met regelmaat land huren van Bisschops voor de teelt van hyacint (Pennings) en tulp (De Ridder). Deze huurders zijn bereid om op het moment dat zij telen op de onderzoekslocatie, hun medewerking te verlenen aan het onderzoek en de benodigde informatie (o.a. bemestingsregistratie en doorgeven van tijdstip grondbewerking) aan te leveren.

Behalve de genoemde teeltmaatregelen kunnen twee typen maatregelen in het watersysteem worden overwogen:

- dieper leggen van drainbuizen
- zuivering van water uit centrale drain

Een beoordeling van de kansrijkheid en de haalbaarheid van deze maatregelen is te geven nadat de uitkomsten van het onderzoek in het PuriDrainproject en de resultaten van het eerste onderzoeksjaar van deze Pilot bekend zijn. Na het eerste onderzoeksjaar wordt verwacht dat een globaal inzicht is te verwerven in de balansen en in de bronnen van stikstof en fosfaat dat aanleiding geeft tot eutrofiëring.

7.3 Globale kostenraming

Veldverkenning (eerste kwartaal 2010)

Installatie van buizen met filters:	4 - 5 mensdagen
Bemonstering:	3 – 4 mensdagen
Analysekosten:	20 grondmonster à € 300 en ca. 80 watermonsters à € 200 in twee rondes = € 22.000
Interpretatie en rapportage:	3 mensdagen
Organisatie en communicatie:	2 mensdagen

Inrichting meetapparatuur (tweede en derde kwartaal 2010)

Materiaal:		
Monstername-, meet- en regelapparatuur, Pompen, Damwanden + voorziening voor debietmeting		afhankelijk van keuze voor automatisch hoog-frequent meten of “traditioneel” meten: €50.000 – €100.000
Elektriciteitsvoorziening		€10.000 – €30.000
Koelkasten + voorzieningen		€2.000 – €4.000
Menskracht:		
Organisatie en communicatie		10 mensdagen
Installatie van grondwaterstandsbuizen + gedetailleerde boorbeschrijving		5 mensdagen
Installatie drainwater- bemonsteringsvoorziening		20 mensdagen
Testen, ijken en controle werkzaamheden na installatie		20 mensdagen

Monstername, verwerking en begeleiding (bedragen per jaar)

Materiaal:		
Analysekosten watermonsters		€40.000 - €80.000
Analysekosten gewasmonsters		€10.000 – €30.000
Analysekosten grondmonsters en slibmonsters		€10.000 – €20.000
Proefveldvergoeding		p.m.
Menskracht:		
Organisatie en communicatie		p.m.
Verzamelen watermonsters		25 mensdagen
Verzamelen gewasmonsters		5 mensdagen
Verzamelen grondmonsters en slibmonsters		2 – 5 mensdagen
Verwerking analyseresultaten		20 mensdagen
Testen, ijken en controle werkzaamheden regulier		20 mensdagen

8 Communicatie

8.1 Stakeholderanalyse

Doel

Vaststellen welke partijen een belang hebben bij deze pilot, wie de contactpersonen zijn van deze partijen en hoe met hen gecommuniceerd moet worden ten behoeve van het bereiken van de doelen van het project.

Opzet analyse

Door middel van onderstaande stakeholderanalyse is informatie over relevante betrokkenen gestructureerd vastgelegd. Deze informatie kan in de loop van het project verder worden aangevuld. In de analyse is een onderverdeling gemaakt in sectorniveau (bloembollensector) en bedrijfsniveau (rond de pilot).

Tabel 10a Stakeholderanalyse op sectorniveau van de KRW Pilot Bloembollenstreek

Doelgroep	Contactpersoon	Belang van stakeholder	Potentiële bijdrage aan project(doel)	Type communicatie
KAVB / LTO	Martien Zandwijk / Jan van Aartrijk	Rentabiliteit sector, oplossingen voor grote groep	Informeren van en draagvlak creëren bij achterban	Informeren en mee laten denken over communicatie
KAVB kring Bloembollenstreek	John van 't Slot (voorzitter)	Vertegenwoordiging kwekers bloembollenstreek	Informeren van leden via ledenavonden en studieclubs en creëren draagvlak	Informeren en mee laten denken over communicatie
Bloembollenkwekers	geen	Winstgevend bedrijf	geen	Informeren via open dagen, vakblad en demo's
Landelijk Milieuoverleg Bloembollen (LMB)	Martien Zandwijk	Verbeteren milieuprestaties bloembollensector	Draagvlak voor project onder provincies, waterschappen en sector	Informeren
Greenport Duin & Bollenstreek	José Kools	Economisch sterke streek	Communicatie naar omgeving over project	Informeren
Hoogheemraadschap van Rijnland: systeembeheerder, gebiedsbeheerder, Hoogheemraad	Aafke Krol	Goede waterkwaliteit	Financier, beheerder watersysteem	Interne communicatie Rijnland
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Henk Bouman	Goede waterkwaliteit	Ervaringen uit NH inbrengen	Informeren en in klankbordgroep
Waterschappen Zuiderzeeland	Michiel Heuser	Goede waterkwaliteit	Ervaringen uit Flevoland inbrengen	Informeren
Provincie Zuid-Holland	Jan Meijles	Verminderen emissie, economisch krachtige sector	Eventueel financiering	Informeren
Groen Onderwijs	Piet Vlaming	Opleiding, nieuwe kennis	Stagiaires	Informeren over project en over resultaten i.v.m. opleiding jonge agrariërs, excursies

Tabel 10b Stakeholderanalyse op bedrijfsniveau rond het bedrijf van Bisschops in de KRW Pilot Bloembollenstreek

Doelgroep	Contactpersoon	Belang van stakeholder	Potentiële bijdrage aan project(doel)	Type communicatie
Studiegroep		Uitwisseling kennis en ervaringen	Meedenken en nieuwe kennis toepassen	Studiegroepbijeenkomsten
Landhuurders	Dave Pennings (hyacint) Leon de Ridder (tulp)	Goede grond voor optimale teelt	Juiste verwachtingen, aanleveren teelt informatie	Gesprek voorafgaande aan project en tussentijds contact ivm teelt op onderzoekslocatie
Afnemers	Narcis: 70-80% van narcissen is eigen pottenbroei ² dahlia: droogverkoop via exporteurs	Goede kwaliteit product	Randvoorwaarden producten / eisen klanten inbrengen	Informeren en betrekken
Loonwerker	Henk van Gerven (diepploegen, stro) Romijn (baggeren) Duivenvoorde (planten narcis)	Levering diensten	Rekening houden met pilot bij uitvoering van werkzaamheden	Informeren
Toeleveranciers	Van der Veen (meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen) Duivenvoorde (compost)	Verkoop inputs, voorop lopen in kennis	Meedenken en kennis uitdragen	Informeren en betrekken, eventueel bij studiegroep
Bedrijfsadviseur	Bob Bisschops (broer en werkzaam bij DLV)	Goed advies & resultaat, voorop lopen in kennis	Meedenken en kennis uitdragen	Informeren en betrekken, eventueel bij studiegroep
Buren		Geen overlast, rustig wonen	Zich positief uitlaten over pilot. Oogje in 't zeil houden i.v.m. apparatuur.	Informeren
Gemeente Voorhout		Verminderen emissie, ruimtelijke ordening	Indien nodig verstrekken van vergunningen	Informeren

² afzetbemiddeling door Flora Holland Connect; 20% droogverkoop via Exporteurs

8.2 Informeren stakeholders

In bovenstaande analyse staan de stakeholders genoemd die geïnformeerd moeten worden over het project. Ongerichte communicatie naar de sector kan via vakbladen plaatsvinden en de e-nieuwsbrief van de Coöperatieve Nederlandse Bloembollen-centrale. Gerichte communicatie naar de stakeholders die op de hoogte moeten zijn kan plaatsvinden via een brief.

Artikel in vakbladen (Bloembollenvisie, Vakwerk) bij start project

Het verdient aanbeveling om bij de start van het project een artikel te plaatsen in het vakbladen BloembollenVisie met informatie over de aanleiding, het doel en de aanpak van het project. Ook gedurende of na afloop van het project kunnen ervaringen en resultaten via het vakblad bekend worden gemaakt.

Bericht CNB nieuwsbrief bij start project

Een beknopt bericht ter bekendmaking van het project kan bij de start geplaatst worden in de elektronische nieuwsbrief van CNB die dagelijks verschijnt.

Brief naar stakeholders (+ vakbladartikel ter info) bij start project

Gerichte communicatie naar stakeholders die op de hoogte gesteld moeten worden, maar niet direct betrokken worden bij het project kan plaatsvinden via een brief bij aanvang van het project.

8.3 Betrekken stakeholders

Stakeholders die invloed hebben op de bedrijfsvoering of een direct belang hebben bij de kwaliteit van de producten van het bedrijf van de onderzoekslocatie moeten betrokken worden bij het onderzoek. Dit geldt in eerste instantie voor de landhuurders, toeleveranciers, bedrijfsadviseur en afnemers. Het is voor hen van belang goed op de hoogte te zijn van het onderzoek en het eventuele effect daarvan op de gewassen en producten.

Het gesprek met de huurders heeft al plaatsgevonden (october 2009) en zij hebben hun medewerking aan het onderzoek toegezegd. Met de overige te betrekken stakeholders zijn nog geen gesprekken gevoerd. Deze gesprekken moeten plaatsvinden in overleg met Bisschops.

8.4 Uitwisseling kennis en ervaring

Uitwisseling van kennis en ervaring met de bloembollensector moet plaatsvinden in nauw overleg met de KAVB.

Vorming studiegroep

Bisschops is geen lid van een studiegroep en vindt deelname aan een studiegroep op dit moment teveel beslag op zijn tijd leggen. Hij staat wel open voor deelname aan enkele studiegroepavonden voor informatie uitwisseling met collega telers in relatie tot het onderzoeksproject. In overleg met Bisschops en de KAVB kring Bollenstreek kan bekeken worden of het de voorkeur heeft om bij een bestaande studiegroep aan te sluiten of een nieuwe groep te vormen. Bij de vorming van een nieuwe groep kan gedacht worden aan het betrekken van de telers die met regelmaat land huren van Bisschops voor de teelt van hyacint (Pennings) en tulp (De Ridder), de teoeleveranciers en bedrijfsadviseur en de oud-leden van de Telen met toekomst studiegroep (2004-2007).

Rondleidingen, open dagen, ledenavonden KAVB kring Bloembollenstreek

Gedurende het project kunnen de resultaten gedeeld worden met bollentelers en andere stakeholders via rondleidingen en open dagen bij de onderzoekslocatie of via de open dagen van PPO. Een andere mogelijkheid voor het bespreken van resultaten en ervaringen zijn de ledenavonden die georganiseerd worden door de KAVB kring Bloembollenstreek.

9 Conclusies en aanbevelingen

Het Hoogheemraadschap van Rijnland gaat in de Duin- en Bollenstreek een pilot inrichten waar onderzoek zal worden verricht met het oog op de verbetering van de waterkwaliteit. De volgende onderzoeksvragen staan centraal:

- Hoe ziet de water- en stoffenbalans eruit van een gemiddelde bollenpolder, welke termen zijn wel of niet stuurbaar?
- Welke maatregelen zijn effectief, bedrijfseconomisch verantwoord en hebben draagvlak in de sector?

De pilot vergt een aanzienlijke onderzoeksinspanning. In deze studie is de samenwerking met en het draagvlak van de sector van groot belang.

Van de maatregelen waarvan verwacht wordt dat ze een grote milieuwinst kunnen opleveren scoort het gebruik van mineraalarme organische mest het hoogst. Deze maatregel wordt tezamen met de plaatsing van fosfaatmeststoffen in de wortelzone ook als het meest kosteneffectief beschouwd. Een optimale plaatsing van fosfaatmeststoffen in de wortelzone en een goede afstelling van de kunstmeststrooier heeft het hoogste draagvlak onder bollentelers.

De speelruimte om te variëren met waterpeilen is minimaal in de bollenteelt. Een maatregel waarin drainbuizen dieper en op kleinere afstand worden geplaatst heeft wel potentie, indien een optimale ontwatering en watervoorziening maar gewaarborgd blijven. Het draagvlak voor zuivering van water in een perceels- of kavelsloot en in zuiverings-units bij uitslagpunten en gemalen is veel groter dan voor eventuele maatregelen op of binnen het perceel.

Op basis van een reeks criteria en informatie verkregen uit veldbezoeken is het bedrijf van de fa. Bisschops geselecteerd als pilotlocatie. Op dit bedrijf zijn relatief eenvoudig meetopstellingen te installeren. Gezien de eutrofiëringsgraad van het oppervlaktewater wordt verwacht dat een maatregel ook een zichtbaar effect kan hebben.

Op het bedrijf van Bisschops kunnen drie teeltmaatregelen worden beproefd in het onderzoek:

- Gebruik van mineraalarme organische mest
- Toepassen beddenbemesting
- Toepassen fertigatie

Een waterhuishoudkundige maatregel die beproefd zou kunnen worden is het herplaatsen van drains op een grotere diepte, gecombineerd met een geringere drainafstand. Verder leent de locatie zich goed om over twee jaar nieuwe technieken uit te testen voor de zuivering van drainwater (centrale drain) en oppervlaktewater met nieuwe technieken die momenteel in ontwikkeling zijn.

Aanbevolen wordt om in het eerste kwartaal van 2010 een bemonstering van de bodem en het drainwater uit te voeren om binnen de percelen de meest geschikte locaties aan te wijzen voor de installatie van meetapparatuur.

Voor de interpretatie van de meetgegevens zal op termijn gebruik gemaakt moeten worden van rekenmodellen. Meerdere modellen zijn voorhanden. Het is niet nodig nu een keuze voor één van de modellen of modelsystemen te maken. Afhankelijk van hoe de vraag en het aandachtsveld zich ontwikkelt, de beoogde gebruiker en afhankelijk van de modelontwikkelingen binnen onderzoeksinstellingen kan in een later stadium een keuze worden gemaakt.

Verder wordt aanbevolen om gedurende het gehele onderzoek veel aandacht te besteden aan communicatie, gezien het grote aantal belanghebbenden en geïnteresseerden voor het onderzoek. Daarnaast wordt geadviseerd om de wetenschappelijke kwaliteit in de verschillende fases van het onderzoek te laten beoordelen door instanties met ervaring met experimentele proefopstellingen.

Literatuur

CBS, 2008.

<http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/landbouw/publicaties/artikelen/archief/2000/2000-0612-wm.htm>

Bardoel, T., de Louw, P.G.B., van den Eertwegh, G., Folkerts, H., Griffioen, J., Janssen, H., Schaminee, J., Schraven, P. 2003. *Het effect van waterbeheer op de chloride- en nutriëntenbelasting van Polder de Noordplas – Datarapport: uitwerking van verzamelde gegevens en eerste water- en stoffenbalans*. TNO-rapport NITG 03-098-B.

Chardon, W.J., N. Reijers en A.M. van Dam, 2008. *Mogelijkheden voor toepassing van fosfaatfilters in de bloembollenteelt*. Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 1714.

De Louw, P.G.B., Bakkum, R., Folkerts, H. en van Hardeveld, H. 2004. *Het effect van waterbeheer op de chloride- en nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in Polder de Noordplas. Sythesrapport: Definitieve water- en stoffenbalans en effecten van verschillende waterbeheersscenario's*. TNO-rapport NITG 04-241-B1213.

De Louw, P.G.B., N.G.F.M. van der Aa, T.G. Bardoel, G.A.P.H. van den Eertwegh en P.Schraven. 2000. *Onderzoek naar de relatie van grondgebruik en waterbeheer met de chloride- en nutriëntenbelasting van oppervlaktewater in een diepe droogmakerij. Opzet onderzoek, inrichting meetnet en eerste resultaten in Polder de Noordplas*. TNO-rapport, NITG, rapport 00-5-B.

Dijkstra, J.P., P. Groenendijk, J.J.T.I. Boesten en J. Roelsma, 1996. *Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt; Modelonderzoek naar de uitspoeling van bestrijdingsmiddelen en nutriënten*. Wageningen, DLO-Staring centrum. Rapport 387.5

Dik, P.E. en F.J.L. Vliegthart, 2009. *Pilot permanente bollenteelt op zand in de Wieringermeer. Resultaten 2007 en 2008 (waterkwaliteit)*. Grontmij, Alkmaar.

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

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

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

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

Jansma, J.E., 1994. *De bol in de knel*. Wageningen, Landbouwniversiteit en AB-DLO. Wetenschapswinkelrapport 101.

Groenendijk, P. 2009. *Resultaten en interpretatie van waterkwaliteitsmetingen in Bollenmeer in 2007 en 2008*. Alterra rapport in druk. Wageningen,

Kater, L.J.M., W.J.M. Hazelaar, F.J. de Ruiter, B. Smit, W. van Dijk en J.R. van der Schoot, 2004. *Kosteneffectieve maatregelen-pakketten bij mineralenbeleid vedergaand dan Minas. Bloembollen*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Lisse, PPO rapport 714.

Kool, S.A.M. de et al, 2003. Praktijklab NL. *Inventarisatie, toetsing en verspreiding van innovaties in de Nederlandse landbouwpraktijk*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Lisse

Landelijk Milieuoverleg Bloembollen, in voorbereiding,. Voortgangsrapportage 2007-2008.

LTO Noord Projecten B.V, 2008. *Opengrondstuinbouw in de Duin- en Bollenstreek. Structuur en toekomstperspectieven van de bollenteelt en vaste plantenteelt. Resultaat agrarisch structuuronderzoek Duin- en Bollenstreek*. LTO Noord Projecten B.V., Haarlem

LTO telersbijeenkomst bloembollen over maatregelen KRW. 20 feb 2007

Noij, Gert-Jan, Wirn Corré, Erwin van Boekel, Henk Oosterom, Jantine van Middelkoop, Wirn van Dijk, Olga Clevering, Leo Renaud & Jan van Bakel, 2008. *Kosteneffectiviteit van alternatieve maatregelen voor bufferstroken in Nederland*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1618.

Pronk, A. 2007. *Organische stof management op zandgrond met speciale attentie voor duinzand. Literatuurstudie*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Lisse,

Rijnland. 2009.

http://www.rijnland.net/wat_doet_rijnland/onderzoek_aan_water/onderzoek_aan_water/veenweide

Salm, C. van der, J. Dolfing, J.W. van Groenigen, M. Heinen, G. Koopmans, J. Oenema, M. Pleijter en A. van den Toorn. 2006. *Diffuse belasting van oppervlaktewater met nutriënten uit de veehouderij: Monitoring van nutriëntenverliezen uit grasland op zware klei in Waardenburg*. Wageningen, Alterra-rapport 1266.

Schoumans, O.F. en H. Köhlerberg, 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. en P. Lepelaar, 1995. *Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt; Procesbeschrijving van het gedrag van anorganisch fosfaat in kalkrijke zandgronden*. Wageningen, DLO-Staring centrum. Rapport 387.1.

Schreuder, R, en J.W. van der Wekken, 2005. *Kwantitatieve informatie Bloembollen en Bolbloemen*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Lisse, PPO rapport 719.

Van Aartrijk, J., P. Groenendijk, J.J.T.I. Boesten, O.F. Schoumans en R. Gerritsen, 1995. *Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt. Samenvatting*. DLO-Staring Centrum, Wageningen. Rapport 387.6

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

Van Dam, A. *et al*, 2008. *Telen met toekomst Bemesting 2007. rapp.8, april 2008. Best practices bemesting*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Lisse, PPO rapport 338-3.

Van Dijk, W., J.R. van der Schoot, A.M. van Dam, L.J.M. Kater, F.J. de Ruijter, H. van Reuler, A.A. Pronk, Th.G.L. Aendekerk, M.P. van der Maas, 2005. *Onderbouwing N-gebruiksnormen akker- en tuinbouw. N-gebruiksnormen 'kleine gewassen'*. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Lelystad. Rapport 34.

Van den Eertwegh, G. A. P. H., J. L. Nieber, P. G. B. de Louw, H. A. van Hardeveld, R. Bakkum, 2006. Impacts of drainage activities for clay soils on hydrology and solute loads to surface water. *Irrigation and Drainage*, **55** (3) p 235-245.

Van den Eertwegh, G. Kroes, J. Smit, A. van Schaik, F., 2003. Peilbeheer met FIW MultiSWAP. *H2O* **20** p28-31.

Van Os, E.A., I.G.A.M. Noij, P.J. van Bakel, W. de Winter & F.J. van der Bolt, 2009. *Kennissysteem voor het bepalen van effecten van brongerichte en hydrologische maatregelen op de uitspoeling van N en P naar grond- en oppervlaktewater. Bijdrage maatregelen WB21 aan de realisatie van de KRW*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1863.

Ype van der Velde,* Joachim C. Rozemeijer, Gerrit H. de Rooij, Frans C. van Geer, and Hans Peter Broers. 2009. Field-Scale Measurements for Separation of Catchment Discharge into Flow Route Contributions. *Vadose Zone Journal* doi:10.2136/vj2008.0141.

Van den Eertwegh, G.A.P.H. en van Beek, C.L. 2004. *Veen, weide en vee. Water- en nutriëntenhuishouding van een veenweidepolder*. Hoogheemraadschap van Rijnland. Leiden.

Weel, M.P.M., G.J.H. de Vries en G.A. Pak, 1995. *Milieu zorg in de bloembollenteelt. Verslag van vier jaar milieupraktijkgroepen*. Utrecht, Centrum voor Landbouw en Milieu. Rapport 233-1995.

Bijlage 1 Legenda bodemeenheden

Legenda

	Aarveengronden		Kalkarme nesvaaggronden; zavel
	Weideveengronden op veenmosveen		Weideveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekveen
	Waardveengronden op (meestal niet-gerijpte) zavel of klei, beginnend ondieper dan 120 cm		Tochteerdgronden; klei
	Tuineerdgronden; lichte zavel, profielverloop 5, of 5 en 2, of 2		Liedeerdgronden; zavel, profielverloop 1
	Vorstvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand		Tochteerdgronden; zavel
	Kalkrijke leek-/woudeerdgronden; klei, profielverloop 2		Moerige eerdgr met een moerige bovengr of moerige tussenl. op niet-gerijpte zavel/klei
	Kalkarme leek-/woudeerdgronden; klei, profielverloop 2		Koopveengronden op (meestal niet-gerijpte) zavel of klei, beginnend ondieper dan 120 cm
	Kalkarme leek-/woudeerdgronden; zavel, profielverloop 5		Kalkarme poldervaaggronden; klei, profielverloop 3, of 3 en 4, of 4
	kalkarme nesvaaggronden; klei		Kalkrijke leek-/woudeerdgronden; zavel, profielverloop 5
	Kalkrijke poldervaaggronden; klei, profielverloop 3, of 3 en 4, of 4		Kalkhoudende vlakvaaggronden; grof zand
	Kalkarme poldervaaggronden; klei, profielverloop 2		Kalkarme leek-/woudeerdgronden; klei, profielverloop 5
	Kalkarme poldervaaggronden; zavel, profielverloop 3, of 3 en 4, of 4		Kalkarme poldervaaggronden; klei, profielverloop 5
	Kalkarme poldervaaggronden; lichte zavel, profielverloop 5		Liedeerdgronden; klei, profielverloop 1
	Knippige poldervaaggronden; zavel, profielverloop 4, of 4 en 3		Kalkarme drechtaaggronden; zware klei, profielverloop 1
	Kalkarme poldervaaggronden; zware zavel, profielverloop 5		Hoge zwarte enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
	Kalkhoudende duinvaaggronden; fijn zand		Kalkhoudende vlakvaaggronden; zeer fijn zand
	Koopveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekveen		Kalkrijke poldervaaggronden; lichte klei, profielverloop 5
	Kalkhoudende vlakvaaggronden; matig fijn zand		Kreekbeddingen
	Vlakvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand		Kalkrijke poldervaaggronden; klei, profielverloop 2
	Kalkrijke poldervaaggronden; zware klei, profielverloop 5		Waardveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of (mesotroof) broekveen
	Kalkrijke leek-/woudeerdgronden; klei, profielverloop 5		Kalkrijke drechtaaggronden; klei, profielverloop 1
	Kalkrijke poldervaaggronden; lichte zavel, profielverloop 2		Lage enkeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
	Kalkrijke poldervaaggronden; zware zavel, profielverloop 2		Waardveengronden op bagger, verslagen veen, gyttja of andere veensoorten
	Kalkrijke poldervaaggronden; zware zavel, profielverloop 5		Kalkrijke poldervaaggronden; lichte zavel, profielverloop 5
	Kalkarme leek-/woudeerdgronden; klei, profielverloop 3, of 3 en 4 of 4		Kalkrijke nesvaaggronden; zware zavel
	Madeveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of broekveen		Meerveengronden op zeggeveen, rietzeggeveen of broekveen
	Kalkhoudende enkeerdgronden; matig fijn zand		Opgehoogd of opgespoten
	Koopveengronden op veenmosveen		Water
	Kalkarme poldervaaggronden; zavel, profielverloop 2		Bebouwing
	Vlietveengronden		Bovenlandstrook
	Beekeerdgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand		
	Moerige eerdgronden met een zavel- of kleidek en een moerige tussenlaag op zand		

Bijlage 2 Kaartinformatie met hydrologische kenmerken

Actueel Hoogtebestand Nederland (m-NAP)

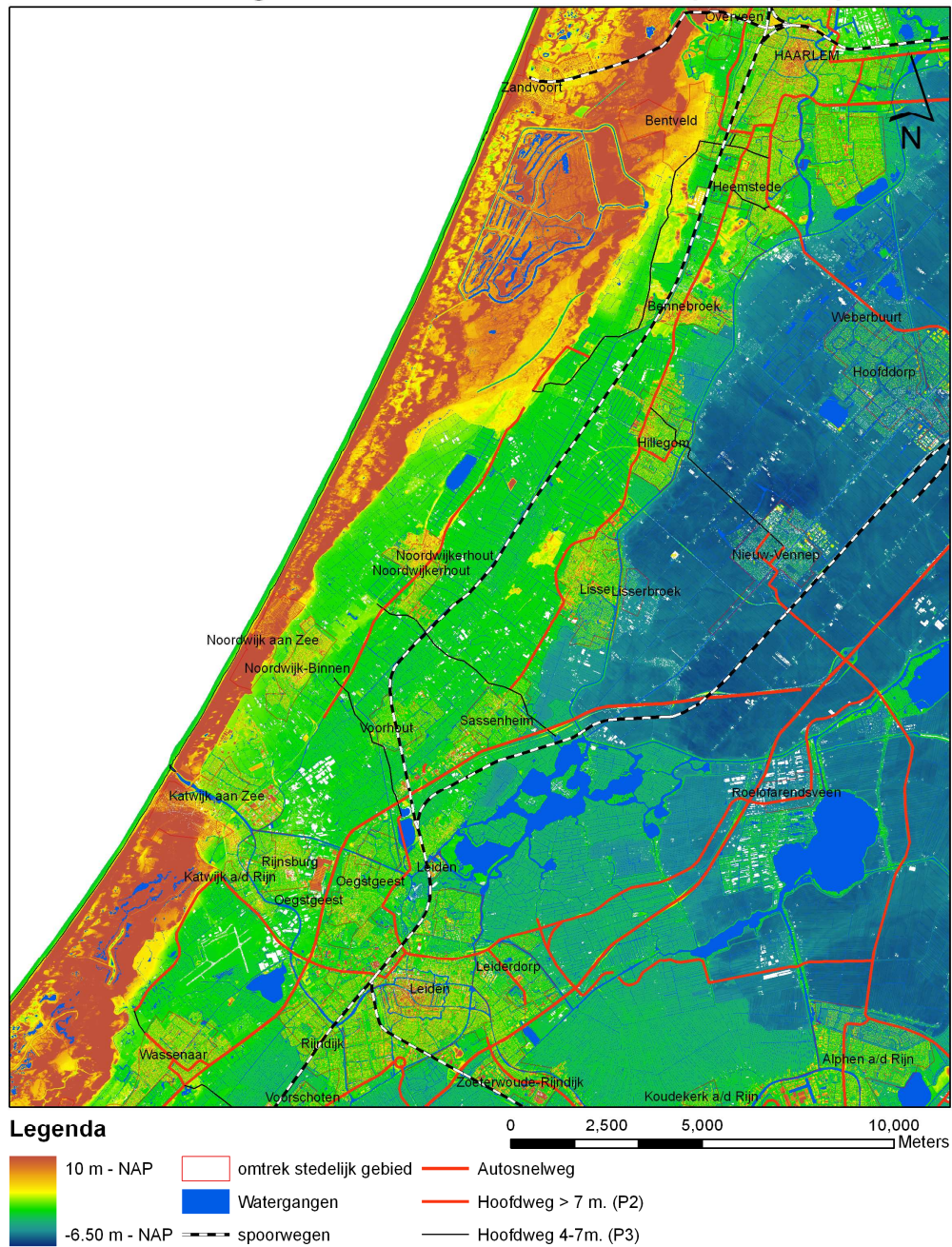


Fig. A.1 Hoogtekaart van de Duin- en Bollenstreek en omgeving

Winterpeil (m-NAP)

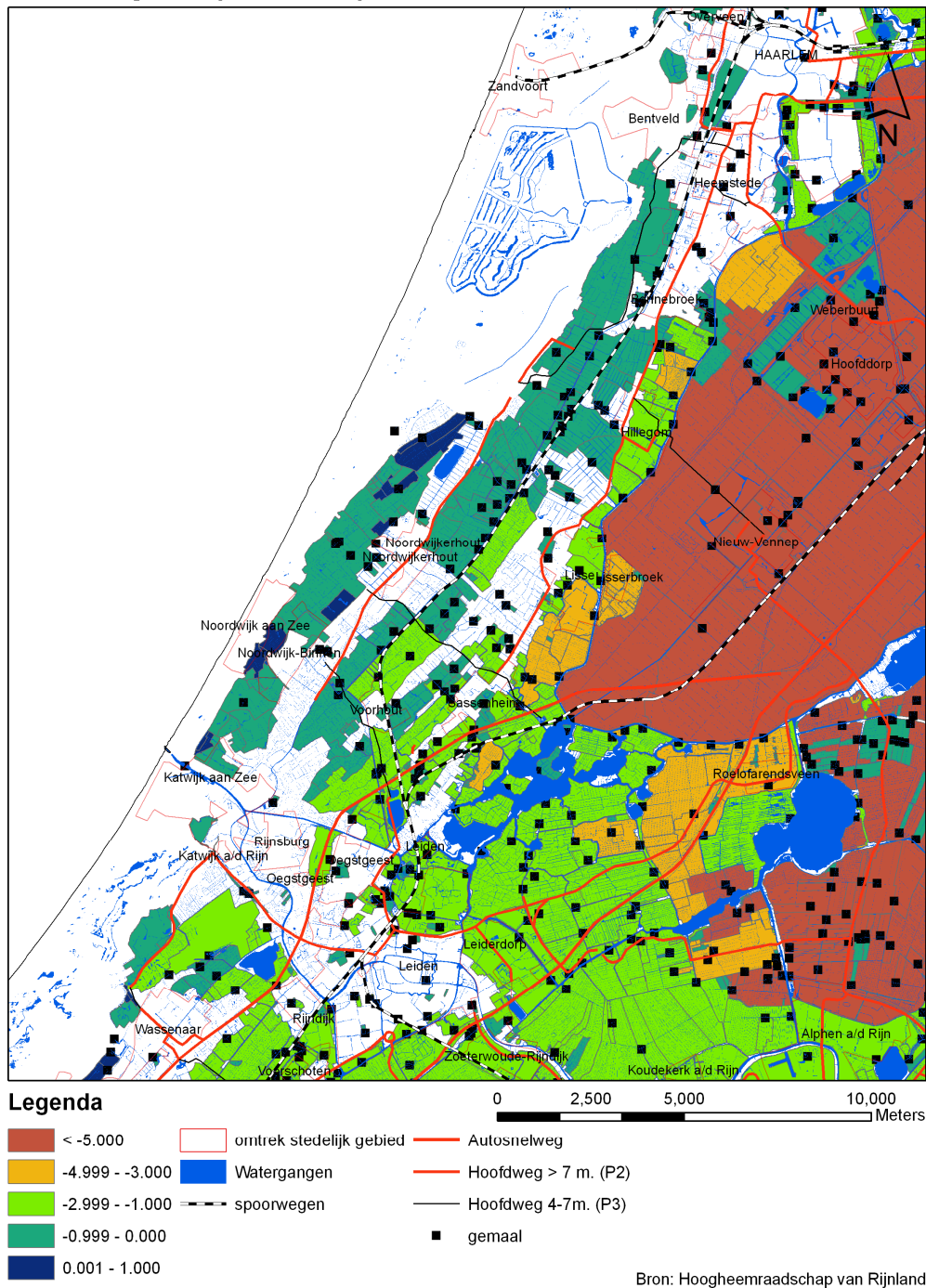


Fig. A.2 Kaart van winterpeilen en gemalen in de Duin- en Bollenstreek en omgeving

Zomerpeil (m-NAP)

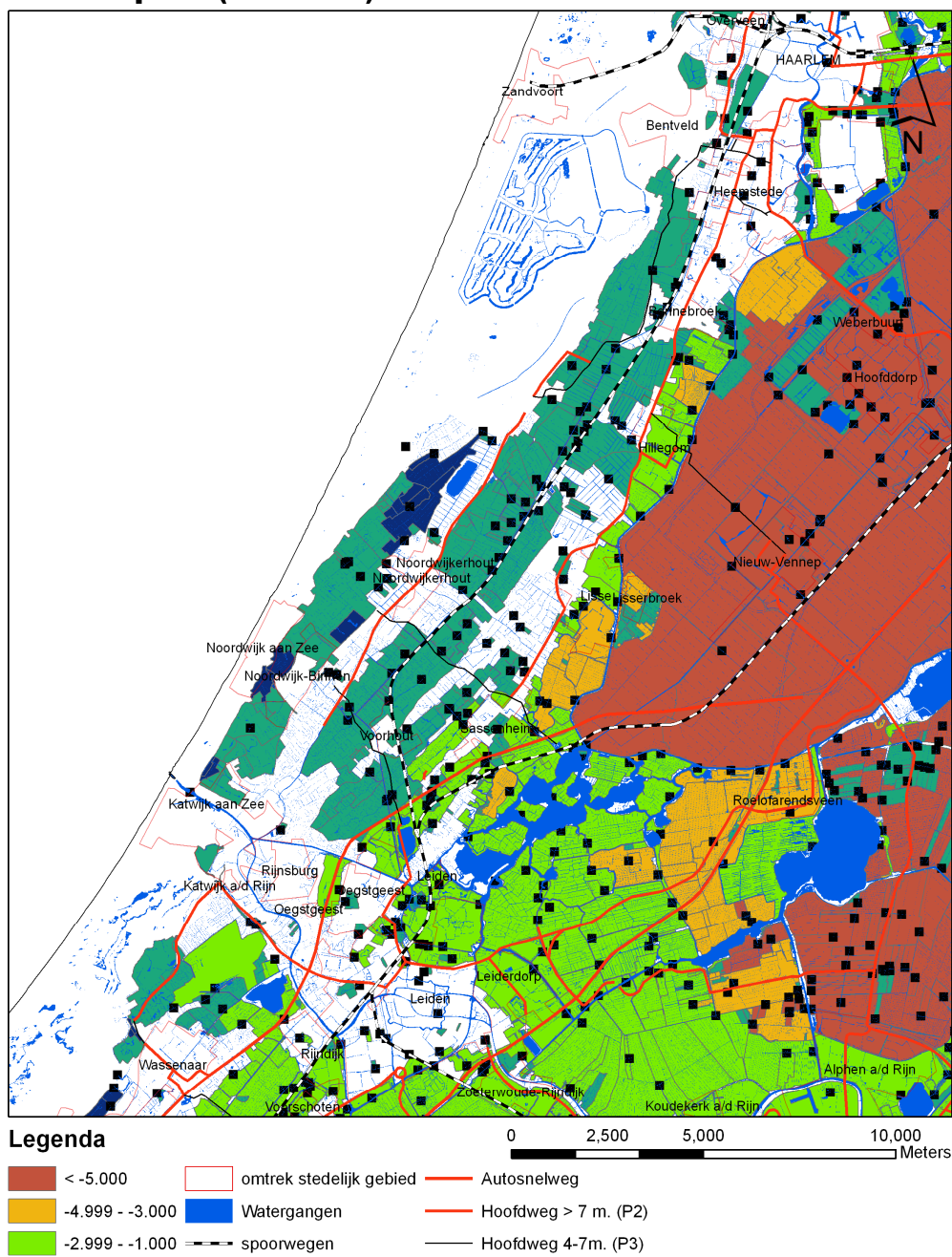


Fig. A.3 Kaart van zomerpeilen en gemalen in de Duin- en Bollenstreek en omgeving

Drooglegging winter

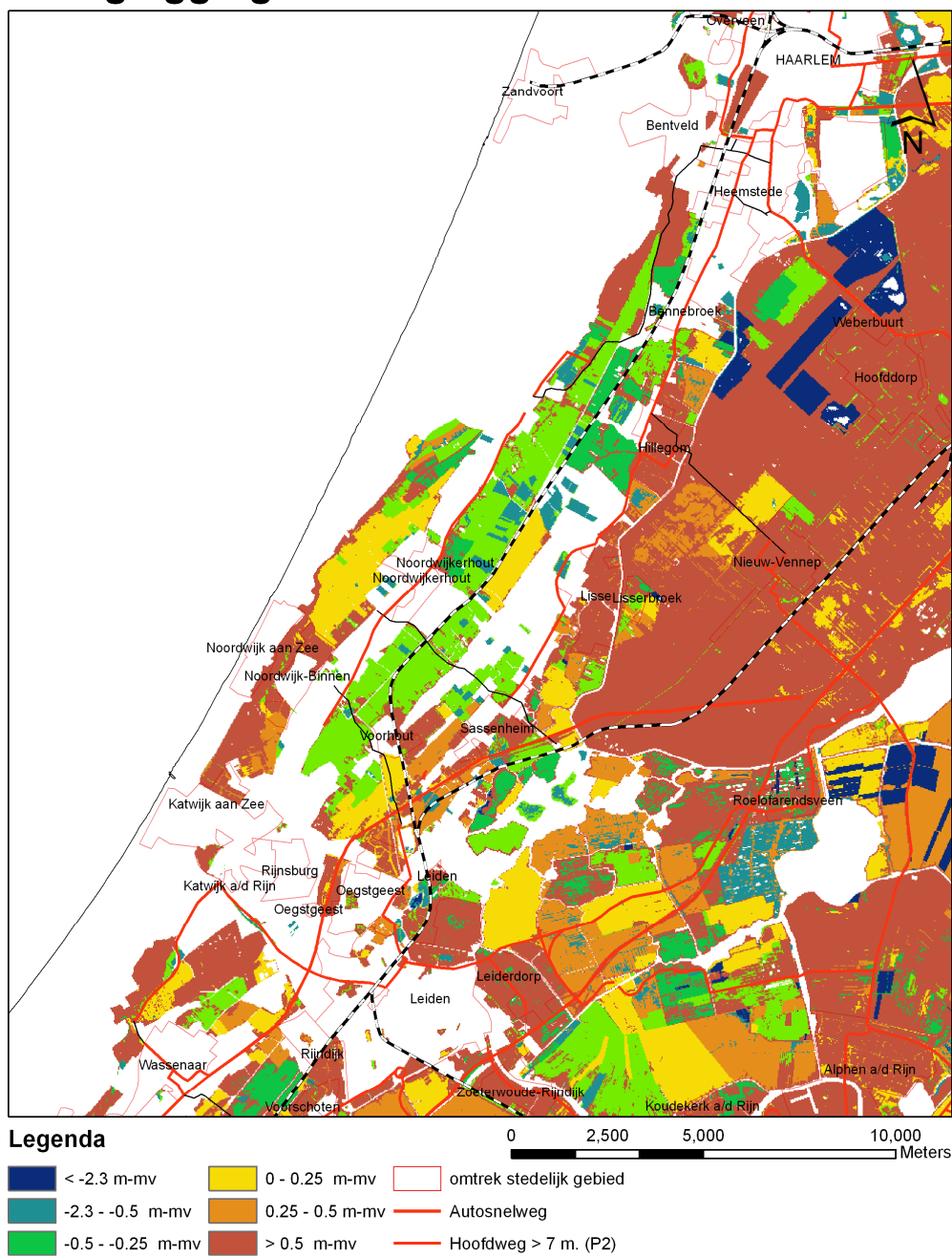


Fig. A.4 Kaart van de drooglegging in de winter in de Duin- en Bollenstreek en omgeving

Drooglegging zomer

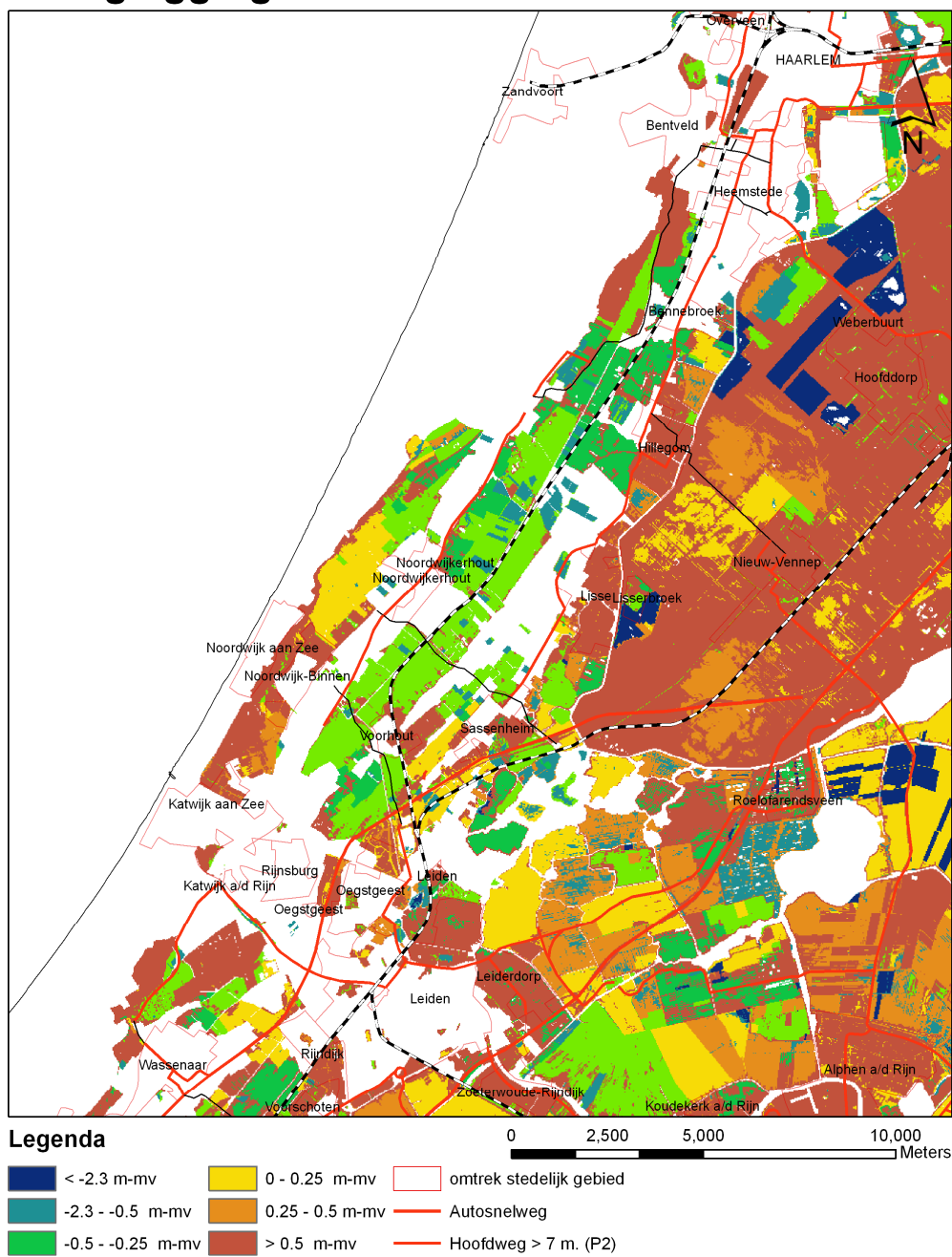


Fig. A.5 Kaart van de drooglegging in de zomer in de Duin- en Bollenstreek en omgeving

Bijlage 3 Beschrijving onderzoeksprojecten

Polder de Noordplas

Inleiding

Het project “Het effect van waterbeheer op de chloride- en nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in Polder de Noordplas” (Bardoel *et al*, 2003; De Louw *et al*, 2000, 2004, hierna afgekort als het project Polder de Noordplas) beoogde het hoofd te bieden aan de begin jaren '90 gedane constatering dat er kennis ontbrak/ontbreekt op het gebied van de bestrijding van verzilting en eutrofiëring aan de bron, in dit geval specifiek in diepe droogmakerijen. Het algemene doel van dit onderzoek was als volgt geformuleerd:

“het bepalen hoe en in welke mate een reductie van de belasting van oppervlaktewater met chloride en nutriënten te realiseren is ter verbetering van de waterkwaliteit, rekening houdend met de aanwezige functies”.

In het project Polder de Noordplas werd met name aandacht besteed aan de te verwachten effecten van peilbeheervarianten op de waterkwaliteit. Van peilverhogingen werd verwacht dat deze zouden leiden tot verminderde kwelfluxen en verminderde kwel (met bijbehorende zout- en nutriëntenvrachten). Nadelige effecten van peilverhogingen zijn o.a. verminderde waterbergingscapaciteit, natschade, en benodigde aanpassingen aan beschoeiingen.

Het grootste deel van het project was erop gericht de water- en stoffenbalans van de polder goed en sluitend in beeld te krijgen, teneinde een realistische inschatting te verwerven omtrent de verschillende bijdragen aan de totstandkoming van de waterkwaliteit. Pas dan kunnen er zinvolle maatregelen worden geformuleerd. Er is zoveel mogelijk getracht om de balansposten direct in het veld te meten. Voor sommige balansposten is/bleek dit echter niet mogelijk en zijn experimenten en modelleringen uitgevoerd om een inschatting te krijgen.

Globale experimentele opzet

De kern van het meet- en monitoringsprogramma werd gevormd door een netwerk van 14 basismeetpunten, welke ieder afzonderlijk bestonden uit een serie peilbuizen (buizen A t/m L genaamd) en een monitoring van het oppervlaktewaterpeil. De ruimtelijke verdeling van de basismeetpunten over de polder is afgebeeld in Figuur 5.1. Bij het ontwerp van dit meetnet zijn de volgende criteria gehanteerd:

- De intensiteit van de chloridebelasting van het oppervlaktewater ter plekke. De ruimtelijke verdeling van deze intensiteit was inzichtelijk gemaakt met behulp van een zogenaamde chloride-routing, waarin al varend op een boot met prikstokken om de paar honderd meter een bemonstering van het oppervlaktewater werd uitgevoerd. Meetpunten werden zo gekozen dat punten met zowel lage als hoge belasting werden opgenomen;
- De kwelintensiteit, mogelijk gerelateerd aan het voorkomen van zandbanen in de deklaag. Meetpunten met hoge en lage kwelintensiteit werden geselecteerd;

- De chlorideconcentratie van het diepe grondwater (onder de deklaag), op basis van eerdere metingen. Meetpunten met hoge en lage chlorideconcentraties van het diepe grondwater werden geselecteerd.
- Het meetnet diende ook meetpunten langs de boezem te bevatten (metingen van dijkse of lokale kwel);
- De toekomstige ligging van het HSL-traject was een factor waar rekening mee gehouden diende te worden bij de selectie van meetpunten;
- Er werd een zo gelijk mogelijke verdeling van de meetpunten over de polder nagestreefd, om een zo goed mogelijk ruimtelijk beeld te krijgen.
- Twee basismetpunten per onderzocht deelgebied werden geselecteerd (in de Noordplas studie werden naast de polder als geheel ook twee peilvakken als deelgebieden bestudeerd).

De volgende parameters werden gemeten:

- Het oppervlaktewaterpeil;
- De stijghoogte onder de slootbodem (A-buizen);
- De stijghoogte in de deklaag op ca. 5 meter beneden het maaiveld (B-buizen);
- De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket (C-buizen);
- De freatische grondwaterstand in de schouder van de sloot (D-buizen);
- De freatische grondwaterstand op 5 tot 10 meter afstand van de tocht (E-buizen);
- De freatische grondwaterstand op grotere afstand van de tocht (F-L buizen).

Een schematische weergave van de posities van de A-L buizen ten opzichte van het oppervlaktewater is gegeven in Figuur A.6. De buizen werden tweewekelijks bemeten, sommige ieder uur. Tweemaal gedurende de proef is op de basismetlocaties bovendien de samenstelling van het grondwater geanalyseerd.

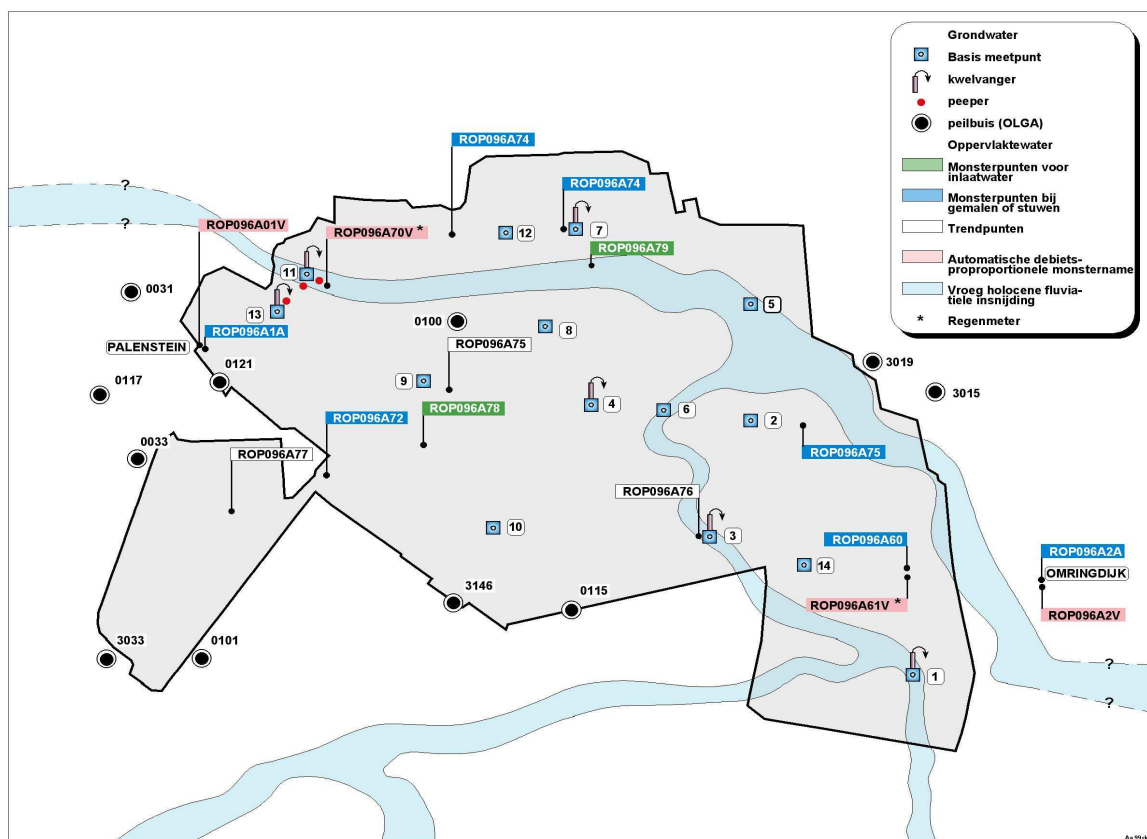


Fig A.6. Hydrologisch en hydrochemisch meetnet in Polder de Noordplas, met als kern de 14 basism Meetpunten.

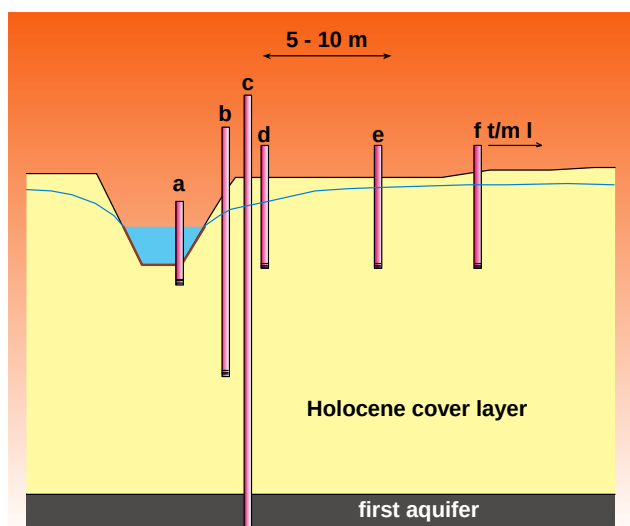


Fig A.7 Inrichting van een basismeetpunt.

Het meetnetwerk van basismeetpunten diende met name de inschatting van de regionale kwelterm, het monitoren van de propagatie van peilen en het bepalen van

de grondwaterkwaliteit. Naast het reguliere meetprogramma zijn veel veldexperimenten en –inventarisaties uitgevoerd.

Uniek aan het monitoringsprogramma was de verhoging van het oppervlaktewaterpeil voor een peilvak met een halve meter gedurende een jaar. Dit peilvak werd intensiever gemonitord: er werden in dit peilvak twee basismeetpunten geïnstalleerd, uitgerust met divers voor continue meting, er vond een intensievere bemonstering van de drainafvoer en –samenstelling plaats, de afvoer en chemische samenstelling van het polderwater werd voor het peilvak individueel bepaald, het peilvak had een eigen neerslagmeter en er werd een uitgebreide meting verricht van de inlaten.

Relevante details van het meet- en monitoringsprogramma

Voor de continue monitoring van de drainafvoer werd gebruik gemaakt van een verzamelleiding waar een aantal drainbuizen op uitmondde. De verzamelleiding mondde op haar beurt uit in een vat of reservoir met bekend volume. Door het vat leeg te pompen en het aantal gelege vaten te tellen (automatische datalogger) was een continue volumetrische meting van de drainafvoer beschikbaar. Middels automatische bemonstering werden vrachten continue bijgehouden.

De inlaat in het deelgebied met peilverhoging werd bepaald door in de vaart waaruit de meeste particulieren hun water onttrekken een damwand te slaan en daar een buis met bekende diameter in op te nemen waarin de stroomsnelheid werd bepaald.

Om inzicht te krijgen in de chemische samenstelling van het oppervlaktewater van de polder als geheel zijn automatische debietsproportionele bemonsteringen uitgevoerd van het uitgemalen polderwater en tevens bij de meetstuw van het deelgebied met peilopzet. Daarbij werd na passage van elke $x \text{ m}^3$ een steekmonster genomen, werden automatisch mengmonsters gemaakt waarbij literflessen gevuld werden met 6 tot 8 deelmonsters, en werden deze op het laboratorium handmatig gemengd tot 1-3 monsters per 3-4 dagen per locatie.

Afvoer uit het deelgebied met peilopzet werd berekend aan de hand van continue metingen van de waterstand bovenstrooms van een geijkte meetstuw van het type Rossum (Boiten, 1998). De waterstand wordt omgerekend naar een overstorthoogte, welke met behulp van een wiskundige relatie wordt omgerekend naar een afvoer.

In het deelgebied met peilopzet geschiedde de neerslagmonitoring d.m.v. “tipping buckets” (continue meting, elke 0.2 mm neerslag die valt wordt geregistreerd op het bijbehorende tijdstip). De metingen werden gecontroleerd m.b.v. een handregenmeter.

Aanvullende opmerkingen, adviezen, lessen etc.

De belangrijkste lessen die getrokken zijn wat betreft de opzet en uitvoering van de meetcampagne voor de studie Polder de Noordplas worden hieronder opgesomd.

- De effecten van de peilverhogingen zijn gemeten bij de stuw waarover over het peilvak waarin de peilverhogingen waren doorgevoerd overtollig oppervlaktewater afvoert. Tegen het einde van het monitoringsprogramma is vastgesteld dat de op deze locatie verzamelde gegevens geen goed beeld geven van de effecten omdat

boven de stuw stratificatie plaatsvindt qua chloridegehalten. Hiermee is in de uitvoering van het bemonsteringsprogramma onvoldoende rekening gehouden. In het algemeen moet bij oppervlaktewaterbemonsteringen goed rekening gehouden worden met deze gelaagdheid om representatieve metingen te verkrijgen.

- Wellen vormen een grote term in de water (10%)- en zout (60%) balans van de polder. Zonder hiermee rekening te houden kon geen sluitende balans verkregen worden voor water en zout.
- De meetperiode (januari 1999 – oktober 2001) werd lang genoeg bevonden om een beeld te krijgen van de dynamiek in grondwaterstanden op de verschillende locaties.
- Omdat de meetlocaties van de 14 basispunten wel goed verspreid lagen op basis van hydrologie, maar niet goed verspreid bleken te liggen op basis van geochemie, werd geconcludeerd dat het beter was geweest een iteratief meetnet uit te voeren, waarbij gestart wordt met de monitoring van een kleiner aantal locaties en deze indien nodig uit te breiden.
- De ijking van de capaciteit van de gemalen is alleen voorafgaand aan de studie uitgevoerd. Er is geconcludeerd dat het beter was geweest dit voor, tijdens en na het onderzoek te doen.
- Er was geen voorziening voor situaties met een piekafvoer aanwezig, zodat deze piekafvoeren niet gemeten konden worden. Hierdoor zijn met name tijdens piekafvoeren gaten ontstaan in de meetreeksen.
- Bij het plaatsen van een meetstuw met een V-vormige Rossum overlaat was geen rekening gehouden met de vrij grote overstorthoogte die nodig is om het overtollige water af te voeren. Dit leidde tot ongewenste peilstijgingen. Een ander type stuw, met een bredere overlaat, was beter geweest.
- De automatische bemonsteringsapparatuur die gebruikt werd om de vrachten die gemoeid zijn met het uitgemalen polderwater te bepalen kon op verschillende locaties de piekafvoeren niet aan: hier moet beter rekening mee gehouden worden;
- Voor een goede schatting van de regionale kwel is modellering onontbeerlijk;
- De gebruikte kwelvangerson (voor het bepalen van kwelintensiteiten) zijn niet erg waardevol gebleken. Dit kwam waarschijnlijk doordat de openingen van de kwelvangersonbuizen te dun zijn, waardoor alleen strikt verticale kwel kan worden bemeten. Kwel door de deklaag is echter hoogstwaarschijnlijk geen uniform verticaal naar boven gericht proces. Kwelvangerson zouden eigenlijk veel groter moeten zijn. Het is bijvoorbeeld mogelijk om een deel van een waterloop/sloot af te sluiten en te gebruiken als kwelvanger. Er moet dan wel gecorrigeerd worden voor de zijdelingse instroom van grondwater. Bovendien kan met deze methode geen weerstand over een bepaald traject van de deklaag worden bepaald.
- Evaluatie verschillende methoden ter bepaling van de regionale kwel: de stijghoogtemetingen (basispunten aangevuld met DINO en WLTO-meetnet) geven de meest betrouwbare informatie over het stijghoogteverschil tussen het 1^e watervoerende pakket en het freatische niveau. De beste schatting van de deklaagweerstand wordt verkregen door gedetailleerd naar de deklaag te kijken (geologische kennis en ondiepe geologische boringen).
- Er zijn op de polderschaal geen drainageafvoeren gemeten. Aangeraden wordt dit wel te doen omdat dit de (lokale veld-)kennis over het afvoerproces over en door de bodem naar het oppervlaktewater vergroot.

- Er is veel energie gestoken in communicatie met de streek. Dit heeft er toe geleid dat er voldoende draagvlak was voor de proef en begrip voor de problemen die zich voordeden (bv. ongewenst grote peilstijgingen).

Hupselse Beek (Dynaqual)

Inleiding

Dynaqual is het acroniem voor een onderzoek dat wordt uitgevoerd door twee promovendi aan de Universiteit van Utrecht en Wageningen Universiteit. Het onderzoek, dat tevens ondersteund wordt door Deltares/TNO en Alterra, heeft tot doel inzicht te krijgen in de dynamiek van grond- en oppervlaktewaterkwaliteit. Hiertoe worden de relaties tussen neerslag, onverzadigde zone, grondwater en oppervlaktewater onderzocht. Bij het veldonderzoek is er speciale aandacht voor het scheiden van de bijdragen aan de oppervlaktewaterkwaliteit en –kwantiteit in termen afkomstig van de kwel, het drainwater, en oppervlakkige afstroming. Hoewel het veldonderzoek is uitgevoerd in een zandgebied, wordt de experimentele set-up toch relevant geacht voor het huidige kader aangezien de meetinspanning die geleverd is ter beantwoording van de onderzoeksvragen uniek is en er buitengewoon veel ervaring is opgedaan met verschillende innovatieve meetsystemen.

Globale experimentele opzet

Het veldonderzoek (Van der Velde *et al*, 2009) is uitgevoerd in het stroomgebied van de Hupselse beek. Waterafvoer en waterkwaliteit werden op drie verschillende schaalniveaus gemonitord: het gehele stroomgebied (6.64 km²), een substroomgebied (0.38 km²) en een perceel (0.009 km²) (zie Figuur 5.3). De uitgebreide meetinrichting die op de perceelschaal was ingericht is op deze manier ingebed in een geneste meetcampagne, met als doel de waarde van veldschaalmetingen voor de interpretatie van afvoeren en stofconcentraties op stroomgebiedsschaal te kunnen beoordelen met behulp van een “linear flow route mixing model”.

In de voor de studie ontworpen experimentele setup voor de perceelschaal (Figuur 5.4) is getracht de uitstroom uit buisdrainage te scheiden van de gecombineerde flux van alle andere stromingsroutes richting een sloot. Dit werd gedaan met behulp van de constructie die is getoond in Figuur 5.5. De constructie bestaat uit drie sheet pile reservoirs, welke elk rondom één enkele drainbuis was geconstrueerd. De houten constructie is tot op de scheidende laag (op 3-4 meter diepte) geslagen en ving dus alle grondwaterstroming vanuit het veld naar het compartiment op. Het waterniveau in de reservoirs werd continu gemonitord met behulp van divers en gelijk gehouden aan het slootpeil door middel van pompen. De pompdebieten werden continu geregistreerd met behulp van digitale fluxmeters.

Naast de perceelproef werden tegelijkertijd afvoer en stofconcentraties gemonitord bij de uitstroom van het stroomgebied en op geselecteerde locaties in de aanvoerwaterlopen van de hoofdstroom (Hupselse Beek, zie Figuur 5.3).

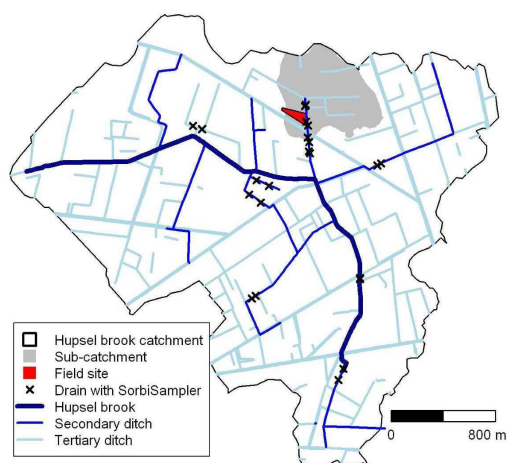


Fig. A.8. Stroomgebied van de Hupselse beek, met daarin aangegeven de locatie van het proefperceel, het onderzochte substroomgebied en de locaties van de SorbiSense bemonsteringen. Bron: Van der Velde et al, 2009.

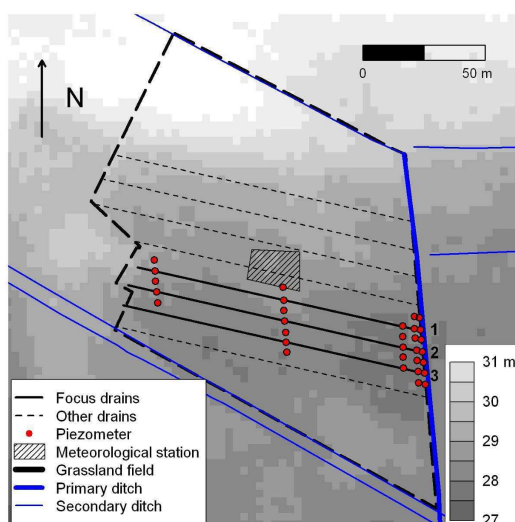


Fig. A.9 Detailbeeld van het proefperceel, tegen een achtergrond dat de hoogte van het maaiveld t.o.v. NAP aangeeft. Bron: Van der Velde et al, 2009

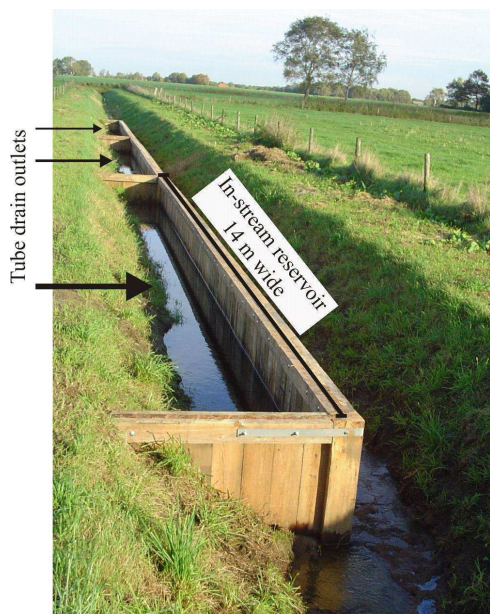


Fig. A.10 Foto van de damwandconstructie die in de proefsloot is geplaatst om de drainafvoer per drainbuis gescheiden op te kunnen vangen. Bron: Van der Velde et al, 2009.

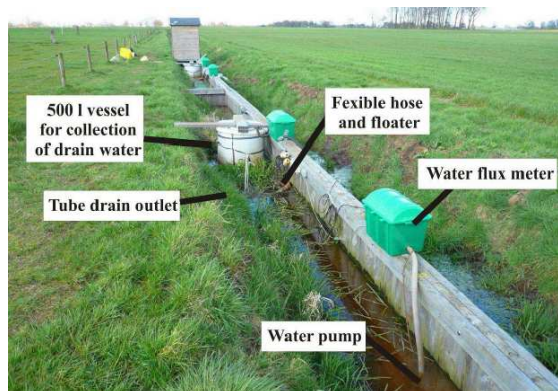


Fig. A.11 Foto van de proefopstelling in de proefsloot. Bron: Van der Velde et al, 2009

Relevante details van het meet- en monitoringsprogramma

De afvoer (kwantiteit) van het gehele stroomgebied werd van augustus 2007 tot mei 2008 gemeten middels een gecalibreerde stuw en voor het substroomgebied middels een gecalibreerde V-vormige gleuf. De metingen vonden elke 15 minuten plaats.

Afvoermetingen kwaliteit: van augustus 2007 tot mei 2008 werden wekelijks op alledrie de schalen watermonsters verzameld met een peristaltische pomp. De monsters werden in-situ gefilterd ($0.45\ \mu\text{m}$). EC en pH werden direct in het veld gemeten. De watermonsters werden binnen 48 uur geanalyseerd op nitraat met behulp van IC (ionchromatografie).

Op het uitstroompunt van het gehele stroomgebied werden continue metingen verricht met een Hydrion-10 multi-parameter sonde. Water werd vanuit de beek in een doorstroomcel gepompt, waar de sonde zich in bevond. Dit voorkwam effecten van variaties in stroomsnelheid in de beek op de meetresultaten. Nitraat, EC, temperatuur en pH werden iedere 10 minuten opgeslagen. Totaal-P en Ortho-P werden continu (ieder half uur een meting) gemeten met een Phosphax Sigma.

Chemische samenstelling drainwater: op de stroomgebiedsschaal werden maandgemiddelde nitraatconcentraties van het buisdrainage-effluent gemeten op 20

verschillende locaties in het stroomgebied inclusief het proefperceel. Dit gebeurde door middel van SorbiSamplers.

In de perceelproef werd het effluent van de drainbuizen gescheiden opgevangen door elke drainbuis te verbinden met een vat van 500 liter. Deze vaten werden gedeeltelijk ingegraven in de slootbodem en konden zich vullen tot aan de afvoerhoogte van de drainbuis. Als dit niveau bereikt werd, werd het water naar de sloot gepompt en werd de flux gemeten m.b.v. digitale waterfluxmeters. Om de (door de aansluiting van de drains op de vaten weggevallen) invloed van de druk van het slootwater op de drainafvoer te simuleren werden drijvers vastgemaakt aan de flexibele slangen die de drains met de vaten verbonden en op het wateroppervlak gelegd. Op die manier moest het water het niveauverschil tussen drainhoogte en slootpeil overbruggen alvorens het in de vaten werd geloosd.

Op 31 locaties in het perceel werden wekelijks grondwaterstanden gemeten. Op 15 locaties langs een van de bemeten drainbuizen werden piëzometers met divers geïnstalleerd en werden iedere 10 minuten de grondwaterstanden geregistreerd. Meteorologische gegevens werden verkregen van het in het stroomgebied aanwezige KNMI-station.

Aanvullende opmerkingen en adviezen

- Voor het evalueren van de effecten van maatregelen zijn continue meetreeksen onontbeerlijk, daar snapshots van de waterkwaliteit zeer sterk afhankelijk zijn van de actuele weerscondities;
- Cruciaal voor het verkrijgen van een goede continue meetreeks is het onderhoud van de meetapparatuur. Het is daarom belangrijk bemensing hiervoor beschikbaar te hebben;
- Het verdient aanbeveling de locaties waar SorbiSense Samplers zijn geïnstalleerd duidelijk met hoge vlaggen o.i.d. te markeren om onbewuste vernieling tijdens landbewerking te voorkomen.
- Er is veel ervaring opgedaan met innovatieve meettechnieken. Deze ervaringen in een volgende paragraaf besproken in de vorm van voordelen en nadelen van de daar besproken technieken.

Projectplan peilgestuurde drainage Rijn en IJssel

Inleiding

Deltares voert op het moment van dit schrijven voor Waterschap Rijn en IJssel een project uit waarin de effecten van flexibele drainagesystemen op grondwaterstanden en grondwaterkwaliteit wordt onderzocht. Flexibele drainagesystemen maken het mogelijk om landbouwgronden optimaal te ontwateren en om water vast te houden in drogere tijden. Het doel van dit onderzoek is als volgt geformuleerd:

“Het kwantificeren van de invloed van peilgestuurde drainage in het beheersgebied van Rijn en IJssel op:

- de uitspoeling van nitraat en fosfaat naar het oppervlaktewater;
- het grondwaterstandsverloop en de effectiviteit om water vast te houden.”

Globale experimentele opzet

Voor het project is de DYNAQUAL-opstelling (zie boven) als uitgangspunt genomen en uitgebreid. Gedurende twee jaar wordt middels intensieve bemonstering het effect van peilgestuurde drainage bestudeerd. Op de perceelschaal worden 5 bestaande drains uitgerust met peilsturingsdrainage. Het betreft hier de 3 drains van de DYNAQUAL-opstelling, plus nog de 2 drains aan weerszijden hiervan om randeffecten te minimaliseren. 10 drains in de omgeving (stroomgebiedsschaal) worden eveneens uitgerust met peilgestuurde drainage, waarbij 10 andere drains worden meegenomen als referentie, maar niet met peilsturing uitgerust.

Uitvoering kwantiteitsmetingen

Gedurende twee jaar wordt een continue registratie van grondwaterstanden op 14 locaties op het onderzoeksperceel bijgehouden.

Uitvoering kwaliteitsmetingen

Gedurende een periode van 2 jaar wordt het volgende meetprogramma uitgevoerd:

- een continue registratie van nitraat- en fosfaatconcentraties (met Nitratax; zie bespreking in een volgende paragraaf; en Phosphax Sigma) in representatieve mengmonsters van 3 drains op het onderzoeksperceel;
- Semi-continue registratie van nitraat- en fosfaatconcentraties met SorbiSense in de 3 drains van het onderzoeksperceel en in de 20 geselecteerde drains in de nabijheid van het onderzoeksperceel;
- maandgemiddelden in de maanden oktober t/m maart;
- 3-maandelijkse gemiddelden in de maanden april t/m juni en juli t/m september.

Aanvullende opmerkingen

Er wordt bewust voor gekozen om al in het 1^e meetjaar een verhoogd peil in te stellen en niet eerst een heel jaar met een normaal peil te meten. Door snel over te gaan op een verhoogd peil, wordt al in een vroeg stadium een eerste inzicht verkregen in het effect van peilgestuurde drainage, en kan het meetschema voor het tweede jaar hierop worden aangepast.

Onderzoeksvoorstel Waterkwaliteitseffecten Peilgestuurde Drainage Provincie Zeeland

Inleiding

Hoge nutriëntenconcentraties vormen één van de grootste problemen in de binnendijkse waterlichamen van de Provincie Zeeland. De provincie is op zoek naar mogelijkheden de emissies vanuit landbouwkundig gebruik inclusief historische belasting te verminderen en ziet peilgestuurde samengestelde diepe drainage als een mogelijke oplossing. Het is echter nog onbekend of peilgestuurde samengestelde diepe drainage werkt op kleigrond, of de veronderstelde reductie in stikstofbelasting ook daadwerkelijk optreedt en wat de effecten zijn op de aanvoer van stikstof met zoute kwel. Beoogd werd om met het onderzoek antwoord te geven op vragen over de mate waarin peilgestuurde, samengestelde diepe drainage van invloed is op:

- de uitspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater;
- de aanvoer van stikstof en fosfaat met zoute kwel naar de drains;
- het grondwaterstandsverloop;
- de hoeveelheid drainafvoer en het verloop of de variatie;
- de gewasgroei en de gezondheid van het gewas.

Globale experimentele opzet

In Fig. A.12 is een schematisch overzicht gegeven van de inrichting van de veldproef. De voorgestelde proef bestaat uit 4 naast elkaar op hetzelfde perceel gelegen plots waarop de volgende 4 drainagevarianten worden onderzocht:

1. conventionele drainage met normaal (oorspronkelijk) drainagepeil;
2. conventionele drainage met verhoogd drainagepeil;
3. verdiepte drainage met normaal (oorspronkelijk) drainagepeil;
4. verdiepte drainage met verhoogd drainagepeil.

De positionering van de plots is zo gekozen dat plots met een gelijk drainagepeil naast elkaar gesitueerd zijn. Verder is rekening gehouden met een bufferzone tussen de twee drainagepeilen, waarbinnen niet gemeten wordt.

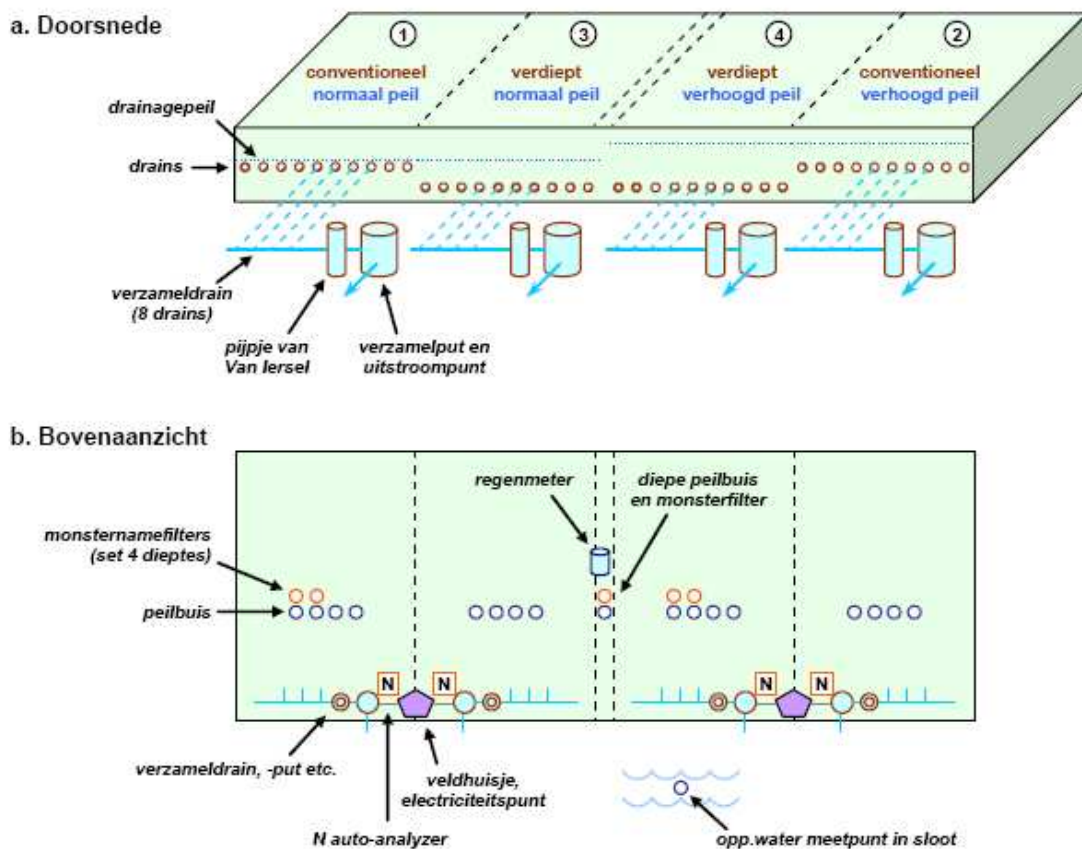


Fig A.12 Schematische weergave van de inrichting van de proefpercelen zoals voorgesteld in de offerte voor de provincie Zeeland.

De filosofie die centraal heeft gestaan bij het ontwerp van de veldproef is dat de nadruk op de 'bewijskant' van de relatieve prestatie van de verschillende drainagevarianten en de 'onderzoekskant' (het verkrijgen van aanvullend inzicht in de processen die tot de verschillen tussen de prestaties leiden) wordt beperkt tot de tot de beantwoording van de onderzoeksvragen voor zover ze relevant zijn voor dit bewijs, voor de overdraagbaarheid naar andere percelen en regio's en voor zover ze niet tot onevenredige onderzoekskosten leiden.

Een belangrijke consequentie van deze nadruk op de 'bewijskant' is dat er bewust voor gekozen is geen tweede perceel (zoals voorgesteld door de opdrachtgever) in het project te betrekken. Dit om te voorkomen dat de verschillen tussen de percelen (m.n. wat betreft de maaiveldligging en de uitvoering van de bestaande drainage) de bewijskracht ondergraven bij de analyse van de 4 drainagevarianten.

Het peilgestuurde drainagesysteem ziet er als volgt uit:

- In elke plot worden de 8 binnenste drains ondergronds aangesloten op een verzameldrain. Door de buitenste drains niet mee te nemen, worden randeffecten van de overgang naar een andere drainagevariant uitgesloten;
- De verzameldrain komt uit op een inrichting om het drainagepeil te kunnen sturen. Hiervoor wordt het systeem van Van Iersel gebruikt (zie Figuur 5.8).

- Het drainagewater wordt opgevangen in een verzamelput, van waaruit monsternamen mogelijk is. Een pomp met vlotter zorgt voor uitstroom van water vanuit de verzamelput richting de sloot.

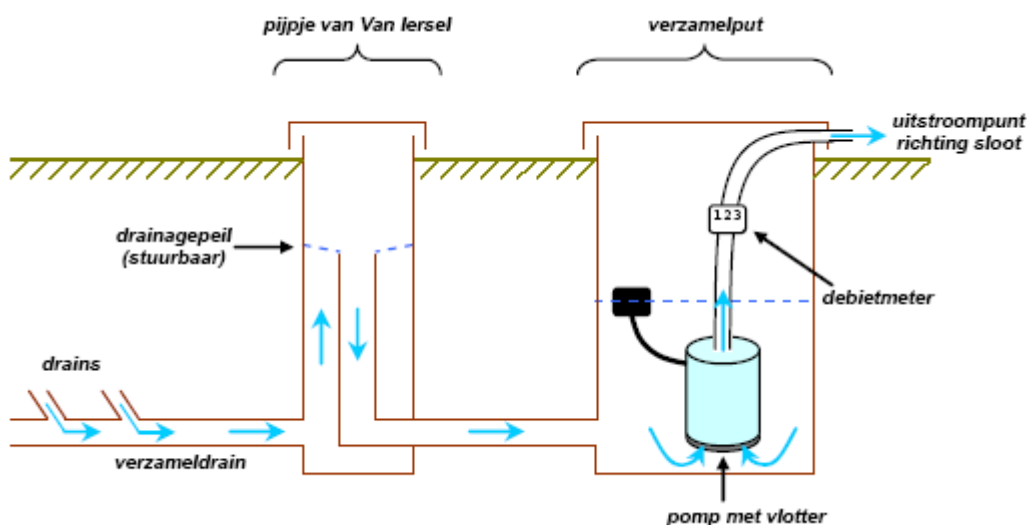


Fig A.13 Schematische weergave van de werking van peilgestuurde drainage met behulp van het systeem Van Iersel.

Uitvoering kwantiteitsmetingen

- Midden op het perceel wordt een regenmeter met datalogger geïnstalleerd (Tipping Bucket en Hobo event logger) voor continue registratie van neerslag;
- Het drainageniveau wordt continu gemonitord met behulp van een Diver in het pijpje van van Iersel;
- Het drainagedebiet wordt continu geregistreerd door het drainagewater vanuit de verzamelput via een debietmeter naar de sloot te pompen;
- Per plot worden in 4 peilbuizen (2 op de locatie van een drain en 2 tussen twee drains) de grondwaterstanden continu bijgehouden;
- In de sloot wordt een verankerde peilbuis ingericht met druksensor voor continue registratie van het slootpeil;

Uitvoering kwaliteitsmetingen

- In elke verzamelput wordt met een DTC Diver continu het Elektrisch Geleidend Vermogen geregistreerd;
- In elke verzamelput wordt met een Nitraat auto-analyzer (Nitratax) continu de nitraatconcentratie gemonitord;
- In de sloot wordt een verankerde peilbuis geplaatst met EGV-sensor voor continue registratie van het Elektrisch Geleidend Vermogen;
- Driemaandelijks worden in de 4 verzamelputten met SorbiSense maandgemiddelde N- en P-totaalconcentraties gemeten;
- Driemaandelijks wordt het drainagewater in de 4 verzamelputten bemonsterd en in het lab geanalyseerd op N_{tot}, NH₄, P_{tot} en SO₄;
- Halfjaarlijks wordt het drainagewater in de 4 verzamelputten bemonsterd en in het lab geanalyseerd op N_{tot}, NO₃, NO₂, NH₄, P_{tot}, Cl, Na, K, Ca, SO₄, HCO₃, As, Cu, Pb, Ni, Zn en pesticiden;

- Op elke plot wordt een cluster van 4 filters met verschillende dieptes geïnstalleerd voor het halfjaarlijks nemen van grondwatermonsters welke in het lab worden geanalyseerd.
- In de verzamelputten van 2 plots (de plot zonder peilverhoging en zonder peilgestuurde drainage en de plot met beide; van deze plots wordt verwacht dat zij het grootste verschil in resultaten zullen laten zien) worden halfjaarlijks monsters genomen voor stikstofisotopenanalyse om verschillen in denitrificatie te kunnen aantonen.

Waardenburg (DOVE-Klei)

Inleiding

In 1998 is door het ministerie van LNV en STOWA een onderzoeksproject opgestart dat de naam DOVE (Diffuse belasting van het Oppervlaktewater vanuit de Veehouderij). Doel van dit onderzoek is door middel van meten inzicht te krijgen in het effect van bemesting op de oppervlaktewaterkwaliteit bij graslanden. Voor drie verschillende bodemtypes zijn meet- en monitoringsprojecten uitgevoerd: DOVE-zand, DOVE-veen en DOVE-klei. Hier wordt DOVE-klei besproken. In sectie 5.1.7 wordt DOVE-veen besproken. Ten opzichte van de andere hier besproken projecten heeft het bespreken van DOVE-zand hier weinig toegevoegde waarde, niet in het minst omdat veel balanst termen niet zijn gemeten maar gemodelleerd of anderszins afgeleid en er in DOVE-zand geen nieuwe meettechnieken zijn gebruikt die niet elders in dit hoofdstuk worden genoemd.

Globale experimentele opzet

Het proefperceel betreft een graslandperceel in Waardenburg (zie Figuur 5.9) en wordt ontwaterd door middel van greppels en drains, die alle afwateren op de perceelssloot. De perceelssloot is van de stroomopwaarts gelegen sloten afgesloten door middel van een dam. Voor het opstellen van een water- en stoffenbalans is continu de afvoer van sloten, greppels en drains bepaald. Voor het bepalen van de slootafvoer is een V-schot geplaatst in de sloot aan het einde van perceel 5. De drain- en greppelafvoer is bepaald voor twee velden (zie Figuur 5.9) om een beeld te krijgen van de variatie en de betrouwbaarheid van de gemeten fluxen. Beide velden lopen in de lengterichting door tot het hoogste punt, halverwege het perceel waar de greppel is afgesloten door middel van een aarden walletje. Beide velden zijn qua ligging en gebruik representatief voor de percelen 6 t/m 10. Op veld 1 wordt sinds 2000 een fosfaatproef uitgevoerd waardoor dit perceel meer fosfaatkunstmest ontvangt dan veld 2.



Fig. A.14 Ligging van de proefpercelen en de proefsloot in het DOVE-kleiproject. Bron: Van der Salm et al, 2006.

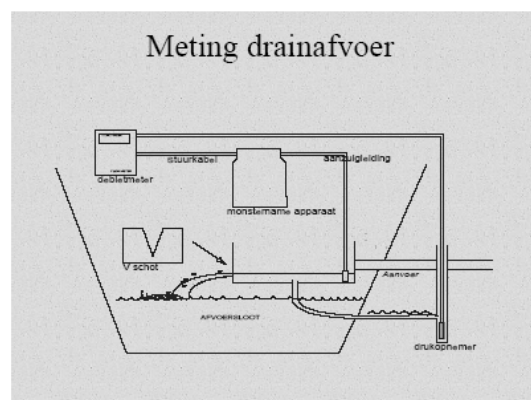
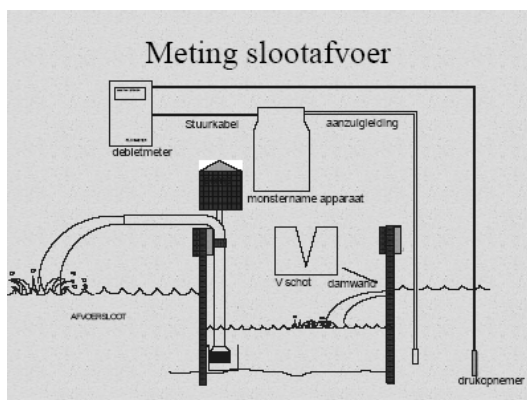


Fig. A.15 Schematische impressies van de werking van de slootafvoermetingen en de drainafvoermetingen. Bron: Van der Salm et al, 2006.

Uitvoering kwantiteitsmetingen

de totale slootafvoer is bijgehouden door de sloot over een geijkt V-schot te laten afvoeren (met geijkt wordt hier bedoeld dat een relatie is gelegd tussen de waterhoogte boven het schot en de afvoer). Met behulp van een drukmeter (*diver*) werd continu de hoogte van het water boven het V-schot bijgehouden. Op deze manier is een continue administratie van de afvoeren bijgehouden.

Slootafvoer via drains en greppels: de drains werden per veld gekoppeld en hun gezamenlijk afvoer werd gemeten door de afvoer op te vangen in een bak met een V-schot. Ook de afvoer van de greppels is bemeten door deze op te vangen in een bak met een geijkt V-schot. De werking van zo'n V-schot is hierboven reeds beschreven.

Uitvoering kwaliteitsmetingen

Totale slootafvoer: de samenstelling van de afvoer van de sloot is bepaald door na elke 10 m³ afvoer een monster te nemen (debietsproportionele bemonstering). De monsters zijn wekelijks verzameld, gemengd en in het lab geanalyseerd op onder andere Kjeldahl-N, NO₃, NH₄, ortho-P en totaal-P.

Afvoer via drains en greppels: de samenstelling van de greppel- en drainafvoer werd bepaald middels een debietsproportionele bemonstering door na elke 1 m³ een monster te nemen. De monsters zijn wekelijks verzameld, gemengd en geanalyseerd op onder andere Kjeldahl-N, NO₃, NH₄, ortho-P en totaal-P.

Omzettingprocessen in bodem en grondwater: voor het kwantificeren van de denitrificatieflux zijn maandelijks op drie plekken in het perceel 6 ongestoorde grondmonsters (100 cm³, 5 cm hoog) genomen van de bodemlaag van 0-10 cm. Van deze monsters is in het laboratorium de actuele denitrificatiesnelheid gemeten. Tevens hebben maandelijks potentiële denitrificatiemetingen plaatsgevonden, waarvoor gestoorde grondmonsters van 20 cm dikke lagen zijn genomen over de bovenste meter van het bodemprofiel van het perceel. Deze metingen geven inzicht in het verloop van de denitrificatie met de diepte en kunnen in modelberekeningen gebruikt worden voor het schatten van de totale denitrificatie.

Om een indruk te krijgen van de mineralisatie op het perceel zijn maandelijks op drie punten op het perceel 6 gestoorde monsters genomen van de lagen 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 en 80-100 cm. Deze monsters zijn gebruikt om in het lab de mineralisatie te bepalen.

Fosfaatsorptie/desorptie zijn ingeschat aan de hand van gemeten bodemeigenschappen.

Vlietpolder (Veenweideproject Rijnland / DOVE – Veen)

Inleiding

In Rijnlands veenweidegebieden en ook daarbuiten heeft het oppervlaktewater last van een teveel aan voedselrijkdom door meststoffen, oftewel nutriënten. Dit was in 1999 de aanleiding voor het Hoogheemraadschap van Rijnland om een nieuw onderzoek (Van den Eertwegh en Van Beek, 2004) te starten. Hierbij moest niet alleen gekeken worden naar één bron van meststoffen, dit is al eerder gedaan, maar naar alle bronnen van meststoffen tegelijk. Het doel van het project is om aan de hand van onderzoeksresultaten te bekijken met welke maatregelen de waterkwaliteit verbeterd kan worden. Het veenweideproject is opgezet in twee fasen. In de eerste fase lag de nadruk op onderzoek. Samen met de melkveehouders en tal van onderzoekers is vijf jaar lang (1999-2004) intensief onderzoek gedaan naar de water- en voedingstoffenhuishouding van de Vlietpolder, een veenweidepolder nabij Hoogmade. In deze periode zijn de water- en stofstromen in de polder in kaart gebracht door middel van registraties, metingen, berekeningen en literatuuronderzoek. Aan de hand van deze gegevens is een maatregelenpakket opgesteld waarmee het mogelijk is de waterkwaliteit te verbeteren, een ecologisch gezonde sloot te realiseren en nog steeds rendabele melkveehouderij te bedrijven. De eerste fase is tevens ondergebracht in de STOWA-projectreeks DOVE (Diffuse belasting van Oppervlaktewater door de Veehouderij). De DOVE projecten richtten zich op onderzoek aan de relatie tussen bedrijfsvoering, bemesting en nutriëntenoverschotten (op graslandpercelen) aan de ene kant en de belasting van het oppervlaktewater met N en P aan de andere kant. De projecten vonden plaats op drie grondsoorten, t.w. zand, veen en klei. De 1^e fase van het Rijnland-onderzoek aan de Vlietpolder is ingebracht in DOVE-Veen. Alle DOVE-projecten leveren cijfermateriaal op ter kwantificering van de bijdrage van de melkveehouderij aan de belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfor, verkregen door veldmetingen.

In de tweede fase worden maatregelen, opgesteld aan de hand van het in de 1^e fase verkregen inzicht in de water- en nutriëntenhuishouding van de polder, in praktijk gebracht.

Globale experimentele opzet

In het Veenweideproject werden op drie schaalniveaus metingen verricht: polder-, bedrijfs- en perceelsniveau. Op polderniveau werden metingen verricht aan het inlaatwater en het uitgeslagen water, is de grondwaterkwaliteit regelmatig bemeten, zijn grondwaterstanden bijgehouden en zijn regelmatig metingen verricht aan stabiele natuurlijke isotopen. Op bedrijfsniveau zijn registraties in aan- en afvoer van nutriënten verricht en zijn de samenstelling van vers gras en mest bepaald. Veel onderzoek heeft zich afgespeeld op perceelsniveau (op het proefperceel en in de proefsloot). Het gaat daarbij om denitrificatiebepalingen in sloot en bodem, de biologische waterkwaliteit in de sloot, oppervlakkige afspoeling, de samenstelling van het bodemvocht, mineralisatiebepalingen in de bodem, P-(de)sorptie, mineraal S bepalingen, bodemfysische metingen en metingen aan stabiele natuurlijke isotopen.

Het voert te ver om van de enorme veelheid aan uitgevoerde experimenten in het Vlietpolderproject hier een overzicht te geven. Daarvoor wordt verwezen naar de deelrapporten die onder dit project zijn uitgebracht (Rijnland, 2009). Wel zoomen we hieronder in op de meetopstelling zoals die op het proefperceel is ingericht voor de bepaling van de kwaliteit van het ondiepe grondwater, de oppervlakkige afstroming en de afvoer via greppels. Het proefperceel is afgebeeld in Figuur 5.11.

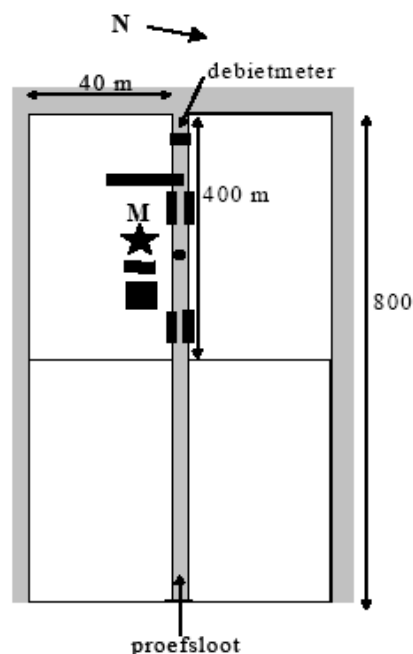


Fig. A.16 Het proefperceel in de Vlietpolder. Het proefperceel was aan drie kanten omsloten door sloten. Symbolen geven de volgende meetapparatuur aan: ster = continue grondwaterstandsbuis, M = meteostation, verticale balk = vangplaten oppervlakkige afspoeling, horizontale balk = locatie ceramische cups, wimpel = TDR-apparatuur (bodemvocht, drukhoogte), vierkant = nulveldje (mineralisatie metingen), stip in proefsloot = locatie denitrificatiemetingen. De debietmeter (horizontale balk in proefsloot) ontving water van vier halve percelen. Bron: Van den Eertwegh en Van Beek (2004).

Relevante details van het meet- en monitoringsprogramma

De kwaliteit van het bodemvocht en het ondiepe grondwater is bepaald met behulp van een opstelling van keramische cups. Deze opstelling is getoond in Figuur 5.12. Een keramische cup is een cilindervormige, poreuze vochtzuiger waaraan een slangetje bevestigd is dat aangesloten kan worden aan een vacuüm getrokken fles. Hierdoor ontstaat er een onderdruk in de cup. Het grond- en/of bodemwater wordt als gevolg van de onderdruk de cup ingezogen en belandt via het slangetje in de fles. De bemonsteringen hebben plaatsgevonden vanaf oktober 2001 tot en met april 2003. Om de twee weken zijn de cups bemonsterd. De cups zijn niet bemonsterd wanneer er koeien op het veld liepen of wanneer het vroom. De monsters zijn in het lab geanalyseerd op NH_4 , NO_3 , NO_2 , SO_4 , N_{tot} , P-ortho, Cl en pH. De kwaliteit van het door greppels afgevoerde water werd bepaald door ad-hoc bemonsteringen op momenten dat de greppels daadwerkelijk water voerden. De monsters werden in het lab geanalyseerd op bovengenoemde parameters plus Fe-totaal.

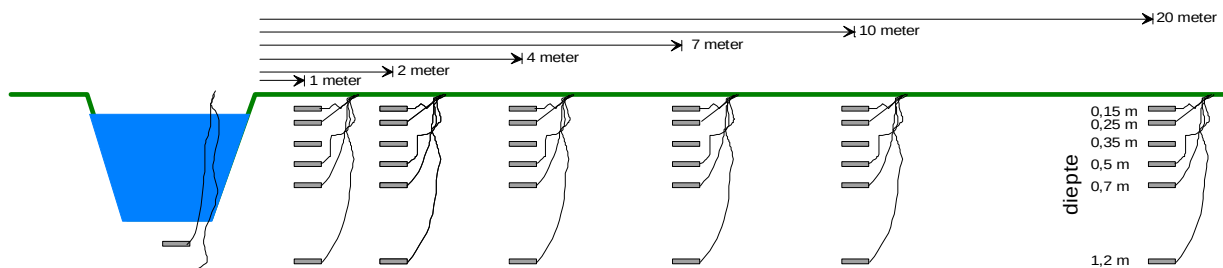


Fig. A.17 Proefopstelling van het experiment met de keramische cups. Bron: Van den Eertwegh en Van Beek (2004).

De oppervlakkige afvoer is bemonsterd door in de slootwand op 4 locaties een horizontale plaat van 2 meter lang te slaan (zie Fig. A.18). Water dat via het maaiveld of door het bovenste gedeelte van de bodem naar de sloot stroomt, komt op de plaat terecht. Via de plaat komt het water in een goot en wordt met een slang afgevoerd naar een opvangbak. Het water wat op deze manier wordt opgevangen, is afkomstig uit de bovenste 20 cm (schatting) van het profiel. Elke week werden de opvangbakken bemonsterd (als er water inzat) en na elke bemonstering werden de bakken leeggepompt en schoongemaakt. De monsters werden in het lab geanalyseerd op bovengenoemde parameters.

De ruimtelijke representativiteit van dit type experiment is erg gering, vanwege de sterke mate van ruimtelijke heterogeniteit in de oppervlakkige afvoer. Daar komt nog bij dat er diverse bypassroutes mogelijk zijn zoals molsgangen, die op deze manier niet meegenomen worden. Dergelijke bypassroutes waren in het Dynaqual-onderzoek zelfs reden om de oppervlakkige afstroom helemaal niet als aparte term te bemeten.

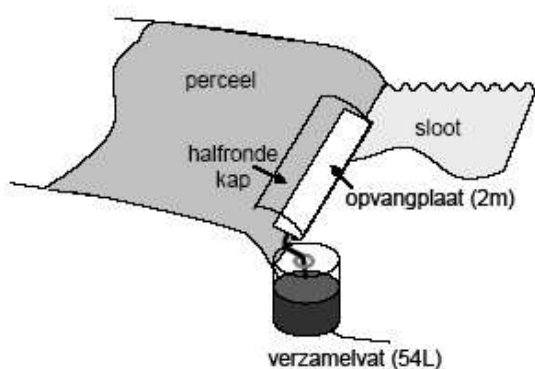


Fig. A.18 Schematische (links) en fotografische (rechts) weergave van de opstelling voor oppervlakkige-afspoelingsmetingen. Bron: Van den Eertwegh en Van Beek (2004).

Project Emissies in de bloembollenteelt (1992-1996)

Bij de vele discussies in het begin van de jaren negentig rondom het uitbrengen van het Meerjarenplan Gewasbescherming ontstond de behoefte om meer objectieve informatie beschikbaar te hebben over de emissie van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen naar grond- en oppervlaktewater. Op deze basis hebben Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), de ministeries van LNV en VROM, de provincies Noord-Holland en Zuid-Holland, het Milieuplatform bloembollensector, het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en het Hoogheemraadschap van Rijnland enkele onderzoeksinstituten (L.B.O. en DLO-Staring Centrum) onderzoek laten verrichten, waarin getracht zou worden een modelmatig verband te leggen tussen de dosering van genoemde stoffen en de emissie ervan.

Het onderzoek bestond uit enkele onderdelen:

- veldonderzoek op twee bloembollenteeltbedrijven, nl. een geïntegreerd proefbedrijf te St Maartensbrug en een praktijkbedrijf te Wassenaar;
- laboratoriumonderzoek naar het gedrag van fosfaat in kalkrijke bloembollengronden;
- Scenario-onderzoek, waarin op basis van getoetste simulatiemodellen de emissies via bodemroutes van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten werden berekend vanuit geschematiseerde bloembollenbedrijven en als gevolg van de toepassing van enkele teeltmaatregelen en -omstandigheden.

In het veldonderzoek werden gedurende de onderzoeksperiode monsters genomen van bodemvocht, en van grond-, drain- en slootwater. Deze monsters werden geanalyseerd op een omvangrijk pakket van parameters. In St.Maartensbrug werden in het drainwater concentraties gemeten van ca. $7 \text{ mg l}^{-1} \text{ N}$, in Wassenaar bedroeg de concentratie 5 tot $8 \text{ mg l}^{-1} \text{ N}$. In St.Maartensbrug bestond relatief groot verschil tussen meetopstelling wat betreft de fosfaatconcentratie in drainwater: $2\text{-}3 \text{ mg l}^{-1} \text{ P}$ en $0,6 \text{ mg l}^{-1} \text{ P}$. In Wassenaar werden erg hoge waarden voor fosfaat in drainwater gemeten: gemiddeld $7,5 - 10 \text{ mg l}^{-1} \text{ P}$, met een variatie in de meetresultaten tussen 2 en $20 \text{ mg l}^{-1} \text{ P}$.

Bij het onderzoek naar de kwaliteit van het bodemvocht in de onverzadigde zone van de bodem kan gebruik worden gemaakt zowel van centrifuge van bodemonsters als van de tensiometercupmethode. De tensiometercup is een cilindervormige tube die uit keramisch materiaal, teflon of polyesteracrylaat kan bestaan. Bij dit onderzoek zijn de polyesteracrylaat-cups gebruikt (Fig. A.19)

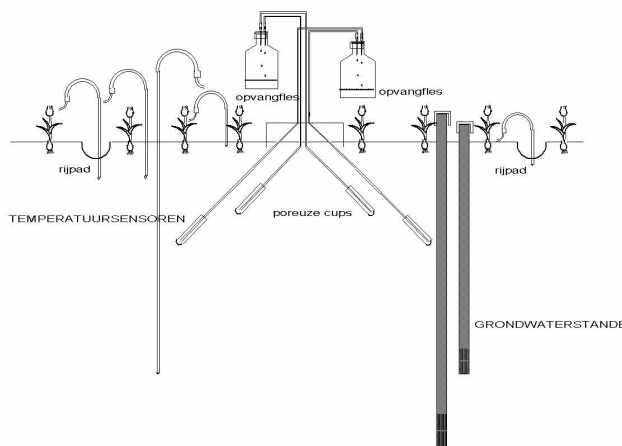


Fig. A.19 Meetopstelling voor de bemonstering van bodemvocht in een teeltbed.

De opvangfles wordt afgesloten met een septum die wordt vastgezet met een afsluitdop. In de opvangfles wordt onderdruk aangebracht. Aan de leiding van de cup is een infuusnaald met een dunne slang gemonteerd. Bij het steken van de infuusnaald door het septum van de opvangfles, ontstaat via de opvangfles onderdruk in de cup. Als de bodem voldoende vochtig is, wordt het bodemvocht, via de cup, aan de gronddeeltjes onttrokken en stroomt het in de opvangfles.

De benodigde tijd voor het verzamelen van een monster bodemvocht hangt af van de vochttoestand van de bodem, de hoeveelheid monster, de structuur van de bodem. De cups worden onder een bepaalde hoek geplaatst om een ongestoorde bovenlaag te behouden. Voor de plaatsing van de cups in de bodem wordt gebruik gemaakt van een boor, een boorgeleider en geleidingsstatief en een paar emmers. Het geleidingsstatief is een gelijkzijdige driehoek met een hoek van 90°, gemaakt van hout waarvan 2 zijden ca. 70 cm lang zijn. De boorgeleider is een holle metalen buis waarin de grondboor past. De lengte van de boorgeleider is ca. 2 m. Door de boorgeleider op de langste zijde van het geleidingsstatief te leggen kan met de stelling van Pythagoras worden uitgerekend hoe ver schuin moet worden geboord om op de gewenste diepte te komen. De emmers worden gebruikt om het bodemmateriaal te bewaren, zodat het zoveel mogelijk in dezelfde volgorde teruggestort kan worden.

Nadat een cup door de boorgeleider op diepte is gebracht, wordt de bewaarde grond met water vermengd tot een vloeibare brei is verkregen. Vervolgens wordt het materiaal door de boorgeleider gegoten. De boorgeleider wordt dan langzaam teruggetrokken, zodat de cup een goed contact heeft met zijn omgeving. Een goede aansluiting van bodem en cup is noodzakelijk omdat anders lucht wordt aangezogen. Vervolgens wordt het boorgat in de juiste volgorde volgestort met grond uit de emmers.

Bij de inrichting van de meetlocaties zijn loodrecht op de richting van de drains raaien aangebracht. Op elk punt van een raai zijn in duplo poreuze cups geplaatst op twee diepten in de onverzadigde zone (0,4 en 0,6 m diep in St. Maartensbrug en 0,3 en 0,5 m diep te Wassenaar). In St. Maartenbrug bevonden zich drie punten van de

raai boven de drains en vier punten midden tussen de drains, op een afstand van 30 m vanaf de onderzoeksloot. In Wassenaar bestond een raai uit vijf meetpunten (aan beide zijden van de drain op 20 m en 10 m afstand en boven de drain). Op dezelfde plaats werden ook grondwaterstandsbuizen geplaatst met een filterlengte van 10 cm (1 m en 1,4 m diep te St. Maartensbrug en 0,8 en 1,2 m diep te Wassenaar).

Om het oppervlaktewater te bemonsteren is op het proefbedrijf 'De Noord' gebruik gemaakt van de toevoer- en afvoersloot (Fig. A.20).

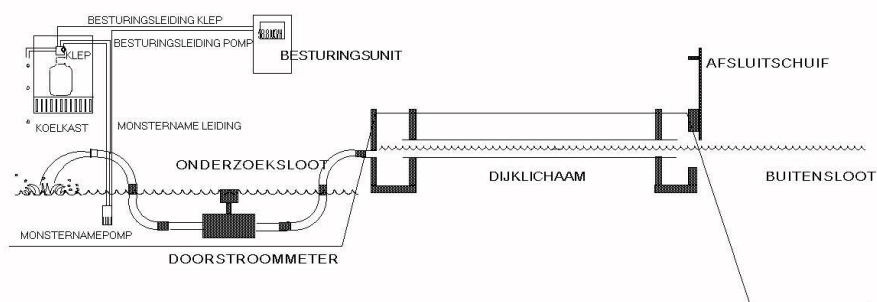


Fig. A.20 Opstelling voor de meting en bemonstering van ingelaten water

De toevoer kon worden gemeten met meetapparatuur, genstalleerd in de toevoerbuiss van de aangrenzende sloot aan de oostzijde van het perceel. De afvoer kon worden gemeten door een dam bij het uitlaatpunt te slaan en met een VoPo-pomp het overtollige slootwater over de damwand te pompen. Aan de buis waardoor het water over de damwand is gepompt, werd meetapparatuur gekoppeld. De bloembollenbedden op het proefbedrijf 'De Noord' lagen haaks op de onderzoeksloot.

Bij de aanvang van het veldonderzoek is de eis gesteld dat de bemonsteringsapparatuur geheel uit inerte materialen zou moeten bestaan. Een andere eis betrof het gekoeld kunnen bewaren van de watermonsters in het veld, gedurende maximaal 2 weken. Beide eisen hebben ertoe geleid dat geen gebruik is gemaakt van bestaande apparatuur, maar dat nieuwe apparatuur ontworpen en vervaardigd moest worden. DLO-Staring Centrum heeft hiervoor zorg gedragen.

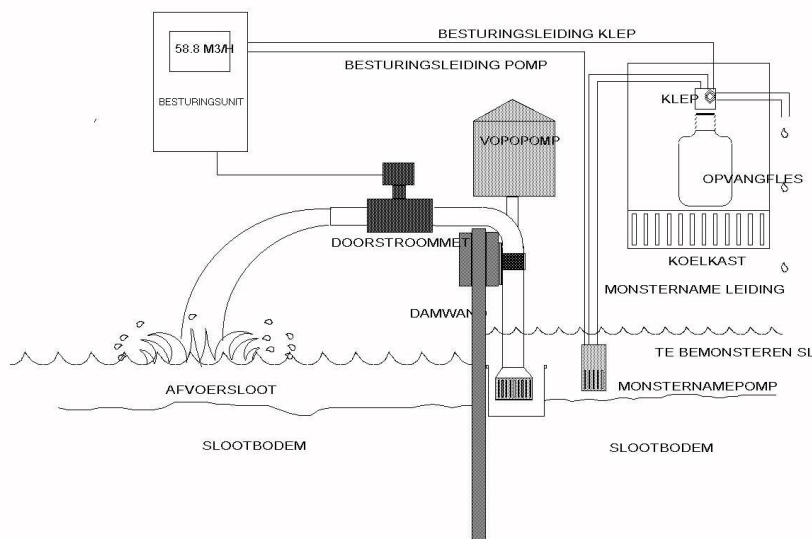


Fig. A.21 Meetopstelling bij het slootafvoerpunt op het proefbedrijf te St. Maartensbrug

Afgevoerd en ingelaten slootwater en afgevoerd drainwater werden continu en debiet-proportioneel bemonsterd. Besturingsunits registreerden de getransporteerde waterhoeveelheden en bestuurden de bemonsteringsapparatuur.

Loodrecht op de onderzoekdrains en loodrecht op de onderzoeksloot werden in de onderzoekspercelen grondwaterstandbuizen geplaatst met een filterlengte van 10 of 50 cm, op een diepte van 1,0; 1,4 of 5,3 m - mv. Waarnemingen van de grondwaterstand en bemonstering van grondwater vonden periodiek plaats. Ook het bodemvocht is periodiek bemonsterd. In de grondwaterstandbuizen werden zoveel mogelijk wekelijks de grondwaterstanden gemeten. Tevens zijn op 1 m, 10 m en 75 m van de onderzoeksloten grondwaterstandbuizen geplaatst met filters op dezelfde dieptes.

Innovatief waterbeheer in nieuw ontwikkelde bollenpercelen in de Wieringermeer

In de pilot “Bollenteelt op zand in de Wieringermeer” is onderzocht met welke waterbeheersystemen en teeltmaatregelen de commerciële exploitatie van permanente bollenteelt op bezande grond in de Wieringermeer renderend is. In de pilot is een recirculatiesysteem aangelegd waarbij een gesloten watersysteem nagestreefd werd. Voor de beoordeling van de vraag welke emissies vanuit de verschillende systemen plaatsvinden en of dit leidt tot overschrijding van waterkwaliteitsnormen is de emissie van nutriënten in kaart gebracht. Getracht is inzicht te krijgen waarmee een antwoord kon worden gegeven op de vraag of de bollenteelt op nieuw aangelegde bollengrond in de Wieringermeer significant bijdraagt aan de verontreiniging van het oppervlaktewater.

In 2007 en 2008 zijn het drainwater, het oppervlaktewater en het water in het recirculatiebassin bemonsterd en geanalyseerd op EC en chloride-, nitraat-, stikstof- en fosforconcentraties. In een parallelonderzoek van Grontmij zijn waterbalansen opgesteld van de percelen en het recirculatiebassin. Vanuit de boekhouding zijn de aanvoer van nutriënten met plantgoed en bemesting en de afvoer met de geoogste bloembollen berekend.

Het Bollenmeerproject is gelegen in de Wieringermeer ten Westen van Slootdorp in de Wieringermeer op het terrein van de Oostwaardhoeve (Fig. A.22).



Fig. A.22. Luchtfoto van een deel van de Wieringermeer (ontleend aan Google Earth)

Overtollig water wordt afgevoerd naar de Ulketocht die in verbinding staat met de Nieuwesluizervaart. In situaties van watertekort wordt water aangevoerd uit het Westelijker gelegen Waardkanaal.

Fig. A.23 geeft een schematisch overzicht van de bollenpercelen of systemen, de mogelijkheden voor wateraanvoer en waterafvoer, waterpeilen, pompsystemen etc.

Het systeem met een zwakke inzijging wordt toegepast op systeem 1, 2 en 3. Seizoensopslag van neerslagwater wordt toegepast bij systeem 4 en telen boven een waterafsluitende laag wordt toegepast bij systeem 5. Details van de inrichting van de systemen zijn weergegeven in tabel A.1

Bij de analyse en het opstellen van een perceelwaterbalans zou het ontbreken van afvoermetingen een gemis zijn. Het meten van de afvoeren maakt de analyse minder afhankelijk van het inschatten van de gewasfactoren en de wegzijging. Deze is bij de huidige analyse sterk bepalend voor de berekende afvoeren. Daarom is ter plaatse van de velden 1, 2, 3, en 5 een V-stuw in de drainageput geplaatst. Voor het meten van de waterstand in de put wordt gebruik gemaakt van een diver. Op basis van de gemeten waterstanden kan met behulp van een formule het debiet worden berekend.

In tabel A.1 is een overzicht opgenomen van diverse meetpunten binnen de teeltsystemen. Meetpunten zijn weergegeven voor drainage afvoerputten, open water, verdeelsloten en de peilbuizen. In de tabel is tevens aangegeven welke metingen (meetprogramma) uitgevoerd zijn.

Tabel A.1 Details van proefsystemen in het Bollenmeerproject (Dik en Vliegenthart, 2009)

	systeem 1	systeem 2	systeem 3	systeem 4	systeem 5
Toepassing	universeel	universeel	universeel	bijzondere experimenten	bijzondere experimenten ***
Substraat NB: De bovenste 0,60 m wordt i.v.m. vruchtwisseling periodiek omgezet en heeft een uniforme samenstelling en kwaliteit	bollenzand: 0,40 m teellaag op >0,30 m drainagelaag dikte > 0,80 m	bollenzand: 0,40 m teellaag op >0,30 m drainagelaag dikte > 0,80 m	zeezand: 0,40 m teellaag op >0,30 m drainagelaag dikte > 0,80 m	bollenzand: 0,40 m teellaag op >1,40 m bergings- /drainagelaag dikte > 1,80 m	bollenzand: 0,40 m teellaag op 0,30 m drainagelaag op folie dikte > 0,80 m
Type grondwaterbeheer	G1: telen boven zwakke inzijging*	G1: telen boven zwakke inzijging*	G1: telen boven zwakke inzijging*	G3: telen op zoetwaterbuffer**	G2: telen boven folie
Wateraanvoer	recirculatie of aanvoerwater	recirculatie of aanvoerwater	recirculatie of aanvoerwater	geborgen neerslagoverschot	recirculatie of aanvoerwater
Noodaanvoer zoet water	ja	ja	ja	ja	ja
Waterafvoer	zoet/herbruikbaar: piekberging recirculeren zuiveren en lozen	zoet/herbruikbaar: piekberging recirculeren zuiveren en lozen	zoet/herbruikbaar: piekberging recirculeren zuiveren en lozen	brak/zout piekberging	zoet/herbruikbaar: piekberging recirculeren zuiveren en lozen
Infiltratie zoet water d.m.v.	Drains(I1), berekening (I2) of druppelirrigatie(I3)	drains, berekening of druppelirrigatie	drains, berekening of druppelirrigatie	uitsluitend berekening (I2) ter aanvulling	drains, berekening of druppelirrigatie
Oppervlak	3,146 ha	3,146 ha	0,924 ha	0,651 ha	0,2352 ha

*) Bij grootschalige toepassing zijn aanvullende voorzieningen nodig om zwakke inzijging te handhaven

**) Inrichting met gevarieerde drainafstanden ten behoeve van het onderzoek naar effecten van dispersie zoetwaterbuffer

***) In verband met folieafdichting bijzonder geschikt voor experimenten nutriëntenhuishouding

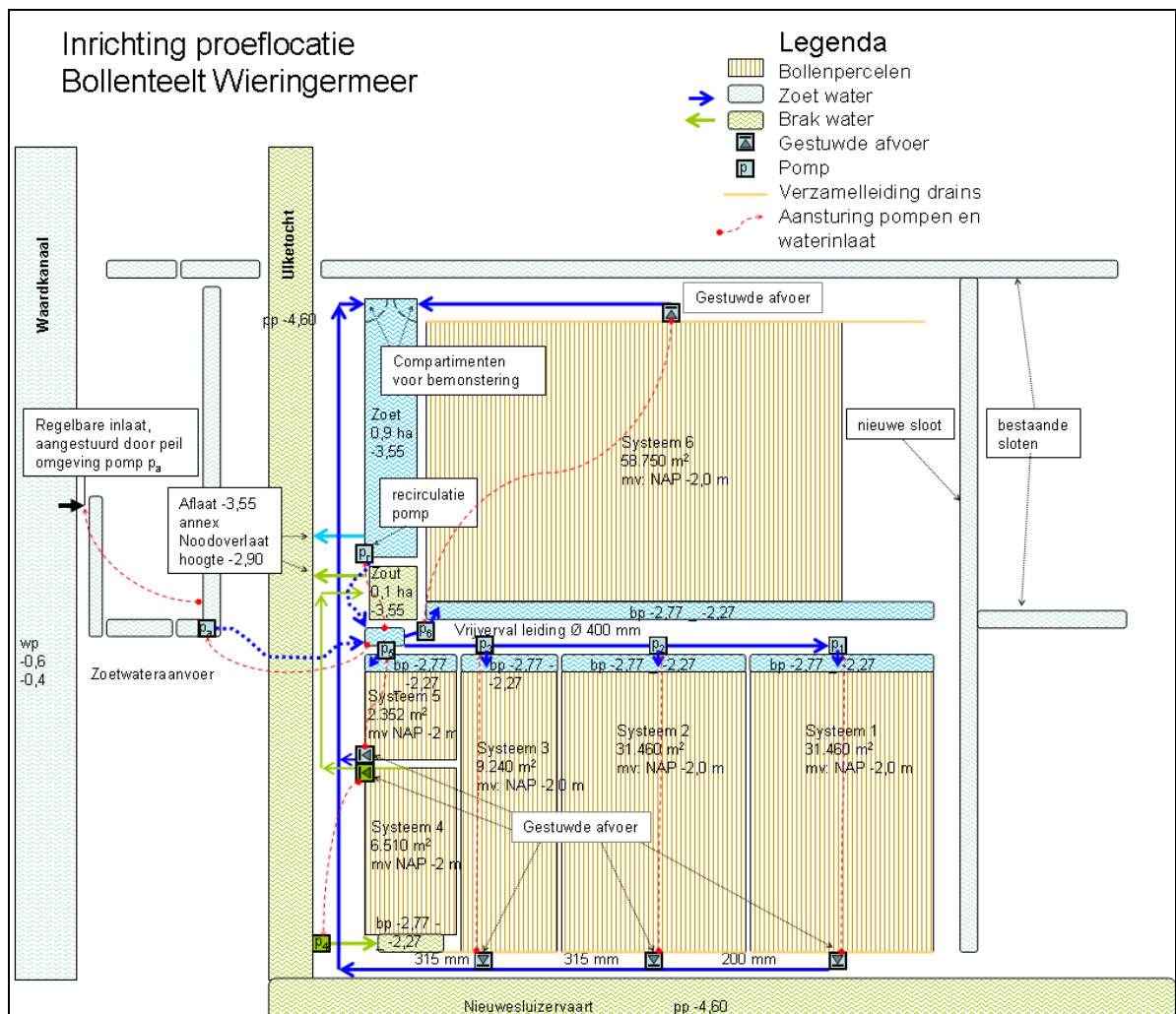


Fig. A.23 Inrichting van de proeflocatie in het Bollenmeerproject (bron: Dik en Vliegenthart, 2009)

De pompen voeren vanuit de centrale wateraanvoerleiding water naar de aanvoerbuffer per perceel. De pompen reageren op de sensor die is aangebracht op de instelbare stuw vanwaar het water over kan storten naar de afvoerleiding. Deze sensor is zo dicht mogelijk onder het niveau van de kruin aangebracht. Een praktisch bezwaar is dat de bovenkant van de sensor tegen de putdeksel aankomt en dus niet zo hoog ingesteld kan worden als gewenst. Dit heeft gevolgen voor de aanvoer.

Drainwater is bemonsterd op regelmatige tijdstippen als de drains water afvoerden. Aan de omvang van de afvoer werd alleen de eis gesteld dat ze groter dan nul moest zijn, dus als de drains geen afvoer vertoonden werd niet bemonsterd. Daarnaast is op hetzelfde tijdstip het water uit het recirculatie bassin, uit de aangrenzende Ulketocht en uit het Waardkanaal bemonsterd. De monsters werden volgens voorschrift verzameld in 100 ml urine bekertjes en gekoeld bewaard. Met uitzondering van de monsters genomen op 4 apr 2007 zijn de monsters in het Chemisch Laboratorium Bodem van Wageningen University and Research gefiltreerd over een 45 µm filter. Op 4 apr 2007 zijn de monsters in het veld gefiltreerd.

Tabel A.2 geeft een overzicht van de analysemethode en de onderzochte parameters.

Tabel A.2 Parameters en analysemethode van de onderzochte watermonsters

Parameter	Analyse apparaat	eenheid	Aantoonbaarheidsgrens
EC	EC-meter bij 25°C	[$\mu\text{S cm}^{-1}$]	
Cl	FIA	[mg l^{-1}]	0.60
P	ICP-AES Varian	[mg l^{-1}]	0.02
N-NH ₄	SFA-CaCl ₂	[mg l^{-1}]	0.04 – 0.09
N-	SFA-CaCl ₂	[mg l^{-1}]	0.03
Nts	SFA-CaCl ₂	[mg l^{-1}]	0.15 - 0.30
P-PO ₄	SFA-CaCl ₂	[mg l^{-1}]	0.02

Zoals in tabel A.2 is vermeld is de Nts-concentratie gemeten in een Segmented Flow Analyser in een CaCl₂-oplossing volgens Standaard Werkvoorschrift E1417 van het Chemisch Biologisch Laboratorim van de WUR. De P-concentratie is bepaald met een Inductively Coupled Plasma-AES volgens Standaard Werkvoorschrift E1304 (<http://www.soq.wur.nl/UK/Organisation/CBLB>). De monsters zijn voor de analyse gefiltreerd over een 45 μm filter.

In aanvulling op het hier gerapporteerde emissie-onderzoek heeft het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier een bemonstering uitgevoerd van o.a. het bassinwater. In 2007 is viermaal en in 2008 vijfmaal een watermonster uit het bassin geanalyseerd door het laboratorium van de stichting Waterproef. Voor fosfor zijn de monsters geanalyseerd met een doorstroomanalyzesysteem volgens conform NEN- ISO 15681-2 met een voorbereiding conform NEN 6645. De concentratie totaal-stikstof is berekend als de som van Kjeldahl-stikstof en de concentratie NO₂+NO₃. Het van Kjeldahl-stikstofgehalte is bepaald met een doorstroomanalyse en de concentratie NO₂+NO₃ is fotometrisch bepaald met een doorstroomanalyse. (<http://www.waterproef.nl/Internet/files/AccreditatieVerrichtingen.pdf>).

In het algemeen wordt bij waterkwaliteitsonderzoek gebruik gemaakt van zowel gefiltreerde en ongefiltreerde monsters, en wordt niet altijd een heldere keuze gemaakt. De concentraties in gefiltreerde monsters zijn relevant voor de evaluatie van de beschikbaarheid van fosfaat voor het aquatisch eco-systeem, terwijl de concentraties in ongefiltreerde monsters inzicht kunnen geven in de totale vrachten en stoffluxen in het systeem.

Project Bemestingsvrije Perceelsranden (bufferstroken)

Achtergrond

Bemestingsvrije perceelsranden kunnen worden gezien als een speciale vorm van bufferstroken. Een bemestingsvrije perceelsrand langs waterlopen is een maatregel om de belasting van het oppervlaktewater met meststoffen vanuit landbouwpercelen te verminderen. De Europese Commissie heeft de lidstaten opgedragen een 5 m brede bemestingsvrije perceelsrand te hanteren langs waterlopen. De ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit hebben met de Europese Commissie afgesproken dat deze maatregel voor de specifieke delta-situatie in Nederland vooralsnog alleen geldt langs natuurlijke waterlopen in hoog Nederland. Voor de overige situaties in Nederland moet onderzoek eerst uitwijzen of deze maatregel in Nederland al dan niet kosteneffectief is.

De verwachting

In de internationale literatuur worden soms hoge effectiviteiten gemeld van bufferstroken. Deze studies zijn echter voornamelijk uitgevoerd in voor Nederland afwijkende situaties met helling en/of ondoorlatende ondergrond. In die studies gaat een relatief groter aandeel van de afvoer naar het oppervlaktewater over of door de actieve bovengrond van de bemestingsvrije perceelsrand en mag een grotere werking verwacht worden dan wanneer, zoals in Nederland, het grootste deel van de afvoer onder de bemestingsvrije perceelsrand door stroomt (diepe grondwaterstroming, of via drains). Experimentele gegevens ontbreken voor deltasystemen met relatief diepe doorlatende bovengronden zoals in Nederland. Deze studie zal dus unieke meetgegevens opleveren van de belasting van het oppervlaktewater met en zonder bemestingsvrije perceelsrand. De verwachting is dat de typische geohydrologische situaties in Nederland geen aanleiding geven tot veel extra verwijdering van stikstof en fosfor naast de reductie in bemesting. Naast de effectiviteit op perceelschaal zal in de modelstudie aandacht geschonken worden aan de effectiviteit op regionale schaal. In het onderdeel kosteneffectiviteit zullen de kosten van een bemestingsvrije perceelsrand in bedrijfsverband worden onderzocht en vergeleken met alternatieve maatregelen.

Vooronderzoek

In een vooronderzoek is de keuze van de proeflocaties te onderbouwd, en is voor de proeflocaties een bodemkundige en hydrologische beschrijving te geven die geschikt is om te gebruiken voor de modelstudies en de latere landsdekkende opschaling.

Bij de indeling van de ondergrond voor de inschatting van de effectiviteit van de bemestingsvrije Perceelsranden dient men rekening te houden met de hydraulische eigenschappen van de ondergrond, met de diepte waarover de grondwaterstroming plaatsvindt en met de dichtheid van de waterlopen. Op basis van beschikbare landelijke informatie (GIS-bestanden) is Nederland onderverdeeld in 6

geohydrologische eenheden. Het al dan niet voorkomen van slecht doorlatende lagen en de diepte waarop deze voorkomen, was het belangrijkste criterium voor deze indeling.

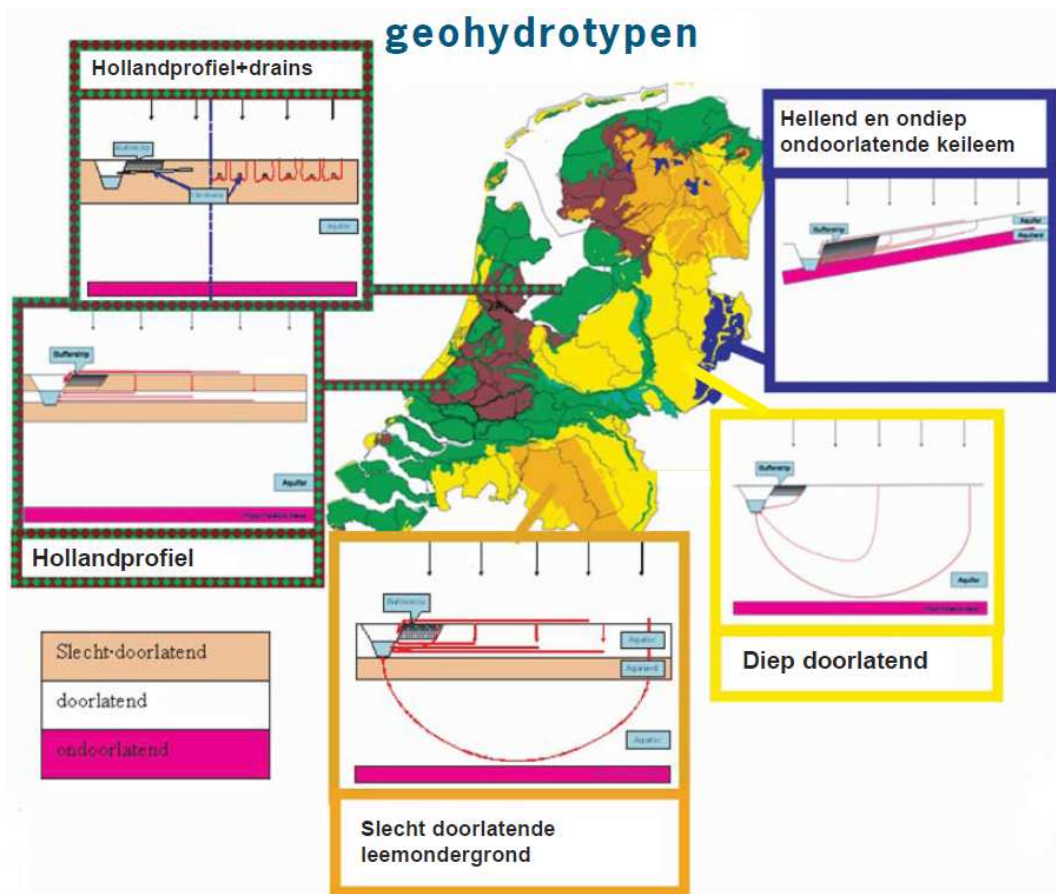


Fig. A.24 Geohydrologische schematisering van Nederland ten behoeve van de selectie van representatieve proeflocaties voor het veldonderzoek naar het effect van bemestingsvrije perceelsranden

Andere belangrijke overwegingen bij het kiezen van een proeflocatie, naast de geohydrologische kenmerken, zijn:

- Landgebruik. Men heeft gekozen voor de indeling in grasland en maisland.
- Grondsoort. Het onderzoek diende zo mogelijk op zand-, klei- en veengronden plaats te vinden (hier is ook een relatie met de geohydrologische indeling).
- Buisdrainage. Op één van de locaties in buisdrainage aanwezig.
- Grondwaterstand en slootpeilen. De sloten dienen tenminste in het natte seizoen watervoerend te zijn.
- Medewerking van de grondeigenaar. Gezien de verwachte tijdsduur van de proef van 4 jaar is zekerheid over de continuïteit belangrijk. In eerste instantie is naar geschikte locaties op proefbedrijven gezocht en ook bij bedrijven die meedoen aan het project Koeien en Kansen. Ook is contact geweest met de Duinboeren Vereniging (Loonsche en Drunensche Duinen). Daarna is verder gezocht bij andere bedrijven.

Tabel A.3 Omschrijving van geselecteerde proeflocaties voor het onderzoek naar bemestingsvrije perceelsranden

Type	Omschrijving	Grondsoort	Gewas	Locatie
A	ondiep grondwatersysteem met ondoorlatende ondergrond in hellend gebied	zand op keileem	gras	Winterswijk (Woold)
B	diep grondwatersysteem	Zand	maïs	Beltrum
C	diep grondwatersysteem afgedekt met slecht doorlatende deklaag	komt te weinig voor zonder greppels of buisdrainage (voorwaarde voor hogere effectiviteit)		
D	Hollandprofiel: slecht doorlatende bovengrond op doorlatende aquifer	Veen	gras	Zegveld
E	twee watervoerende pakketten gescheiden door ondiepe, slecht doorlatende laag	Zand	gras	Loon op Zand
F	Hollandprofiel met buisdrainage in dikke slecht doorlatende deklaag	Klei (met buisdrainage)	maïs	Lelystad

Veldwerk

Om de gevolgen van de positie in het landschap, de hydrologische omstandigheden en de bodem, voor de werking van een bufferstrook te kunnen verklaren zijn vijf locaties gekozen. In de eerste fase van het veldwerk zijn tussen oktober 2005 en maart 2006 op iedere locatie minstens twee reservoirs geïnstalleerd in de sloot om de afvoer te meten. Een internationale review in 2006 heeft aanbevolen om het aantal herhalingen in de meetopstellingen te vergroten om de effecten met een hogere betrouwbaarheid te kunnen vaststellen. In een tweede fase zijn daarom in Beltrum en in Zegveld extra reservoirs geïnstalleerd, waardoor de “standaard bufferbehandeling” bemeten kan worden in drie reservoirs. Behalve waterafvoer wordt ook debietproportioneel bemonsterd. Vanuit de wateranalyses en in combinatie met de waterafvoeren kunnen vrachten naar de sloot worden berekend. De referentie strook ontvangt een “standard” bemesting: giften die volgens het mestbeleid zijn toegestaan, waarbij rekening wordt gehouden met een 0.25 of 0.5 m strook langs de sloot die niet bemest mag worden. De objecten met een bufferstrook zijn ingezaaid met gras en er wordt vanaf het begin van het onderzoek geen mest meer toegediend, maar kunnen nog wel worden beweide. Behalve de reguliere monitoring van chloride, EC, pH, stikstof- en fosfaatcomponenten zijn ook experimenten uitgevoerd met tracers, met als doel n ate gaan hoe lang het duurt voordat het grondwater onder een bufferstrook is ververst. Op deze manier wordt uitgesloten dat de effectiviteit wordt beïnvloed door de aanwezigheid van “oud” grondwater welke vroeger nog is beïnvloed door bemesting.



Fig. A.25 Foto's van de proefopstellingen in Loon op Zand (links) en Beltrum (rechts) in het onderzoek naar effectiviteit van bemestingsvrije perceelsranden

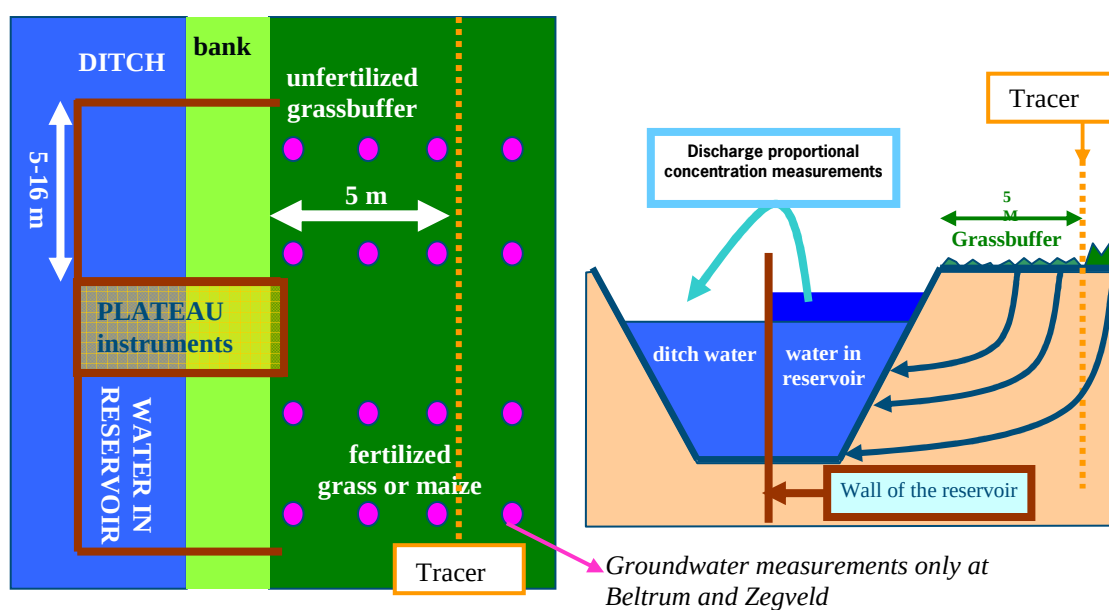


Fig. A.26 Schematisch bovenaanzicht (links) en zijaanzicht (rechts) van de proefopstelling waarin de slootafvoer en de vrachten naar de sloot worden gemeten

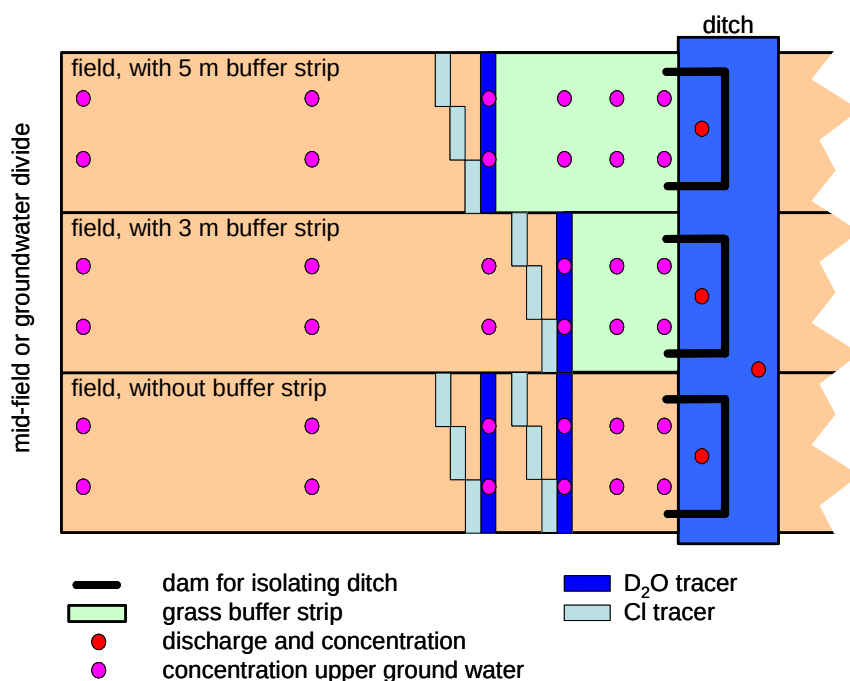


Fig. A.27 Schematisch bovenaanzicht van een intensief bemeten onderzoekslocatie, waarin drie stroken met verschillende breedtes worden bemonsterd. Tevens zijn locaties aangeduid waarin tracers zijn toegepast. De positie van de grondwaterstandsbuizen en piëzometers zijn niet weergegeven

Normale metingen (alle locaties)

Normaliter vindt in alle locaties een registratie plaats van neerslag (uurbasis), grondwaterstand (wekelijks handmetingen, en automatische drukopnemers), piezometrische druk, grondanalyses (begin, eind en in midden van onderzoeksperiode) en gewasanalyses (bij oogst). Deze gegevens worden gebruikt voor de interpretatie van de resultaten en voor modelvalidatie.

Belasting van oppervlaktewater (alle locaties)

Het belangrijkste doel van het onderzoek is het meten van de vrachten stikstof en fosfor naar de sloot, om daaruit de effectiviteit van bufferstroken af te leiden. Voor het meten van vrachten als zodanig zijn geen technieken voorhanden, daarom worden vrachten bepaald uit de combinatie van waterafvoer en concentratiemetingen. Het waterniveau in de opvangreservoir in de sloot wordt gelijk gehouden aan het niveau van het omringende water om het effect van de meting als zodanig te minimaliseren. Hiertoe wordt in een periode van infiltratie water vanuit de sloot in het reservoir gepompt. Bij elke millimeter afvoer (bepaald n.a.v. de omvang van het intrekgebied) wordt een watermonster uit het opgepompte water genomen. Vijf van dergelijke monsters worden gemengd in een debietproportioneel mengmonster. Op iedere locatie is extra bemonsteringsopstelling geïnstalleerd vanwege de mogelijkheid tot infiltratie in de zomer. Behalve monsters van het in- en uitgepompte water wordt ook regelmatig het slootwater geanalyseerd.

D2O tracer (alle locaties)

Na het instellen van een bemestingsvrije strook van drie, vijf of tien meter duurt het enige tijd voordat het bodem- en groundwater onder de strook is ververst en niet direct meer wordt beïnvloed door de bemestingsgeschiedenis. Om na te gaan of een dergelijke verversing compleet is is een tracer geïnjecteerd. Het concentratieverloop van de tracer dient tevens voor de validatie van het 2-D hydrologische model.

Bodemvocht en bovenste grondwater (intensieve locaties, met extra herbalingen vanaf 2007)

Niet bemeste stroken zullen een daling van concentraties in het bodemvocht en het bovenste grondwater laten zien. Bedacht moet worden dat de concentraties in dit bovenste grondwater niet direct de effectiviteit van een bufferstrook bepalen. Toch biedt de informatie over deze concentraties waardevolle informatie voor de studie:

- ze ondersteunen de interpretatie van de experimentele resultaten, inclusief de schatting van de benodigde tijd voordat een bufferstrook effect zou kunnen hebben;
- ze ondersteunen de modelvalidatie;
- ze kunnen worden gebruikt in de studie naar kosten effectieve alternatieven voor bufferstroken;
- de internationale literatuur bevat meer gegevens van grondwaterkwaliteit in relatie tot bufferstroken dan van gemeten vrachten. De metingen kunnen daarmee worden gebruikt voor de vergelijking van de Nederlandse situatie met buitenlandse locaties met bufferstroken

Cl tracer (alle locaties)

Het doel van dit tracer experiment is om experimentele informatie te krijgen voor de hypothese dat een bufferstrook een zeker interceptie-effect zou kunnen hebben. Gepland is om chloride op verschillende afstanden van de sloot te injecteren en het concentratie verloop met de afstand en met de diepte te volgen door middel van bodemvocht en grondwateranalyses. Uit dergelijke metingen kan een indruk worden verkregen van de laterale verplaatsing van water door de bodem. Stikstof en fosfaat vanuit het landbouwperceel kan na een lateraal transport door de bodem in de actieve zone van de bufferstrook terecht komen en aldaar worden “gezuiverd”. Ook dienen de chloride tracer bepalingen voor verdere modelvalidatie van het twee- of drie-dimensionale stromingsveld.

Inventarisatie van innovatieve meet- en monitoringstechnieken

Accoustic Doppler Current Profiler

De Accoustic Doppler Current Profiler (ADCP) wordt gebruikt om de snelheid van het water te meten langs een gehele waterkolom. Wanneer het instrument horizontaal wordt bevestigd aan de oever van een waterloop en dus in horizontale richting geluidssignalen uitzendt, kan een snelheidsprofiel verkregen worden van oever tot oever. Verticaal gemonteerd kan het profiel van waterbodembodem tot waterniveau verkregen worden. Over het algemeen worden enkele momentane metingen van het verticale profiel verricht (bijvoorbeeld bij hoge afvoer en bij lage afvoer) om het verloop van de stroomsnelheid met de diepte (welke min of meer constant geacht kan worden) in kaart te brengen. Door deze informatie te combineren met een continue registratie van de stroomsnelheden in de horizontaal en van de waterhoogte kan het debiet berekend worden.

De ADCP meet de stroomsnelheden met geluid, gebruikmakend van het Dopplereffect. Een hoge geluidspuls wordt uitgezonden, welke door in het water zwevende deeltjes wordt gereflecteerd en teruggezonden. Deeltjes die het apparaat naderen leveren daarbij een verhoging van de frequentie op, deeltjes die van het apparaat wegstromen een verlaging. De ADCP registreert de frequentieveranderingen, samen met de tijd die is verstreken tussen de uitzending van de puls en het terug ontvangen ervan. Uit deze informatie kunnen zowel de snelheid van de reflecterende deeltjes berekend worden als de afstand tussen de deeltjes en de ADCP, en wordt daarmee dus het snelheidsprofiel van het water verkregen. Daarbij vindt voor de snelheidsbepaling op een bepaald punt van het profiel overigens een middeling plaats over een traject van het profiel rondom dit punt.

De gemeten snelheden kunnen in een datalogger worden opgeslagen en via allerlei softwareoplossingen worden binnengehaald (inbellen met modem, directe doorzending naar internet, etc.).

De ADCP is op dit moment de meest gangbare moderne techniek voor debietsmetingen.

SorbiSense Passive Sampler

De SorbiSense Passive Sampler biedt de mogelijkheid voor het bepalen van tijdsgemiddelde concentraties in het veld zonder regelmatig zelf actief monsters te hoeven nemen. De sampler bevat een verwisselbaar bemonsteringspatroon (de zgn. SorbiCell), dat poreus is en dus water doorlaat. Dit patroon bevat een sorbent en een tracer. Gedurende de periode dat de SorbiCell in capillair contact gebracht wordt met het te bemonsteren water, adsorbeert een bepaalde massa M aan verontreiniging aan het sorbent en gaat tegelijkertijd een hoeveelheid tracer in oplossing welke evenredig is met het doorgestroomde volume water V .

Na een bepaalde tijd worden de partronen opgehaald en wordt de vulling in het laboratorium geanalyseerd met standaard methoden zoals gaschromatografie, (GC) hogedruk vloeistofchromatografie (HPLC) etc. Hieruit volgen zowel het restant aan tracer (en dus V) als de hoeveelheid geadsorbeerde verontreiniging (M). De ratio

M/V geeft vervolgens de gemiddelde concentratie aan verontreiniging gedurende de periode dat de sampler geïnstalleerd is geweest.

De mogelijkheid die de SorbiSense Passive Sampler biedt tot het bepalen van over een bepaalde tijdsduur gemiddelde stofvrachten, waarbij dus piekafvoeren worden meegenomen, is een belangrijk voordeel. De Samplers zijn bovendien robuust en gemakkelijk op verschillende plaatsen te installeren.

Nitratax

De Nitratax is een sensor die gebruikt kan worden voor continue monitoring van de nitraatconcentratie in water. De techniek maakt gebruik van het feit dat nitraten UV-licht absorberen op een golflengte van 210 nanometer. Hoe hoger de concentraties, hoe meer licht er geabsorbeerd wordt. Een ingebouwde fotospectrometer registreert de door het watermonster geëmitteerde UV-straling op de golflengte van 210 nanometer en kan zo dus de concentraties nitraat en nitriet bepalen.

De Nitratax kan gecombineerd worden met een doorstroomcel als directe plaatsing van de sensor in de bemonsterde waterstroom niet praktisch is. In het hierbovengenoemde onderzoek in het stroomgebied van de Hupselse Beek stond de Nitratax binnen opgesteld in een veldlaboratorium, waar met behulp van pompjes het te bemonsteren water naartoe geleid werd en door een doorstroomcel werd geleid.

De Nitratax sensoren beschikken over een systeem dat de sensorkop automatisch schoonveegt, om beïnvloeding van de resultaten door aanhechtend vuil of biofilm te voorkomen.

De Nitratax is vrij duur in aanschaf ($\pm 30\text{k€}$), maar daar staan lage onderhoudskosten tegenover. De Nitratax dien geïnstalleerd te worden in een droge ruimte waar electriciteit aanwezig is.

Phosphax

De Phosphax is een systeem dat vergelijkbaar is met de Nitratax, met dien verstande dat het fosfaatconcentraties meet met behulp van de vanadaatmolybdeen-geelmethode.

Multiparameterssystemen (Hydrion)

Hydrion biedt voor het bemonsteren en simultaan analyseren van meerdere parameters de Hydrion-line en de Hydrion 10. De Hydrion-line bestaat uit een kast met onder andere een meetcel en een PC. Hierop worden de leidingen vanaf de te bepalen drains of buizen aangesloten. De gebruiker stelt zelf een schema op voor bemonstering. Dit wordt verwerkt in de software die de bemonstering aanstuurt. Na installatie van de apparatuur vinden de metingen volledig automatisch plaats met behulp van de Hydrion-10 (of met andere meetapparatuur). De Hydrion-10 bestaat uit een combinatie van verschillende sensoren (voor bijvoorbeeld EC, pH en T) en ion-selectieve elektroden (naar keuze Redox, Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Li^+ , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^- , F^- , Cl^- , Br^- en CO_2 (HCO_3^-)). De Hydrion-10 meet alle parameters gelijktijdig.

De opstelling van de Hydrion-10 in een Hydrion-line is in principe geschikt voor automatische continue monitoring van de waterkwaliteit, al is in het onderzoek in de Hupselse Beek (sectie 5.1.3) zijn de Hydrion-multi-electrodes vrij storingsgevoelig gebleken (niet robuust) en is veel onderhoud nodig geweest. De electrodes werden snel vies. Los van de Hydrion-line is de Hydrion-10 vanwege de draagbaarheid

(“laboratorium in zakformaat”) wel geschikt voor screenings in het veld. De Hydrion-10 kan via de laptop van electriciteit worden voorzien.

Bij een begroting voor het gebruik van de Hydrion-10 (m.n. in een continu meetprogramma) moet rekening gehouden worden met het feit dat de elektroden een beperkte levensduur hebben. Gezien het grote aantal metingen dat gelijktijdig verricht kan worden zijn de kosten per analyse wel laag.