



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Ruimtelijke maatregelen voor wetlands in het veenweidegebied

Bufferzone voor het Natura 2000 gebied De Haeck

P.C. Jansen
F.P. Sival
C. Kwakernaak
O. Clevering
E. Westein

Alterra-rapport 1599, ISSN 1566-7197



Ruimtelijke maatregelen voor Natura 2000 wetlands in het veenweidegebied

Ruimtelijke maatregelen voor Natura 2000 wetlands in het veenweidegebied

Bufferzone voor het natuurgebied De Haeck

P.C. Jansen

F. P. Sival

C. Kwakernaak

O. Clevering

E. Westein

Alterra-rapport 1599

Alterra, Wageningen, 2008

REFERAAT

Jansen, P.C., F.P. Sival, C. Kwakernaak, O. Clevering, E. Westein, 2008. *Ruimtelijke maatregelen voor Natura 2000 wetlands in veenweidegebieden; Bufferzone voor het natuurgebied De Haeck*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1599. 66 blz., 13 fig.; 16 tab.; 46 ref.

Natuurgebieden met Natura 2000 status zijn vaak sterk afhankelijk van goede watercondities. Behalve brongerichte maatregelen zijn ook ruimtelijke effectgerichte maatregelen noodzakelijk. Gebieden rond Natura 2000 wetlands kunnen als buffergebied ingericht worden om de vereiste waterkwaliteit in het natuurgebied te behalen. Waterberging leidt tot minder inlaat van gebiedsvreemd water. Verbetering van de waterkwaliteit is mogelijk door het buffergebied in te richten als helofytenfilter of als slootzuiveringssysteem. De effectiviteit en het ruimtebeslag van dergelijke ruimtelijke maatregelen is berekend voor het Natura 2000 gebied De Haeck bij de Nieuwkoopse Plassen. Ook is een inschatting gemaakt van de kosten en baten van dergelijke systemen.

Trefwoorden: helofytenfilter, Kaderrichtlijn Water, Natura 2000, slootzuivering, veenweide, waterberging, zuiveringsmoeras

Foto's: P.L. Dauvellier en F. Sival

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.

© 2008 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

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

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

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

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Probleembeschrijving en doelstelling	11
1.2 Aanpak, werkwijze en gebiedskeuze	12
1.3 Natuurdoelstellingen en abiotische randvoorwaarden De Haeck	13
2 Waterretentie	19
2.1 Gebiedsbeschrijving	19
2.2 Waterbalans	21
2.3 Peilbeheer	24
2.4 Bergingsgebieden en scenario's	25
2.5 Het baggerdepot (bergingsgebied 5)	29
3 Waterkwaliteitsverbetering	33
3.1 Waterkwaliteit in en rondom De Haeck	33
3.2 Maatregelenoverzicht voor nutriëntenretentie in terrestrische en aquatische systemen.	37
3.2.1 Helofytenfilter	37
3.2.2 Sloopzuivering	40
4 Inrichtingsvarianten voor het verbeteren van de waterkwaliteit en –kwantiteit	45
4.1 Helofytenfilter	45
4.2 Sloopzuivering	46
5 Haalbaarheid doelstellingen	49
5.1 Waterretentie en flexibel peilbeheer	49
5.2 Het baggerdepot inrichten als helofytenfilter	49
5.2.1 Haalbaarheid ecologische doelstellingen	49
5.2.2 Inrichting	51
5.2.3 Kosten en baten	52
6 Betekenis voor het westelijke veenweidegebied	55
Literatuur	59

Bijlage

1 Benodigde oppervlakten bij een vast en flexibel peil, met en zonder achtergrondconcentratie, achtergrondconcentratie, de MTR en achtergrondconcentraties en voor de verschillende meetpunten	63
--	----

Woord vooraf

Het Europees beleid voor instandhouding van waardevolle natuur (Natura 2000) en de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn nauw met elkaar verbonden. Veel van de Natura 2000-doelen zijn afhankelijk van de watercondities in een Natura 2000 gebied. De KRW ziet erop toe dat de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater in Europa in 2015 op orde is. Dit geldt met prioriteit voor de Natura 2000 wetlands.

Bij een inventarisatie onder coördinatoren van stroomgebiedsbeheersplannen, die worden voorbereid voor de implementatie van de Kaderrichtlijn Water, kwam naar voren dat er vooral kennisgebrek is over de effectiviteit en haalbaarheid van ruimtelijke inrichtingsmaatregelen die gericht zijn op verbetering van de waterkwaliteit. Daarbij werd ondermeer gedacht aan de inrichting en benutting van gebieden die gelegen zijn tussen landbouwgebieden en Natura 2000 wetlands als waterzuiveringssystemen.

Daarop heeft LNV hiernaar een verkennend onderzoek laten uitvoeren door Alterra. In overleg met de betrokken waterschappen is gekozen voor een Natura 2000 wetland in het westelijk veenweidegebied. Het gaat om het natuurgebied De Haeck, gelegen in het gebied van de Nieuwkoopse Plassen.

Dit rapport doet verslag van de resultaten van het onderzoek naar de effectiviteit, het benodigd ruimtebeslag en de haalbaarheid van de inrichting van een gebied, grenzend aan De Haeck, voor waterberging en waterkwaliteitsverbetering. Doel was om met deze maatregelen te komen tot de watercondities die nodig zijn voor de realisatie van de Natura 2000 doelen in De Haeck. Hiermee wordt tevens zicht geboden op de toepassingsmogelijkheden van dit soort ruimtelijke maatregelen rond Natura 2000 wetlands in de veenweidegebieden.

De onderzoekers zijn de betrokken medewerkers van de Hoogheemraadschappen De Stichtse Rijnlanden en Rijnland en van Natuurmonumenten erkentelijk voor hun constructieve bijdrage en medewerking aan dit onderzoek.

Samenvatting

Natte Natura 2000 gebieden zijn afhankelijk van voldoende water dat een goede kwaliteit heeft. Om aan die randvoorwaarde te voldoen zijn vaak maatregelen nodig die volgens de huidige wetgeving in KRW-doelen moeten worden vertaald. De stroomgebiedsbeheersplannen voor de KRW geven een concrete omschrijving van de maatregelen, maar deze zijn soms nog onvoldoende onderbouwd. Er is met name behoefte aan kennis over ruimtelijke maatregelen die nodig zijn voor aanvoer van gebiedsvreemd boezemwater naar moerasnatuur binnen veenweidegebieden. Daarom is in dit rapport een verkenning uitgevoerd voor een concreet Natura 2000 gebied waar deze problematiek speelt. Als gebied is 'De Haeck' gekozen dat samen met de aangrenzende Nieuwkoopse Plassen een belangrijk restant is van laagveennatuur in West-Nederland.

De Haeck is een gebied van 75 ha dat, net als veel andere natuurgebieden in het westelijk veenweidegebied, te maken heeft met wegzijging die het gevolg is van de diepe waterpeilen in droogmakerijen en van grondwateronttrekkingen in de omgeving. Om het water op een permanent hoog peil te kunnen houden wordt jaarlijks gemiddeld 225 000 m³ water ingelaten. In een droog jaar gaat het om een hoeveelheid van 350 000 m³.

Het inlaatwater voor De Haeck is via de Nieuwkoopse Plassen en het riviertje de Meije afkomstig uit de Oude Rijn. Bij de inlaat van de Nieuwkoopse Plassen wordt het water chemisch gedefosfateerd. Daardoor voldoet het inlaatwater bij De Haeck wel aan de MTR waarde voor fosfor van 0,15 mgP/l, maar niet aan die voor stikstof (2,2 mgN/l). Het inlaatwater voldoet voor stikstof en fosfor niet aan de strengere VHR/Natura 2000 waarde (0,08 mgP/l en 1,0 mgN/l).

Er zijn verschillende mogelijkheden om te zorgen dat de kwaliteit van het inlaatwater verbetert:

- Waterretentie of waterberging. Hierbij wordt 's winters gebiedseigen water, of anders water van de meest geschikte samenstelling, in een bergingsgebied opgeslagen om vervolgens in tijden met een watertekort in het natuurgebied in te laten.
- Helofytenfilter of moeraszuivering. Voor laagveengebieden komen natuurlijke moerassen (verlandingszones langs meren, laagvenen, rivierbegeleidende moerassen) of kunstmatig aangelegde moerassen in aanmerking. De vegetatie bestaat uit helofyten. Dit zijn waterplanten als Riet, Liesgras of Biezen die wortelen in de bodem en met stengel en bladeren boven het water uit steken. De meest geschikte bodem is klei of zavel die tegelijkertijd een afsluitende laag onder het helofytenfilter vormt.
- Slotzuivering. Sloten voor slootzuivering zijn gedeeltelijk dieper dan de horizontaal doorstroomde helofytenmoerassen, waardoor niet alleen helofyten, maar ook ondergedoken en drijvende waterplanten domineren. De sloten zorgen ervoor dat de retentietijd van het water wordt verlengd, waardoor fosfaat wordt

vastgelegd en stikstof verdwijnt door denitrificatie. De aquatische vegetatie wordt jaarlijks geoogst en verwijderd.

Bij De Haeck is de opslag van schoon gebiedseigen water als afzonderlijke maatregel voor waterkwaliteitsverbetering niet haalbaar, vooral omdat in het bergingsgebied zelf ook wegzijging optreedt, waardoor er voor De Haeck onvoldoende water beschikbaar is. Een helofytenfilter en slootzuiveringssysteem komen wel in aanmerking. Het meest geschikte gebied daarvoor is een voormalig baggerdepot dat aan de westzijde van De Haeck ligt. De ligging is gunstig omdat hier gebruik gemaakt kan worden van inlaat van relatief schoon water en vanwege de doorvoer naar De Haeck die onder vrij verval kan plaatsvinden. Uitgaande van de slechtste kwaliteit van het water dat gezuiverd moet worden en van een droog jaar is een oppervlak aan helofytenfilter van 3,2 ha nodig om de MTR waarde voor N en P te bereiken en bij slootzuivering een lengte van 3,5 km. Bij een oppervlak van 8,2 ha aan helofytenfilter of slootlengte 10,7 km kan aan de strengere randvoorwaarden voor Natura 2000 doelstellingen worden voldaan, maar dat is tevens de laagste (achtergrond-) waarde die met deze zuiveringsmethoden ongeveer haalbaar is. Overigens kan de hoeveelheid inlaatwater sterk worden teruggebracht (en daarmee de oppervlakte voor een helofytenfilter) als het peil in De Haeck wat mag fluctueren. Bij een peilfluctuatie van bijvoorbeeld 10 cm is 35% minder water nodig.

Het combineren van maatregelen is ook een optie. Wateropslag in combinatie met een helofytenfilter is mogelijk als het peil niet meer fluctueert dan 30 cm omdat Riet na het maaien anders afsterft. Het toegevoegd rendement door retentie is echter klein. Voor wateropslag in combinatie met slootzuivering geldt min of meer hetzelfde. De combinatie van slootzuivering en een helofytenfilter pakt het meest positief uit omdat beide systemen elkaar aanvullen. Slootzuivering is vooral gunstig voor fosfaatvastlegging, terwijl een helofytenfilter vooral effectief is voor het verwijderen van stikstof, dat onder invloed van een hoge(re) temperatuur denitrificeert. Niet alleen voor De Haeck is de combinatie van een helofytenfilter en slootzuivering geschikt, maar ook voor andere natuurgebieden in het westelijk veenweidegebied die te maken hebben met inlaat van te voedselrijk water.

1 Inleiding

1.1 Probleembeschrijving en doelstelling

Voor natte Natura 2000 gebieden zijn een goede waterkwaliteit en voldoende hoog waterpeil essentiële randvoorwaarden voor de ecologische instandhoudingsdoelen. Hierop zullen de doelen voor de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) moeten worden afgestemd. Ten behoeve van de op te stellen stroomgebiedsbeheersplannen voor de KRW dienen adequate maatregelpakketten te worden samengesteld, waarmee de gewenste ecologische kwaliteit van watersystemen moet worden gerealiseerd. In veenweidegebieden liggen natte natuurgebieden veelal hoger dan het omringend ontwaterd landbouwgebied. Voor peilhandhaving moet daarom vaak gebruik worden gemaakt van aanvoer van gebiedsvreemd water dat van onvoldoende kwaliteit is voor de ecologische doelstellingen.

De behoefte aan dit onderzoek is naar voren gekomen bij een inventarisatie van het Kennisplatform NBW, en is aangescherpt bij een aantal gesprekken die in de verkennende voorfase van het project in 2006 zijn gevoerd met trekkers van stroomgebiedsbeheersplannen voor de KRW. Daarop is de keuze gevallen op een nadere verkenning van ruimtelijke maatregelen ten behoeve van de realisatie van KRW-doelen in relatie tot Natura 2000 doelen. Bij de geraadpleegde waterschappen bleek de behoefte aan kennis hierover het meest urgent in relatie tot de problematiek van aanvoer van gebiedsvreemd boezemwater naar moerasnatuur binnen veenweidegebieden.

In 2006 zijn gesprekken gevoerd met betrokkenen van LNV, provincie en waterschappen om de vraagstelling scherp te krijgen en het onderzoek ruimtelijk in te kaderen. Daarop is het project in 2006 van start gegaan met een literatuuranalyse naar de effectiviteit en inrichtingseisen van watersystemen en gebieden voor wateropslag en waterzuivering.

Het project heeft als doel om de effectiviteit en inrichtingseisen te verkennen van omringend gebied (land en waterlopen) rond moerasnatuur in het veenweidegebied, wanneer dat zal fungeren als een soort buffergebied voor wateropslag en waterzuivering ten behoeve van ecologische kwaliteitsdoelen voor het moerasnatuurgebied. Ook moet het project inzicht opleveren in de mogelijkheden voor multifunctionele inrichting van dergelijke buffergebieden.

De verkenning is uitgevoerd voor het Natura 2000 gebied De Haeck, als voorbeeldsituatie voor de problematiek van wetlands in het (westelijk) veenweidegebied. De Haeck is gelegen in de zuidoost hoek van de Nieuwkoopse Plassen. De Nieuwkoopse Plassen en De Haeck vormen een natuurgebied van internationale waarde. Het is één van de laatste restanten laagveennatuur in West-Nederland en een essentiële schakel in de 'Westelijke Natte As', onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Uit een inhoudelijke 'Quick Scan' analyse die is uitgevoerd

ten behoeve van het veldbezoek van de Taskforce Verdroging in 2006 (Tersteeg e.a., 2006) blijkt dat in het gebied sprake is van ernstige verdroging. Deze vindt zijn oorsprong in de sterke wegzijging van gebiedseigen (regen)water naar de omliggende diepe polders en droogmakerijen. Om dit verlies aan te vullen moet veel oppervlaktewater, afkomstig uit de Oude Rijn, worden ingelaten. De kwaliteit van dit water is, ondanks zuivering in een defosfateringsinstallatie, nog onvoldoende. De slechte waterkwaliteit wordt nog eens verergerd door de noodzaak het waterpeil in de Nieuwkoopse Plassen min of meer constant te houden. Bij neerslag ontstaat een surplus aan relatief schoon water, maar dat wordt omwille van peilhandhaving meteen afgevoerd. Als het peil later weer daalt, wordt het tekort met kwalitatief minder water aangevuld. Door deze ongunstige situatie worden de ambitieuze natuurdoelstellingen voor de Nieuwkoopse Plassen en De Haeck niet gehaald.

In de genoemde Quick Scan worden de volgende maatregelen voor een substantiële verbetering gesuggereerd:

- Zoveel mogelijk beperken van het waterverlies door middel van robuuste natte bufferzones langs de rand van de Nieuwkoopse Plassen en De Haeck;
- Introduceren van een variabel peilbeheer, waarbij binnen afgesproken marges regenwater in het plassengebied zelf wordt opgeslagen. Zo'n variabel peilbeheer heeft grote voordelen voor de natuur, maar ook ingrijpende consequenties voor de bestaande infrastructuur, bebouwing, economische activiteiten en recreatievoorzieningen in het gebied.

Deze maatregelen zullen het waterverlies echter niet volledig kunnen beperken. Het blijft dus nog steeds nodig om gebiedsvreemd water in te laten. Daarbij zal moeten worden ingezet op een verdere verbetering van de kwaliteit van dit ingelaten water. Soortgelijke maatregelen worden specifiek voor De Haeck ook genoemd in het Watergebiedsplan Zegveld en Oud-Kamerik (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, 2005). Concreet wordt bij De Haeck gedacht aan het realiseren van een hydrologische overgangszone op landbouwgrond die mogelijk in de toekomst niet meer voor landbouw bestemd zal blijven.

1.2 Aanpak, werkwijze en gebiedskeuze

Het onderzoek is grotendeels gericht op een bepaling van de effectiviteit en inrichtingsaspecten van buffergebieden voor de opslag en zuivering van water voor peilhandhaving van het Natura 2000 gebied De Haeck. Ook is een verkenning uitgevoerd van de economische en maatschappelijke haalbaarheid van omvorming van het huidige ruimtegebruik van potentiële locaties voor buffergebieden naar multifunctionele inrichting met een bergings- en zuiveringsfunctie.

Voor de bepaling van de omvang en ligging van de benodigde ruimte voor wateropslag, en voor het opstellen van waterbalansen en waterbeheerstrategieën alsmede voor informatie over relaties van peilbeheer met natuur en ruimtegebruiksfuncties, is gebruik gemaakt van kennis en modelgegevens uit het lopend onderzoeksproject “Waarheen met het Veen?”. Het gebruikte

modelinstrumentarium is voor de toepassing in het studiegebied gevalideerd. Voorts is gebruik gemaakt van bestaande kennis en literatuur, onder andere over het zuiveringsrendement van rietmoerassen en slootzuiveringssystemen, en over kosten en baten van deze systemen.

1.3 Natuurdoelstellingen en abiotische randvoorwaarden De Haeck

Het natuurgebied De Haeck maakt deel uit van het Natura 2000 gebied Nieuwkoopse Plassen. Het gebied is door de afwisseling van specifieke, nog ongestoorde watervegetaties, trilvenen, veenmosrietlanden en schrale graslanden een zeer waardevol gebied. De natuurdoelstellingen zijn dan ook ambitieus. Volgens het Watergebiedsplan is de waterkwaliteit zodanig dat gesproken kan worden van een relatief ongestoord halfnatuurlijk ecosysteem van gedeeltelijk vergraven veenafzettingen. In het terrestrische deel van De Haeck komen plaatselijk nog waardevolle vegetatietypen voor, zoals moerasheide met soorten als Zonnedauw, Dopheide en Klokjesgetiaan, graslanden met Kale jonker, Moerasspirea, Moerasrolklaver en Poelruit, dotterbloemgraslanden met Kleine valeriaan en Moeraskartelblad en trilveentjes met Groenknolorchis. Beschermde soorten, die in De Haeck te vinden zijn, zijn o.a. de Gevlekte rietorchis, Koningsvaren, Moeraskartelblad, Rietorchis en Spaanse ruiter. De oorspronkelijke watervegetatie in de Nieuwkoopse Plassen en De Haeck van kranswieren en de plantengemeenschap van Waterviolier en Kransvederkruid, kenmerkend voor mesotrofe en (herdere) eutrofe plassen in laagveengebieden komt in De Haeck en de Nieuwkoopse Plassen nauwelijks meer voor (de Hoog et al., 2000).

Op het moment is voor De Haeck nog geen eenduidige natuurdoelstelling beschikbaar, maar de kwaliteitseisen van het oppervlaktewater kunnen al wel uit andere richtlijnen worden afgeleid. Het vigerend nationale beleid voor nutriënten in oppervlaktewater is vastgelegd in de 4^{de} Nota Waterhuishouding (Min. V&W, 1998). Daarin is als norm voor een goede toestand van het oppervlaktewater het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) vastgelegd. Voor stikstof bedraagt de MTR 2,2 mg/l en voor fosfor 0,15 mg/l. Specifieke doelstellingen voor gebieden die behoren tot de Ecologische Hoofdstructuur zijn opgenomen in de waterhuishoudingsplannen van de provincies. De provincie Zuid-Holland heeft in zijn Beleidsplan Groen, Water en Milieu 2006-2010 aangegeven dat tot 2009 de huidige waterkwaliteitsdoelstellingen grotendeels van kracht blijven. Grote delen van de Nieuwkoopse Plassen en De Haeck zijn aangewezen als waternatuur, hetgeen wil zeggen dat hiervoor de ecologische waterkwaliteitsdoelstelling STOWA klasse IV (hoogste ecologisch niveau) geldt.

In de beheersvisie 1997-2012 voor De Haeck (van Tweel-Groot, 1997) staat een streefbeeld voor de aquatische en terrestrische vegetaties van De Haeck. Dit streefbeeld bestaat uit de volgende natuurdoeltypen (Bal e.a., 1995):

- Zoetwatergemeenschap (Lv-3.1)
- Drijfkillen en waterriet, nat schraalland (Lv-3.4)
- Veenheide (Lv-3.6)

- Rietland (Lv-3.3)
- Bloemrijk grasland (Lv-3.5)
- Struwelen (Lv-3.7)
- Moerasbos (Lv-3.9)

Op grond van waarnemingen in het begin van de jaren zeventig en de plantengemeenschappen die in het algemeen worden verwacht in Nederlands laagveenwater is als doelvegetatietype voor De Haeck het natuurdoeltype ‘zoetwatergemeenschap in laagveengebied’ gekozen. Bij dit natuurdoeltype horen de volgende randvoorwaarden voor N en P: tot-P <0,02 mg/l en tot-N <0,7 mg/l. Voor sulfaat (SO₄) wordt geen randvoorwaarde genoemd. Voor chloride wordt vooralsnog uitgegaan van de norm <100 mg/l. In het Watergebiedsplan Zegveld en Oud-Kamerik is dit streefbeeld (de watervegetaties met Kranswier, Waterviolier en Kransvederkruid) voor De Haeck overgenomen. Daarnaast worden in het kader van de Kaderrichtlijn Water en het natuurbeleid (Natura 2000) nieuwe doelstellingen en opgaven gesteld aan de waterkwaliteit.

Kaderrichtlijn Water

Ten behoeve van de implementatie van de KRW zijn verschillende waterlichamen met bijbehorende watertypen onderscheiden. Op grond van de kaartbijlage bij de karakterisering van het werkgebied Rijndelta (Min. V&W, 2005) is aan de Nieuwkoopse Plassen en De Haeck het watertype M27 (matig grote ondiepe veenplassen) toegekend. De wateren van polders aan de zuidzijde de Nieuwkoopse Plassen en De Haeck behoren tot het watertype V2 (regionale wateren op veen).

In Nederland komen maar weinig écht natuurlijke wateren voor. Toch moet voor elk watertype dat in Nederland zou kunnen voorkomen, maar dat nu als natuurlijk type ontbreekt, bijvoorbeeld omdat het in de categorie ‘sterk veranderd’ valt, een beschrijving van de Goede Ecologische Toestand (biologisch en fysisch/chemisch) worden gemaakt. Voor de beschrijving van de biologische toestand zijn inmiddels voor elk KRW-watertype referenties en maatlatten opgesteld (Van der Molen en Pot, 2006). De referentie of Zeer Goede Ecologische Toestand (ZGET) voor het watertype M27 is:

- Totaal fosfaat: ≤ 0,03 mg/l
- Totaal stikstof: ≤ 0,99 mg/l

Heinis en Evers (2007a) hebben de getalswaarden voor nutriënten voor de Goede Ecologische Toestand (GET) afgeleid voor natuurlijke wateren. Voor het watertype M27 zijn deze doelstellingen:

- Totaal fosfaat: 0,06 mg/l
- Totaal stikstof: 1,3 mg/l

Let wel, deze ‘doelstellingen gelden dus voor natuurlijke wateren. Heinis en Evers (2007b) geven een methode om ook de nutriëntendoelstellingen (Maximaal Ecologisch Potentieel, MEP, en Goed Ecologisch Potentieel, GEP) voor sterk veranderde of kunstmatige waterlichamen af te leiden. In een voorbeeld voor een

laagveenplas die onderdeel uitmaakt van het boezemstelsel, stellen zij dat GEP-nutriënten = GET nutriënten.

Natura 2000

Het natuurgebied De Haeck is onderdeel van het Natura 2000 gebied 'Nieuwkoopse Plassen en De Haeck'. Natura 2000 omvat alle gebieden die zijn beschermd op grond van de volgende EU-richtlijnen:

- Vogelrichtlijn (1979);
- Habitatrichtlijn (1992).

Beide richtlijnen zijn in Nederland opgenomen in de Natuurbeschermingswet. Op dit moment wijst Nederland de Natura 2000 gebieden officieel aan. In de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn staan ook maatregelen voor soortenbescherming. Deze staan in de Flora- en faunawet. Het gebied Nieuwkoopse Plassen en De Haeck valt zowel onder de Vogel- als de Habitatrichtlijn.

De Kaderrichtlijn Water geeft aan dat er een register moet worden aangelegd van beschermde gebieden. Dit zijn o.a. alle gebieden waar het oppervlakte- en grondwater bijzondere bescherming behoeven voor het behoud van habitats en rechtstreeks van water afhankelijke soorten. Als er voor deze gebieden al een richtlijn geldt dan is de strengste richtlijn leidend bij de implementatie van de KRW. Voor Nederland geldt dat alle Vogel- en Habitatrichtlijngebieden in het register zijn opgenomen. Op grond van deze richtlijnen gelden voor beschermde gebieden en soorten specifieke fysische, chemische en ecologische eisen voor oppervlakte- en grondwater, die bindend zijn voor de KRW. Het kan dus zijn dat voor De Haeck strengere normen gaan gelden dan de ZGET of GET van het watertype.

Habitatrichtlijngebieden zijn bij de EU aangemeld voor bepaalde habitattypen (instandhoudingsdoelen). Voor de Nieuwkoopse Plassen en De Haeck geldt dat het gebied is aangemeld voor:

- | | |
|------|--|
| 3150 | Van nature eutrofe meren met vegetatie van het type Magnopotamion of Hydrocharition |
| 7210 | *Kalkhoudende moerassen met <i>Cladium mariscus</i> en soorten van het <i>Caricion davallianae</i> |
| 3140 | Kalkhoudende oligo-mesotrofe wateren met bentische <i>Chara</i> spp. vegetaties |
| 4010 | Noord-Atlantische vochtige heide met <i>Erica tetralix</i> |
| 6410 | Grasland met <i>Molinia</i> op kalkhoudende, venige, of lemige kleibodem (Eu-Molinion) |
| 7140 | Overgangs- en trilveen |
| 91D0 | *Veenbossen |

* = prioritaire habitattypen volgens de Habitatrichtlijn

Tabel 1-1 Vertaling van habitattypen naar natuurdoeltypen (Bal et al, 2001)

	Habitatype		Natuurdoeltype
3150	Van nature eutrofe meren met vegetatie van het type Magnopotamion of Hydrocharition	3.17 3.18	Geïsoleerd petgat Gebufferd meer
7210	*Kalkhoudende moerassen met <i>Cladium mariscus</i> en soorten van het Caricion davallianae	3.24e	Grote-zeggenmoeras
3140	Kalkhoudende oligo-mesotrofe wateren met bentische <i>Chara</i> spp. vegetaties	3.14a/b 3.17 3.18 3.20 3.22	Gebufferde poel / wiel Geïsoleerd petgat Gebufferd meer Duinplas Zwakgebufferd ven
4010	Noord-Atlantische vochtige heide met <i>Erica tetralix</i>	3.42 3.43	Natte heide Natte duinheide
6410	Grasland met <i>Molinia</i> op kalkhoudende, venige, of lemige kleibodem (Eu-Molinion)	3.29c	Blauwgrasland
7140	Overgangs- en trilveen	3.27 3.28	Trilveen Veenmosrietland
91D0	*Veenbossen	3.63	Hoogveenbos

De doelstellingen voor Habitatrictlijngebieden zijn – in kwantitatieve zin - nog niet definitief vastgesteld. Voor het bepalen van de doelstellingen voor de Nieuwkoopse Plassen en De Haack is gebruik gemaakt van een vertaaltabel van habitattypen per Habitatrictlijngebied naar natuurdoeltypen (EC-LNV). In deze tabel zijn de habitats voor elk Habitatrictlijngebied vertaald naar natuurdoeltypen en bijbehorende abiotische randvoorwaarden uit het Handboek Natuurdoeltypen (Bal et al., 2001). De tabel is opgesteld voor terrestrische en semi-terrestrische natuurdoeltypen. Op het moment wordt gewerkt aan een tabel voor aquatische natuurdoeltypen, maar deze is nog niet beschikbaar. Tevens zijn per Habitatrictlijngebied in veel gevallen meerdere habitattypen benoemd. Welk habitatype bepaalt dan de uiteindelijke doelstelling?

Om voor het moment bovenstaande hiaten in te kunnen vullen is conform Leenders e.a. (2006) de volgende werkwijze gehanteerd. Allereerst is gekeken naar het prioritaire habitatype en bijbehorend natuurdoeltype. Van het bijbehorende natuurdoeltype is nagegaan of het type oppervlaktewaterafhankelijk is. Zo ja, dan zijn de doelstellingen behorende bij dit type overgenomen. Bij meerdere prioritaire habitattypen/natuurdoeltypen is gekozen voor het meest kritische type voor wat betreft abiotische randvoorwaarden. In het geval de prioritaire habitattypen/natuurdoeltypen niet oppervlaktewaterafhankelijk zijn, is er gekeken naar de overige habitattypen waarvoor het gebied is aangemeld. In de Nieuwkoopse Plassen en De Haack is het (prioritaire) natuurdoeltype 3.24 e (in enige mate) oppervlaktewaterafhankelijk. Bijbehorende abiotische randvoorwaarden voor totaal-N en totaal-P zijn 1,0 mg N/l en 0,08 mg P/l.

Discussie

Hoewel de verschillende doelstellingen inzicht geven in de mogelijk na te streven abiotiek is de insteek vanuit de ecologische doelstellingen gezien de huidige ontwikkelingen wellicht minder relevant. Begin 2006 is door de EU-landen in Praag besloten om voor de KRW in relatie tot nutriëntenbelasting voor sterk veranderde en

kunstmatige wateren de pragmatische lijn te hanteren. Dat wil zeggen: doelbepaling van onderaf. Wat is haalbaar en uitvoerbaar, en welke doelen passen daarbij? Financieel en maatschappelijk draagvlak wordt dus bij ecologische doelformulering veel meer het uitgangspunt.

Voor onze studie betekent dit dat we op basis van verschillende inrichtingsvarianten voor het verbeteren van de waterkwaliteit (en –kwantiteit) moeten bepalen welke concentraties in het oppervlaktewater maximaal haalbaar zijn, afgezet tegen de (maatschappelijke) kosten. Vervolgens kunnen we kijken of de – in dit hoofdstuk genoemde - ecologische (streef)doelen dan ook binnen bereik zijn. In tabel 1-2 zijn de verschillende doelstellingen nog eens samengevat. Het gaat hier om maximaal toelaatbare concentraties.

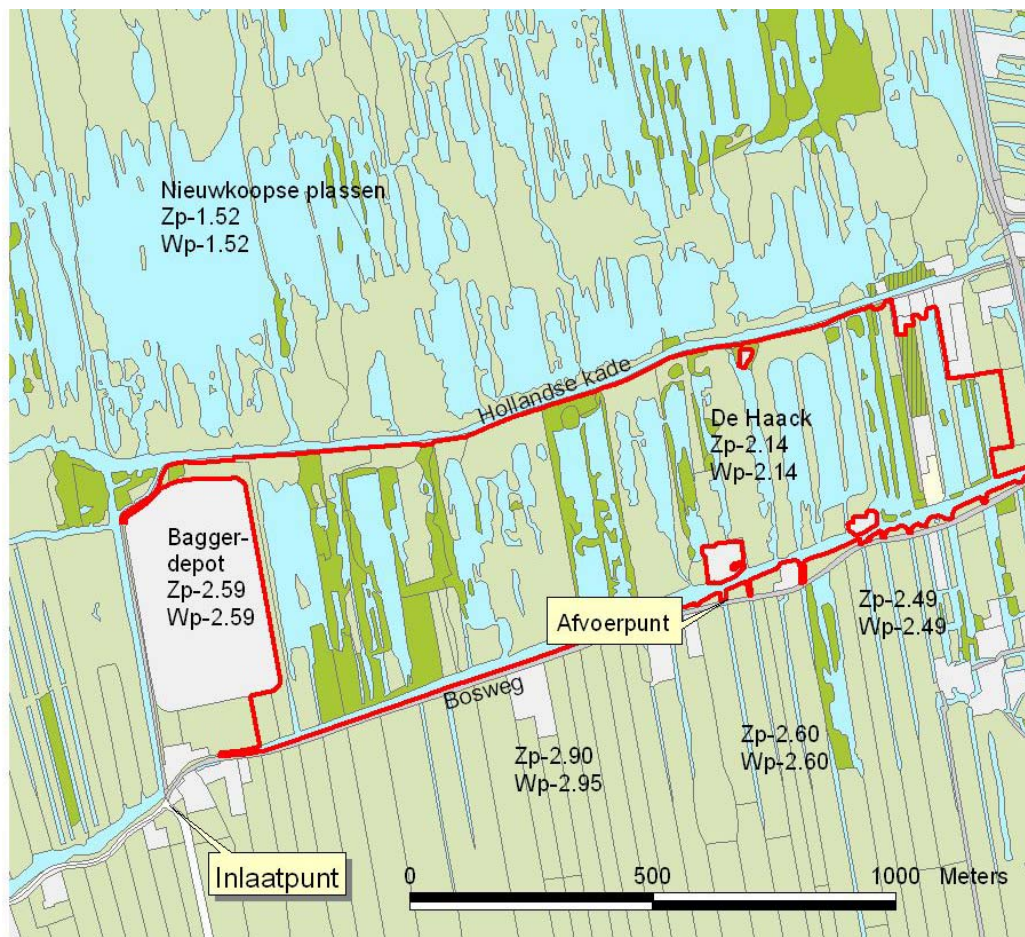
Tabel 1-2 Maximaal toelaatbare concentraties volgens verschillende doelstellingen

	NW4	WGP	KRW			VHR/Natura 2000
	MTR		ZGET	GET	GEP	
Tot-N (mg/l)	2,2	0,7	0,99	1,3	1,3?	1,0
Tot-P (mg/l)	0,15	0,02	0,03	0,06	0,06?	0,08

2 Waterretentie

2.1 Gebiedsbeschrijving

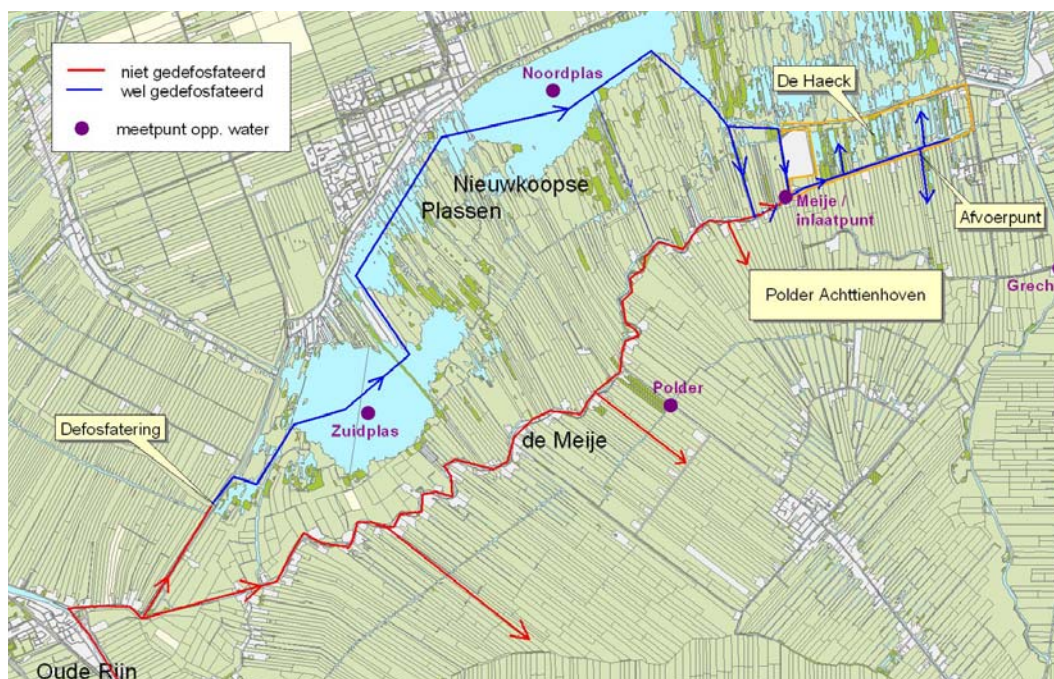
Het natuurgebied De Haeck is een veengebied van ongeveer 75 ha dat ten zuidoosten van de Nieuwkoopse Plassen ligt (figuur 2-1). Van het gebied bestaat 67 ha uit ondiepe plassen, rietland, bos en graslanden. Hoewel er in het verleden veen is afgegraven bedraagt de huidige veendikte nog meer dan 6 meter. In het zuidwesten bestaat de bovengrond uit klei. Het waterpeil in De Haeck is lager dan het boezempeil van de Nieuwkoopse Plassen in het noorden, maar hoger dan het peil in de polders aan de zuidzijde. In De Haeck ligt een oud baggerdepot, dat als een soort enclave een eigen peilregime kent. Via een duiker onder De Haeck wordt het overtollige water afgevoerd naar polder Achttienhoven.



Figuur 2-1 Overzicht van de waterbeheersing in en rond het natuurgebied De Haeck

De Haeck watert via een stuw aan de zuidzijde af op een lager gelegen poldersloot in polder Achttienhoven. Tot voor kort stroomde er in natte perioden ook geregeld

water over de Bosweg naar deze polder, maar sinds in december 2006 een lage wal langs de weg is aangelegd gebeurt dat minder vaak¹. Aan de zuidwestzijde van De Haeck ligt een waterinlaatpunt. Het inlaatwater is bestemd om het oppervlaktewater in De Haeck op peil te houden. Eerder werd een deel doorgevoerd naar polder Achttienhoven, maar in december 2006 zijn inlaat en afvoer zodanig geautomatiseerd dat beide niet gelijktijdig functioneren. Het ingelaten water komt daardoor uitsluitend ten goede aan De Haeck. Het inlaatwater is afkomstig uit het voormalige riviertje de Meije en de Nieuwkoopse Plassen. De Meije staat aan de westzijde in open verbinding met de Oude Rijn (figuur 2-2). Vanuit de Meije wordt water ingelaten in de zuidelijker gelegen Meijepolder en Polder Zegveldbroek. Bij het inlaatpunt voor De Haeck is vrijwel al het “Oude Rijnwater” al opgebruikt, en omdat de Meije verder naar het oosten ook wordt aangevuld met water dat via slootjes uit de Nieuwkoopse Plassen afkomstig is, heeft het inlaatwater voor De Haeck een samenstelling dat sterk lijkt op dat van de Nieuwkoopse Plassen. De Nieuwkoopse Plassen zelf worden op peil gehouden met water dat eveneens uit de Oude Rijn afkomstig is, maar anders dan het water dat naar de Meije gaat, wordt het water gedefosfateerd met ijzerchloride.



Figuur 2-2 Overzicht van de circulatie van het oppervlaktewater in De Nieuwkoopse Plassen en De Haeck

De hoeveelheid stikstof in de Nieuwkoopse Plassen neemt verder van het inlaatpunt steeds verder af omdat er weinig doorstroming plaatsvindt (overtollig water wordt weer via het inlaatpunt afgevoerd). De netto aanvulling is alleen het gevolg van wegzijging, het neerslagtekort, de doorvoer naar de Meije en de waterinlaat in het kassengebied dat ten noordoosten van de Nieuwkoopse Plassen ligt. De kwaliteit van het inlaatwater in het kassengebied het meest met fosfaat vervuilde water als gevolg

¹ Wel tijdens het veldbezoek aan het einde van de natte maand juli 2006

van de uitwerpselen van een aalscholverkolonie die zich in het oosten van de Nieuwkoopse Plassen heeft gevestigd. Doordat het water aan de oostzijde naar het kassengebied wordt afgevoerd, wordt voorkomen dat het eutrofe water zich over grote delen van de Nieuwkoopse Plassen verspreidt (pers. med. Maarten van Schie, Natuurmonumenten).

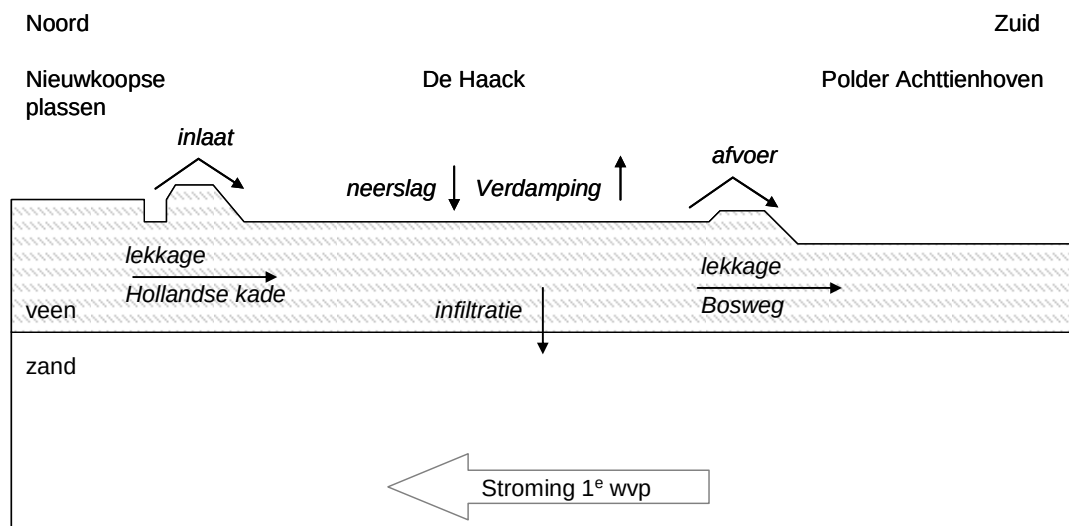
Het grondwater in het zandpakket onder de veenlaag, het eerste watervoerende pakket, stroomt in noordelijke richting naar de diep ontwaterde polders bij Nieuwkoop. De verschillen in peilen tussen de Nieuwkoopse Plassen, De Haeck en de zuidelijk gelegen polders maakt dat de grondwaterstroming door de afdekkende veenlaag juist tegengesteld is. Tegelijkertijd treedt er ook wegzijging op door de veenlaag naar de zandondergrond omdat de stijghoogte van het grondwater in het zandpakket permanent lager is dan de freatische grondwaterstand.

2.2 Waterbalans

De waterbalanstermen staan schematisch weergegeven in figuur 2-3. Inkomend en uitgaand water bestaat uit:

<u>IN</u>	<u>UIT</u>
A1 Neerslag	B1 Verdamping
A2 Inlaat vanuit de Meije/Nieuwk. Plassen	B2 Afvoer via de stuw
A3 Lekkage uit Nieuwkoopse Plassen	B3 Lekkage naar Polder Achttienhoven
	B4 Wegzijging

Omdat er nauwelijks peilfluctuaties optreden is de berging in De Haeck gelijk aan nul. De andere waterbalanstermen worden hieronder apart besproken.



Figuur 2-3 Overzicht van de circulatie van het oppervlaktewater in De Nieuwkoopse Plassen en De Haeck

A1 Neerslag

De gemiddelde neerslag in de periode 1950-2000 bedraagt op jaarbasis ongeveer 800 mm.

A2 Inlaat vanuit de Meije/Nieuwkoopse Plassen

Volgens het hoogheemraadschap is in de jaren 2000 – 2002 jaarlijks tussen de 700 000 en 1 200 000 m³ ingelaten, waarvan het overgrote deel direct is doorgevoerd naar de zuidelijk gelegen polders. De netto inlaat voor De Haeck is onbekend. Sinds de inlaat en afvoer in de winter van 2006/2007 gekoppeld zijn, wordt alleen water voor De Haeck ingelaten. Ook hier zijn nog geen hoeveelheden van bekend.

Eerder zijn in een studie gedetailleerdere inlaathoeveelheden voor De Haeck gegeven (Hoog et al, 2000). Het is echter niet duidelijk hoe deze gegevens zijn verzameld. Voor een gemiddeld jaar (1990) bedraagt de inlaat een waterlaag met een dikte van 704 mm. De inlaat heeft alleen in de maanden april t/m oktober plaatsgevonden. Omdat de hydrologische omstandigheden sinds 1990 niet wezenlijk zijn veranderd, is hier ook van een ingelaten hoeveelheid van 704 mm voor een gemiddeld jaar uitgegaan.

A3 Lekkage uit de Nieuwkoopse Plassen

Door het peilverschil tussen de Nieuwkoopse Plassen en De Haeck van 0,62 m (figuur 2-1) treedt er lekkage op door de Hollandse kade. De berekende lekkage is gelijk aan:

$$q = kD \cdot \Delta h / \Delta x \cdot L / A \cdot 365$$

Hierin is:

- q = lekkage (m/jr)
- k = horizontale doorlatendheid (m/dag)
- D = dikte veenlaag (m)
- Δh = peilverschil (m)
- Δx = gemiddelde breedte 'veendijk' (m)
- L = lengte 'veendijk' (m)
- A = oppervlakte De Haeck (m²)

Afgerond zijn de volgende waarden gebruikt:

k = 0,2 m/dag²; D = 6,3 m; Δh = 0,62 m; Δx = 6 m; L = 1 500 m; A = 750 000 m².

Omgerekend in millimeters levert dit een inkomende lekkage op van 95 mm/jaar.

Mogelijk is de 95 mm nog overschat omdat de stroming ook neerwaarts zal zijn.

Onder het 'veendijkje' treedt een wegzijging op van 0,8 mm (zie B4). Omgerekend naar De Haeck komt dat neer op bijna 4 mm/jaar. Afgerond is met een netto lekkage gerekend van 90 mm/jr³.

² Hoog et al. (2000) komt na boorgatmetingen tot een k-waarde van 1,9 m/dag. De metingen zijn niet in de veendijken gedaan die een veel kleinere doorlatendheid moeten hebben omdat ze anders nooit effectief zouden zijn. Ook zal er een zekere intreeweerstand zijn waar rekening mee moet worden gehouden (pers. mededeling E. Querner). De gemiddelde horizontale doorlatendheid van riet/zeggeveen is niet groter dan enkele decimeters. Er kunnen wel goed doorlatende plekken zijn, maar deze strekken zich niet over grote oppervlaktes uit (pers. mededeling R. Hendriks).

³ De kwel komt in een smalle zone achter de veendijk in naar boven en heeft daar een positieve invloed op de natuurwaarden (pers. mededeling M.van Schie, Natuurmonumenten)

B1 Verdamping

In de waterbalans is voor de verdampingsterm uitgegaan de Makkinkverdamping die voor gras geldt. In De Haeck zal die verdamping wat hoger zijn omdat er weinig grasland voorkomt, maar wel veel open water, riet en moerasbos. De verdamping daarvan is groter. De literatuur geeft geen eenduidig uitsluitsel over de verdamping van een combinatie van verschillende vegetatietypen, maar hier is aangenomen is dat voor het hele gebied de verdamping 20% hoger is dan de Makkinkverdamping. De gemiddelde jaarlijkse verdamping, berekend over de periode 1950-2000, komt daarmee op $540 \times 1,20 = 650 \text{ mm}$

B2 Afvoer via de stuw

Naast de afvoer over de stuw kwam het tot de aanleg van een dijkje langs de Bosweg in natte perioden regelmatig voor dat er water vanuit De Haeck over de weg naar Polder Achttienhoven stroomde. Het is echter onbekend hoeveel er is afgevoerd. Daarom is de afvoer als sluitpost van de waterbalans gebruikt.

B3 Lekkage naar Polder Achttienhoven

Hiervoor is dezelfde vergelijking gebruikt als bij de berekening van de lekkage vanuit de Nieuwkoopse Plassen naar De Haeck (A3). Alleen is Δh hier 0,76 en 0,23 m en $\Delta x = 12 \text{ m}$. De jaarlijkse lekkage bedraagt dan 38 mm/jaar. Ook hier zal een neerwaartse flux naar het eerste watervoerende pakket optreden waardoor de netto lekkage kleiner zal zijn. Geschat wordt dat maximaal 30 mm naar Polder Achttienhoven lekt. In 2006/2007 is het veen langs de Bosweg verdicht en zijn instabiele plekken aangepakt. Het effect daarvan is nog niet bekend.

B4 Wegzijging

Voor het project 'Waarheen met het Veen?' zijn voor het gebied rond Zegveld berekeningen met het hydrologische model SIMGRO uitgevoerd (Jansen et al., 2007). Hiermee is voor De Haeck een wegzijging berekend van 0,8 mm/dag. Op jaarbasis gaat het om een hoeveelheid van 292 mm.

De waterbalans ziet er met de aangegeven hoeveelheden voor een gemiddeld jaar als volgt uit:

In : $800 + 704 + 90 = 1594 \text{ mm}$

Uit: $650 + 30 + 292 = \underline{972 \text{ mm}}$ -

Restterm (afvoer) = 622 mm

Conclusie

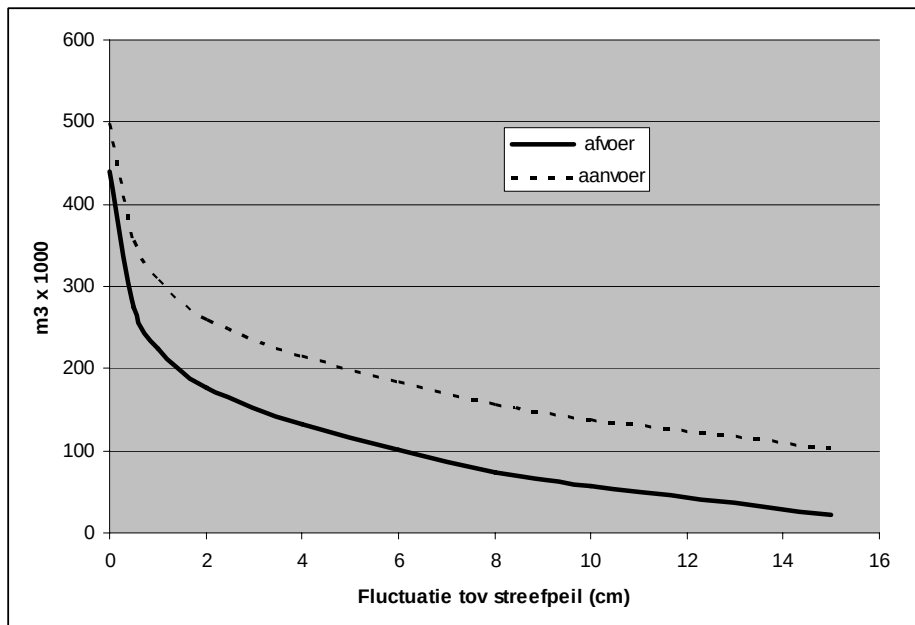
De berekende afvoer en de hoeveelheid ingelaten water zijn beide erg hoog. Voor de waterinlaat van 704 mm/jr zijn Hoog et al. (2000) uitgegaan van een verdamping die groter is dan de hoeveelheid neerslag en een uitgaande lekkage naar polder Achttienhoven die veel groter is dan waarvan hier is uitgegaan, waardoor zij tot een veel lagere afvoer (150 mm/jr) komen dan de 622 mm die hier is berekend. Met het SIMGRO-model voor Zegveld (Jansen et al., 2007) is voor De Haeck een gemiddelde aanvoerbehoefte berekend van $225.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Ducl (1991) rekent in een normaal jaar aan suppletiewater met een hoeveelheid van 190.000 m^3 . Hij gaat uit echter uit van een oppervlakte van 90 ha. Voor de verdere studie wordt uitgegaan

van de waterinlaat die gebaseerd is op de SIMGRO-berekeningen; 225 000 m³/jr ofwel 300 mm/jr. De inlaatbehoefte in een droog jaar is met 350 000 m³/jr bijna 1,5 x groter dan in een gemiddeld jaar.

2.3 Peilbeheer

De Haeck heeft het hele jaar door eenzelfde vast peil (-2.14 m NAP). Wanneer dit peil strak zou worden nageleefd moeten ook minieme afwijkingen van het streefpeil door waterafvoer en –aanvoer direct worden genivelleerd. Dat zou betekenen dat er jaarlijks gemiddeld 514 000 m³ (ca. 690 mm) water moet worden ingelaten en 434 000 m³ (ca. 580 mm) moet worden afgevoerd. In de praktijk zullen oppervlaktepeilen en grondwaterstanden fluctueren waardoor er altijd een buffering optreedt en de inlaat en afvoer kleiner zullen zijn. Naarmate de fluctuaties rond het streefpeil groter zijn, nemen afvoer en aanvoer steeds verder af (figuur 2-4). Het aantal perioden per jaar dat er water moet worden af- en aangevoerd neemt bij toename van peilfluctuatie evenredig af. Bij een vast streefpeil wordt er gemiddeld in 52 perioden van één of meerdere aansluitende dagen water afgevoerd. Dit neemt af tot 2 perioden bij een fluctuatie van 15 cm. Voor de aanvoer gaat het om respectievelijk 52 en 4 aaneengesloten perioden bij fluctuaties van 0 en 15 cm.

In een ander veengebied, de Wieden in Overijssel, wordt sinds kort een daling van 10 cm ten opzichte van het streefpeil getolereerd, onder voorwaarde dat de periode waarin dat het geval is niet langer duurt dan 10 dagen. Voor trilveenvegetaties lijkt dit zelfs een positieve uitwerking te hebben (pers. mededeling M.van Schie, Natuurmonumenten). Zonder restrictie van 10 dagen zou in De Haeck (bij een fluctuatie van 10 cm) gemiddeld in 7 perioden 139.000 m³ moeten worden ingelaten. Met de restrictie van 10 dagen neemt het aantal perioden waarin water wordt ingelaten af tot ruim 5 omdat aan het einde van de tiende dag extra water wordt ingelaten om het streefpeil weer te bereiken. De totale waterinlaat neemt met 10% toe tot 153.000 m³.



Figuur 2-4 Relatie tussen de wateraanvoer en waterafvoer en de toegestane afwijking van het streefpeil

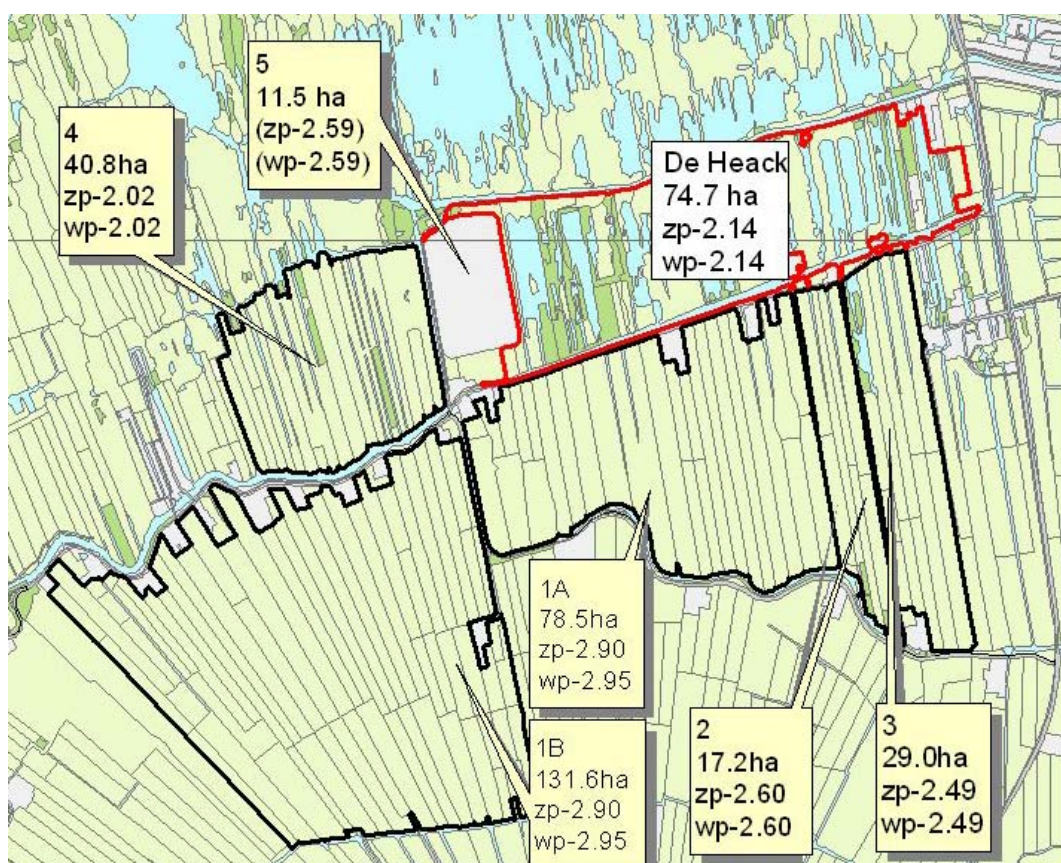
Conclusie

Uitgaande van de waterinlaat die 225 000 m³/jr komt dat volgens figuur 2-4 overeen met een fluctuatie van 3,5 cm.

2.4 Bergingsgebieden en scenario's

In figuur 2-5 zijn mogelijke gebieden aangegeven die in aanmerking komen voor de opslag van water dat in de zomerperiode als suppletie voor De Haeck kan dienen. De gebieden 1A en 1B liggen in hetzelfde peilvak en kunnen eventueel worden gecombineerd. De peilvakken 2 en 3 hebben weliswaar een geringe oppervlakte, maar ze zijn lang en smal waardoor ze ook goed met een slootzuiveringssysteem gecombineerd kunnen worden. Gebied 4 bestaat uit 3 naast elkaar gelegen poldertjes in de Nieuwkoopse Plassen. Binnen De Haeck ligt gebied 5, een thans niet meer gebruikt baggerdepot.

Er zijn verschillende scenario's in beschouwing genomen (tabel 2-1). Scenario 1 is het minst extreem. In de winter wordt het peil verhoogd met 10 cm met als doel een hoeveelheid gebiedseigen water vast te houden. In de scenario's 2 en 3 wordt het peil in de winter nog verder opgezet. De scenario's 3, 4 en 5 hebben alleen betrekking op gebied 4. In de scenario's 4 en 5 komt het bergingsgebied onder water te staan, in scenario 4 met een halve meter en in scenario 6 met zelfs meer dan 1 meter. In gebied 5 zal de bagger moeten worden afgegraven. Voor het 'toekomstige' maaiveld in gebied 5 is voorlopig 2.10 m –NAP aangehouden (10 cm lager dan de gemiddelde maaiveldshoogte van De Haeck) en als peilregime dat van De Haeck (zomer- en winterpeil 2.14 m-NAP).

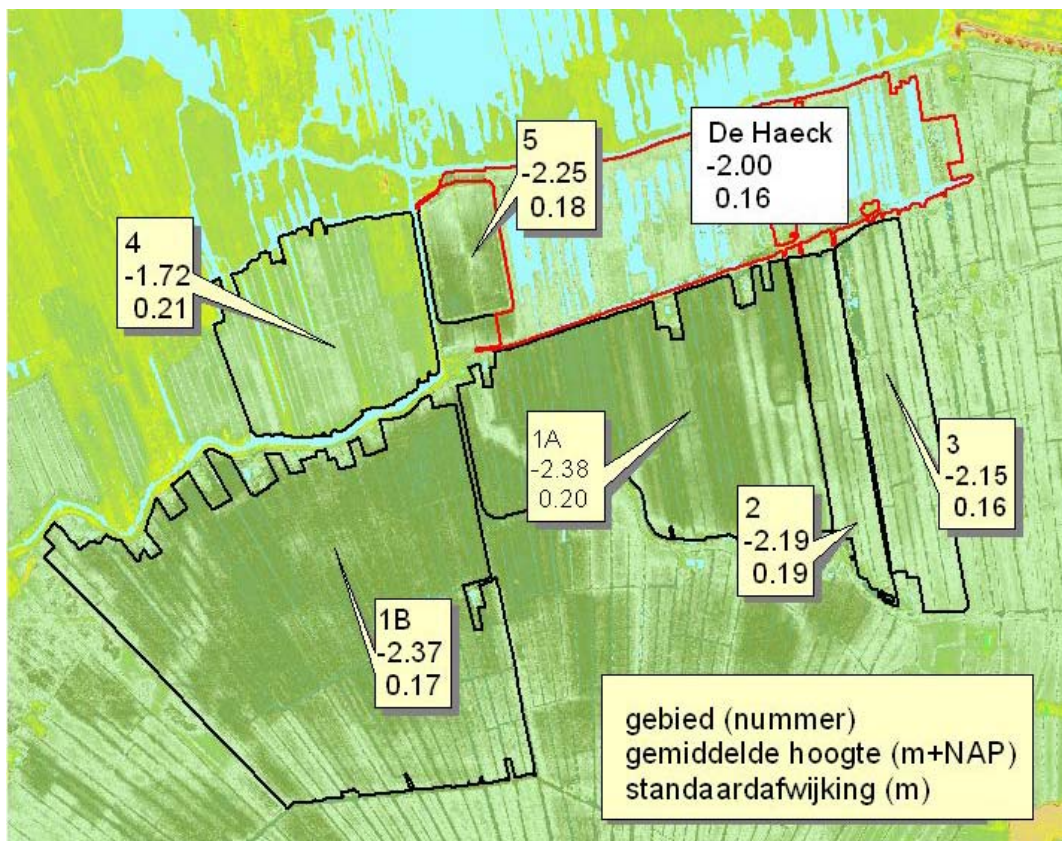


Figuur 2-5 De Heack en enkele mogelijke bergingsgebieden.

Tabel 2-1 Overzicht van de peilfluctuaties van de scenario's

Scenario	Peilfluctuatie
1 (gebied 1 t/m 5)	van winterpeil van het bergingsgebied + 10cm tot zomerpeil van het bergingsgebied
2 (gebied 1 t/m 5)	van winterpeil van het bergingsgebied + 30 m tot zomerpeil van het bergingsgebied
3 (gebied 1 t/m 5)	van winterpeil van het bergingsgebied + 50 cm tot zomerpeil van het bergingsgebied
4 (gebied 4)	van maaiveld van het bergingsgebied tot zomerpeil van De Heack
5 (gebied 4)	van maaiveld van het bergingsgebied + 50 cm tot zomerpeil van De Heack
6 (gebied 4)	van het peil van de Nieuwkoopse Plassen + 100 cm tot zomerpeil van De Heack

In tabel 2-2 staat welk deel van de gebieden bij de verschillende scenario's 's winters onder water komen te staan. De hoogtekaart in figuur 2-6 geeft een beeld van de hoogteverdeling binnen de verschillende gebieden.



Figuur 2-6 Maaiveldhoogte in de bergingsgebieden

Tabel 2-2 Percentage van de oppervlakte van de bergingsgebieden dat 's winters inundeert bij verschillende scenario's

scen.	omschrijving	gebied 1A	gebied 1B	gebied 1A+1B	gebied 2	gebied 3	gebied 4	gebied 5
1	van winterpeil+10cm tot zp	1	1	1	5	8	17	100
2	van winterpeil+30cm tot zp	6	5	5	18	27	58	100
3	van winterpeil+50cm tot zp	33	27	29	67	92	82	100
4	van maaiveld tot zp De Haeck						58	
5	van maaiveld +50cm tot zp De Haeck						100	
6	van boezempeil +1m tot zp De Haeck						100	

Bij de berekening van de buffervoorraad is gebruik gemaakt van het SIMGRO-model dat voor het poldergebied rond Zegveld is gemaakt (Jansen et al., 2007). Hiermee is de periode 1996-2002 doorgerekend. Verondersteld is dat de afvoer van het neerslagoverschot in het winterhalfjaar gebruikt wordt om het winterpeil in de verschillende bergingsgebieden te verhogen. Voor de meer extreme scenario's (3 t/m 6) is de het neerslagoverschot in een gemiddelde winter echter onvoldoende om de

buffervoorraad op te bouwen. Hiervoor zal dan ook water uit andere poldergebieden of boezemwater moeten worden gebruikt.

In tabel 2-3 staat de hoeveelheid die bruto beschikbaar is voor De Haeck als het bergingsgebied helemaal gevuld is. Alle bergingsgebieden hebben zelf ook te maken met wegzijging en in een gemiddelde zomer met een neerslagtekort. En omdat er meer open water is neemt de verdamping er ook toe. Verder neemt de wegzijging toe omdat het stijghoogteverschil tussen het freatische grondwater en het water in het eerste watervoerende pakket groter wordt. Als met dit alles rekening wordt gehouden blijft de netto hoeveelheid over die in De Haeck gebruikt kan worden (tabel 2-4). In vrijwel alle gevallen is de hoeveelheid negatief. Dat houdt in dat de waterbehoefte van het bergingsgebied zelf in een gemiddelde zomer al groter is dan de voorraad. Alleen scenario 3 voor gebied 5 en de scenario's 5 en 6 voor gebied 4 laten een positieve hoeveelheid zien.

Voor een gemiddelde zomer heeft De Haeck een hoeveelheid van 225 000 m³ nodig (zie hfdst. 2-3). Volgens tabel 2-4 kan alleen scenario 6 het tekort in een gemiddeld jaar volledig compenseren. Voor een droog jaar is de hoeveelheid net onvoldoende.

Tabel 2-3 Bruto buffervoorraad beschikbaar voor De Haeck (x1000m³)

scen.	omschrijving	gebied 1A	gebied 1B	gebied 1A+1B	gebied 2	gebied 3	gebied 4	gebied 5
1	van winterpeil+10cm tot zp	15	26	41	2	3	6	10
2	van winterpeil+30cm tot zp	23	37	60	5	10	36	33
3	van winterpeil+50cm tot zp	40	57	97	18	45	94	56
4	van maaiveld tot zp De Haeck						38	
5	van maaiveld +50cm tot zp De Haeck						206	
6	van boezempeil+1m tot zp De Haeck						479	

Tabel 2-4 Netto buffervoorraad beschikbaar voor De Haeck (x1000m³)

scen.	omschrijving	gebied 1A	gebied 1B	gebied 1A+1B	gebied 2	gebied 3	gebied 4	gebied 5
1	van winterpeil+10cm tot zp	-27	-51	-78	-16	-26	-98	-21
2	van winterpeil+30cm tot zp	-32	-60	-92	-16	-26	-81	-5
3	van winterpeil+50cm tot zp	-36	-74	-109	-9	-5	-33	12
4	van maaiveld tot zp De Haeck						-75	
5	van maaiveld +50cm tot zp De Haeck						72	
6	van boezempeil+1m tot zp De Haeck						323	

Conclusies

De permanente wegzijging in zowel De Haeck als het bergingsgebied maakt dat het nagenoeg onmogelijk is om met opslag van het neerslagoverschot aan de

suppletiebehoefte van De Haeck te kunnen voldoen. Het enige gebied waar 225 000 m³ geborgen kan worden is gebied 4. Het zal dan langdurig onder water komen te staan waardoor het hooguit geschikt is voor riet. Aangezien het gebied onderdeel is van de beschermde graslanden langs de Meije is een bestemming als bergingsgebied beleidsmatig niet gewenst. Daarnaast is niet bekend of de graslanden in het verleden sterk bemest zijn waardoor bij vernatting fosfor kan vrijkomen.

Waterzuivering van inlaatwater voor De Haeck biedt betere mogelijkheden dan bergen van water en mogelijk ook een combinatie van beide maatregelen. Het gebied dat hiervoor het meest in aanmerking komt is het oude baggerdepot (bergingsgebied 5) dat op termijn wordt gesaneerd. In hoofdstuk 2.5 wordt dat verder uitgewerkt. Een gedeelte van polder Achttienhoven die ten zuiden van De Haeck ligt komt mogelijk ook in aanmerking. Voor die polder worden plannen ontwikkeld om aan water-, natuur- en andere opgaven te voldoen (pers. meded. R.. Hemel, HDSR). Er zou dan rekening kunnen worden gehouden met bij voorbeeld de aanleg van een verlengd slotensysteem voor de zuivering van het polderwater.

2.5 Het baggerdepot (bergingsgebied 5)



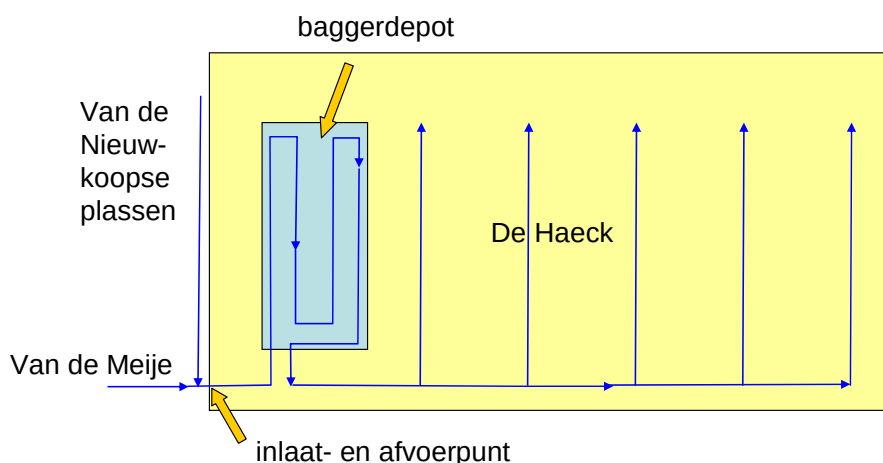
Figuur 2-7 Overzicht van het baggerdepot (gebied 5) (links) en een gedeelte van De Haeck (rechts)

Het baggerdepot heeft een eigen waterregime dat 45 cm lager is dan het peil in De Haeck (zomer- en winterpeil op 2.59-NAP). In het zuidoosten komt open water voor, maar in de rest van het gebied is de grondwaterstand (ten opzichte van maaiveld) diep waardoor er flinke klink en oxidatie optreden. De afvoer van water gebeurt via een duiker die door De Haeck loopt en die uitkomt in polder Achttienhoven. Rond het baggerdepot ligt een dijkje.

In de westelijke helft van het baggerdepot dat in De Haeck ligt (figuur 2-7) is een mengsel van slib en veen gestort dat uit de Nieuwkoopse Plassen afkomstig is. In het slib bevindt zich een grote voorraad nutriënten. In de oostelijke helft van het depot zijn plaggen gestort die afkomstig zijn van met Pijpestrootje vergraste heideveldjes. Inmiddels heeft zich hier een interessante vegetatie gevestigd.

De bestemming van het gebied als baggerdepot is inmiddels achterhaald en is, gezien de omringende natuurwaarden, ook ongewenst. De westelijke helft van het gebied staat op de nominatie om (op termijn) te worden gesaneerd. Voor de oostelijke helft is de noodzaak voor sanering minder groot. De plannen voor (her-)inrichting van het gebied vormen een goede aanleiding om na te gaan of het baggerdepot kan worden ingezet voor de zuivering van inlaatwater voor De Haeck. Hiervoor zijn 4 opties mogelijk. In alle gevallen wordt gebruik gemaakt van het water dat op de gangbare wijze bij het inlaatpunt De Haeck binnenkomt.

1. Helofytenfilter of moeraszuiveringssysteem Een gunstige bijkomstigheid voor de inzet van een moeraszuiveringssysteem is dat de bovengrond in de omgeving van De Haeck uit klei bestaat. Een veenbodem zou minder geschikt zijn. In een moeraszuiveringssysteem in een veengebied bij Akmarijp komt bij een watertemperatuur hoger dan 16 °C juist extra fosfaat beschikbaar in plaats dat er fosfaat wordt vastgelegd (pers. med. M. van Schie, Natuurmonumenten). Eventueel kan er klei worden teruggezet als het baggerdepot is uitgegraven. De aanwezigheid van een kleilaag heeft ook als voordeel dat er weinig wegzijging optreedt. Andere richtlijnen voor de inrichting van een moeraszuiveringssysteem zijn te vinden in Alterra rapport 527.4 (van Diepen et al., 2003).
2. Slotzuiveringssysteem Bij deze optie wordt het water dat bij het inlaatpunt De Haeck binnenkomt direct naar het (gesaneerde) baggerdepot geleid. Het baggerdepot is groot genoeg om een lang slotensysteem aan te leggen. In de Nieuwkoopse Plassen zijn goede ervaringen opgedaan met het beperken van de circulatie van oppervlaktewater. Het water wordt daardoor in de 'uithoeken' van het gebied niet of nauwelijks meer aangevuld met inlaatwater, terwijl het aandeel (nutriëntenarm) neerslagwater wel toeneemt. In het baggerdepot bij De Haeck is een dergelijk systeem goed te realiseren. Figuur 2-8 geeft daar een schematische weergave van.



Figuur 2-8 Voorbeeld van de waterhuishouding in De Haeck

3. Denitrificatiebassin In het gedefosfateerde inlaatwater zit nog wel het nodige nitraat. In een grote, wat diepere plas kan een aanzienlijke hoeveelheid nitraat denitrificeren (van Beek, 2007).
4. Bergingsgebied Als bergingsgebied voor de waterinlaat van De Haeck is het baggergebied te klein, maar in combinatie met een flexibeler peil in De Haeck kan het mogelijk wel een bijdrage leveren aan het terugdringen van de inlaat van gebiedsvreemd water. Als het baggerdepot wordt uitgegraven en het verder ‘open water’ blijft, is tevens optie 3 van kracht. En als de fluctuatie niet te groot is, kan het gecombineerd worden met optie 1. Voor 2 scenario’s is hier het effect van het bergingsgebied doorerekend op de waterinlaat voor De Haeck:
 - In het baggerdepot mag het peil hooguit 0,30 m fluctueren (van het zomerpeil in De Haeck (-2,14 m NAP) tot -1,84 m NAP. Bij deze fluctuatie is combinatie met optie 1 mogelijk.
 - In het baggerdepot mag het peil hooguit 0,62 m fluctueren (van het zomerpeil in De Haeck (-2,14 m NAP) tot het peil van de Nieuwkoopse Plassen (-1,52 m NAP). Bij deze fluctuatie is combinatie met optie 1 niet mogelijk.

Als peilvariatie binnen De Haeck is met een vast en een flexibel peil gerekend (zie hfdst. 2.3). Bij een vast peil is in de praktijk altijd een kleine variatie (3,5 cm) ten opzichte van het streefpeil toegestaan omdat anders minieme overschotten en tekorten al zouden worden afgevoerd en aangevuld. Bij een flexibel peil is hier gerekend met een fluctuatie van 10 cm ten opzichte van het streefpeil. Verder is aangenomen dat de wegzijging in het buffergebied door het aanbrengen van een kleibodem is gehalveerd. Uit de resultaten (tabel 2-5) blijkt dat een bergingsgebied alleen bijdraagt aan een vermindering van de waterinlaat als het peil er veel mag fluctueren. De tabel laat ook zien dat een flexibeler peilbeheer in De Haeck een veel efficiëntere manier is om de benodigde hoeveelheid inlaatwater terug te dringen.

Tabel 2-5 Af- en aanvoer van water in De Haeck voor een gemiddeld jaar met en zonder bergingsgebied en met flexibel peilbeheer. Hoeveelheden in m³ x 1000.

	Fluctuatie in De Haeck				
	Vast *)			Flexibel **)	
Fluctuatie in bergingsgebied	Afvoer	aanvoer		afvoer	aanvoer
0,00 m (geen buf.geb.)	142	225		57	139
0,30 m	141	221		66	144
0,62 m	104	185		46	125

*) maximaal 3,5 cm fluctuatie tov streefpeil

**) maximaal 10, 0 cm fluctuatie tov streefpeil

Conclusie

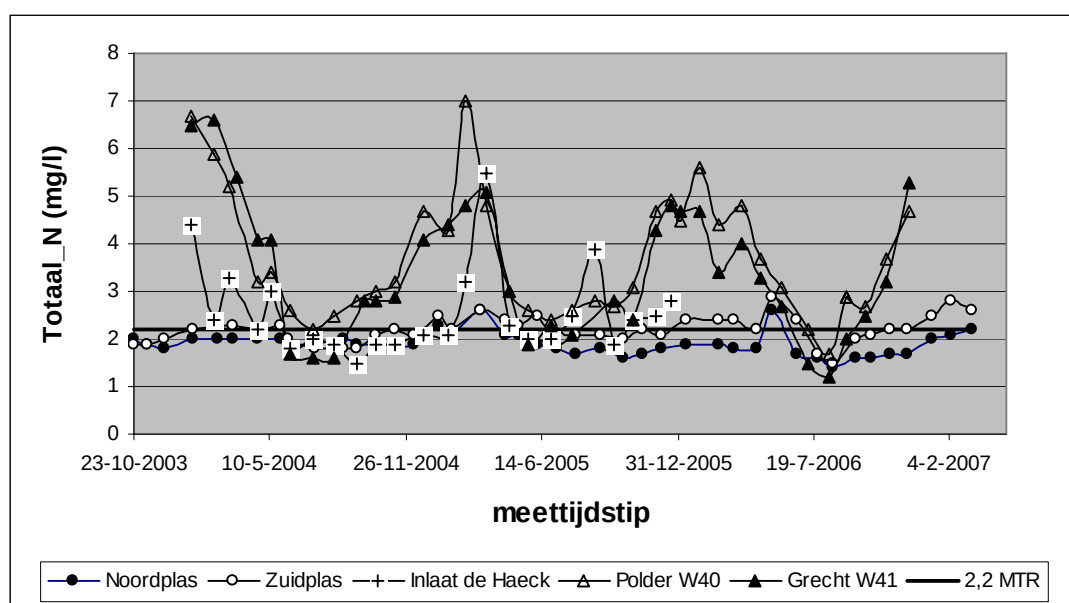
Het inrichten van het voormalige baggerdepot tot een (bescheiden) bergingsgebied (optie 4) is als afzonderlijke maatregel niet zinvol, maar mogelijk wel in combinatie met één van de andere opties. Met optie 3 zijn nog weinig ervaringen opgedaan. Optie 1 biedt goede mogelijkheden, maar het is niet bekend in hoeverre de aanleg van een kleibodem hier doeltreffend gerealiseerd kan worden. Verder is het een tamelijk bewerkelijke en kostbare methode. Combineren met optie 2 biedt hier de beste mogelijkheden, mede gezien de ervaringen die in de nabijgelegen schraallanden langs de Meije zijn opgedaan. Binnen het baggergebied is de oostelijke helft voldoende groot voor de aanleg van een slootzuiveringssysteem, terwijl de westelijke helft als uitgegraven plas (met kleibodem) kan blijven liggen.

3 Waterkwaliteitsverbetering

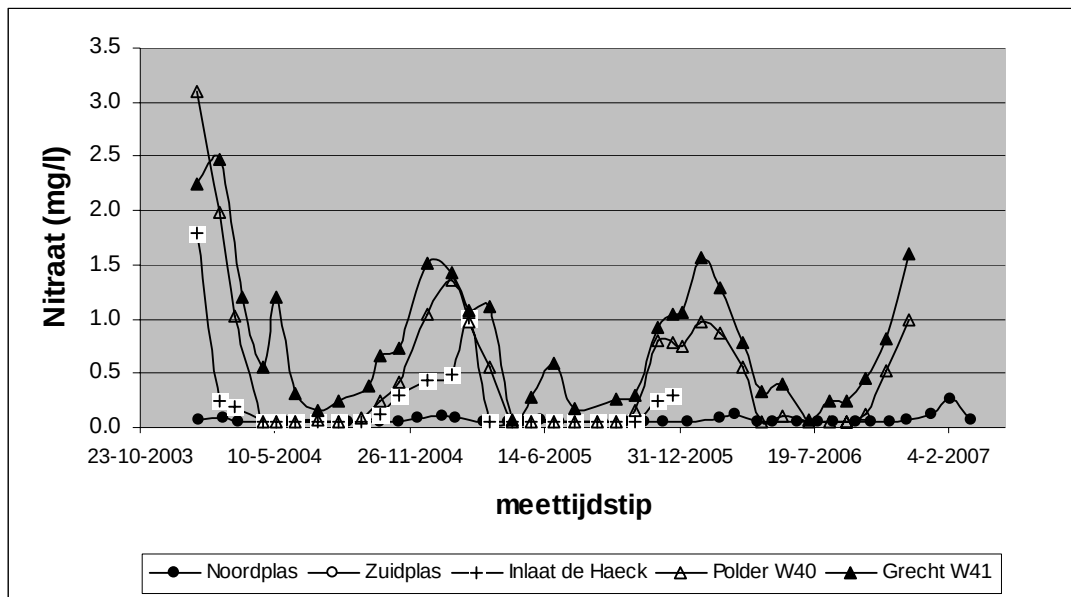
3.1 Waterkwaliteit in en rondom De Haeck

Het mogelijke inlaatwater dat gebruikt kan worden om De Haeck op een gewenst peil te houden kan komen uit locaties die rondom en nabij het natuurgebied liggen. Op 5 plekken wordt de waterkwaliteit gemeten (figuur 2-2). Twee meetpunten liggen in de Nieuwkoopse Plassen (Noordplas en Zuidplas) dat onder het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland valt. De drie andere meetpunten liggen in het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Daarvan ligt een punt in de Meije, bij het waterinlaatpunt voor De Haeck, een punt in het boezemwater De Grecht (Grecht W41) en een punt in polder Achttienhoven (W40). Bij de meetplekken worden maandelijks watermonsters genomen.

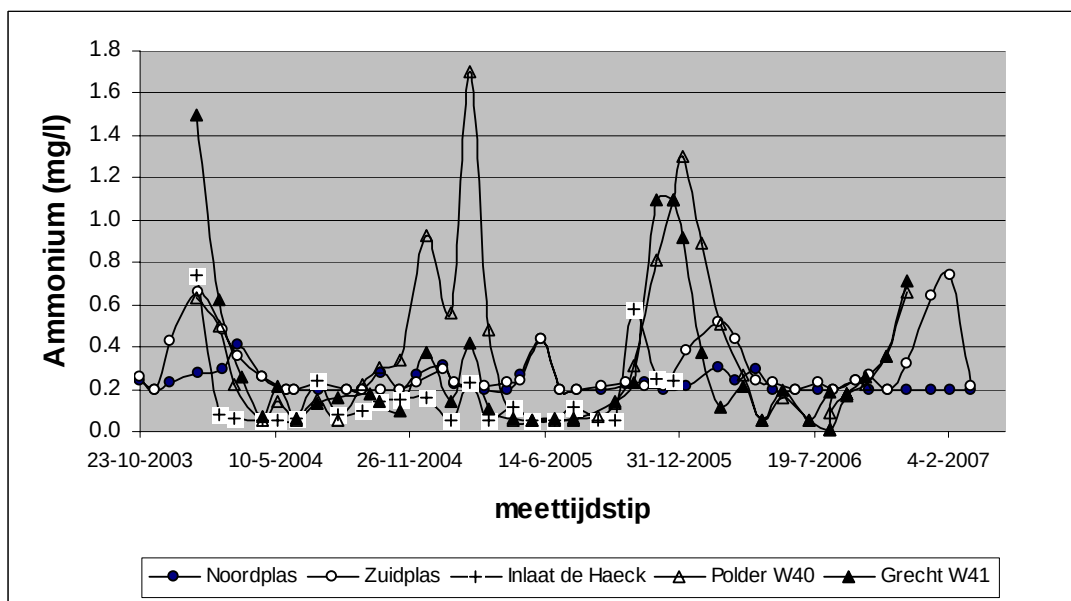
In de figuren 3-1 t/m 3-4 staan de concentraties totaal N, nitraat, ammonium en totaal P gedurende de afgelopen jaren. Naast de gemeten waarden zijn in figuur 3-1 en 3-4 ook de MTR waarden van respectievelijk stikstof (2,2 mg/l) en fosfor (0,15 mg/l) opgenomen. De Natura 2000 waarden (stikstof: 1,0 mg/l N en fosfor 0,08 mg/l) zijn vanwege de overzichtelijkheid niet opgenomen.



Figuur 3-1 Totaal N gehalte (mg/l) van het oppervlaktewater van 5 meetpunten rondom De Haeck

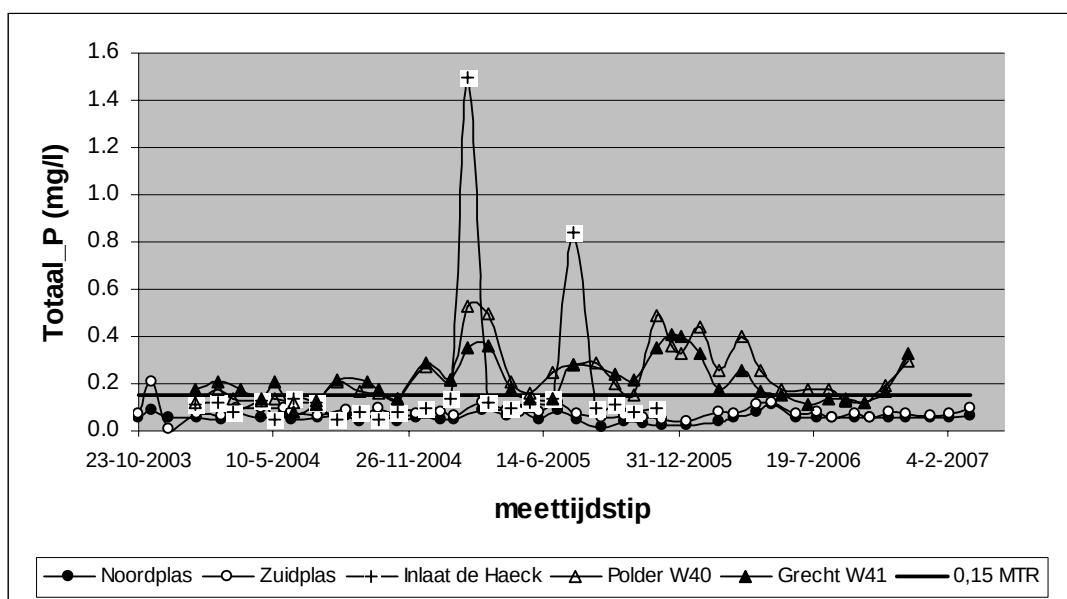


Figuur 3-2 Nitraatgehalte (mg/l) van het oppervlaktewater van 5 meetpunten rondom De Haeck



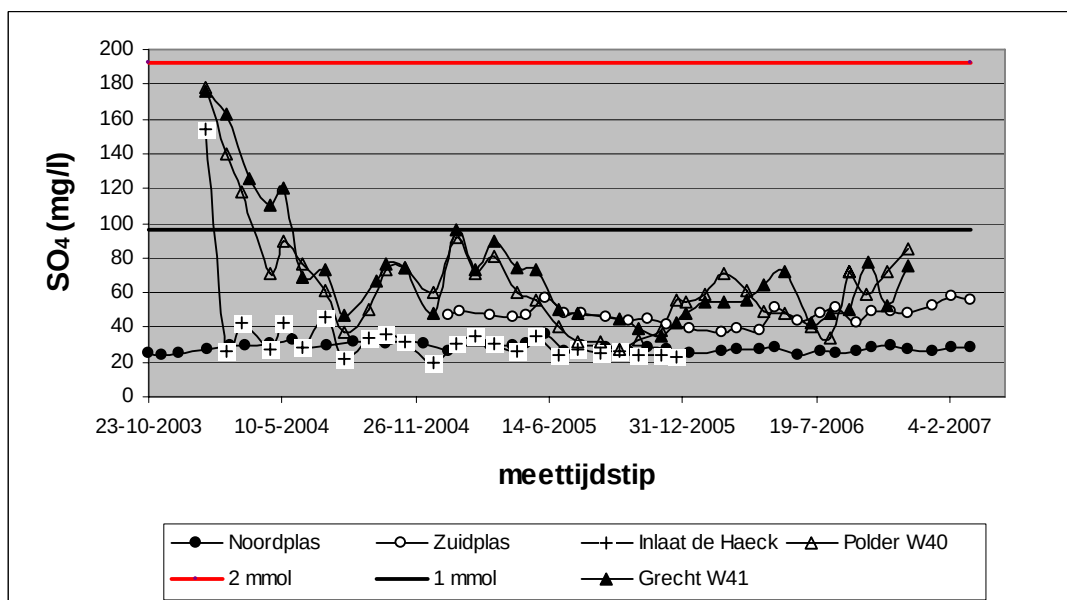
Figuur 3-3 Ammoniumgehalte (mg/l) van het oppervlaktewater van 5 meetpunten rondom De Haeck

Volgens figuur 3-1 ligt de concentratie totaal-N van de beide meetpunten in de Nieuwkoopse Plassen rond de MTR waarde van 2,2 mg/l. Het Meijewater bij het inlaatpunt bij De Haeck heeft vaak een concentratie die lager is dan de MTR-waarde, maar incidenteel zijn ook waarden van 0,6 mg/l gemeten. Het water in Polder Achttienhoven en in het boezemwater van de Grecht hebben verreweg de hoogste concentraties. Alle waarden liggen boven de Natura 2000 waarde van 1,0 mg/l. In alle locaties is in verhouding meer nitraat aangetroffen dan ammonium. De concentraties volgen de totaal stikstof concentraties.



Figuur 3-4 Totaal P gehalte (mg/l) van het oppervlaktewater van 5 meetpunten rondom De Haeck

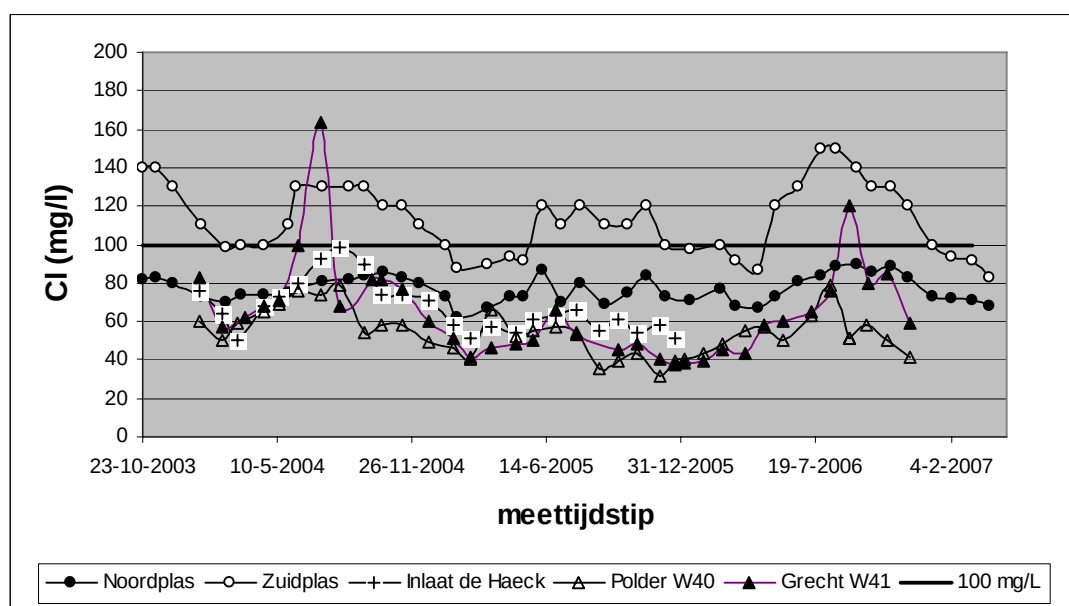
De totaal-P concentratie van het water in de Nieuwkoopse Plassen ligt onder de MTR waarde van 0,15 mgP/l en rond de Natura 2000 waarde van 0,08 mgP/l. De nutriëntenconcentraties in het water bij de andere drie meetpunten liggen boven de MTR waarden. Bij het inlaatpunt van De Haeck is in het water van de Meije tweemaal een erg hoge concentratie P gemeten. Een mogelijke verklaring is dat er soms geen doorstroming plaatsvindt en het meetpunt nagenoeg droog valt waardoor een concentratiepiek optreedt.



Figuur 3-5 Sulfaatgehalte (mg/l) van het oppervlaktewater van 5 meetpunten rondom De Haeck

De concentraties sulfaat staan in figuur 3-5. Ze geven een indicatie of er na inlaat interne levering van P kan plaatsvinden. De kritieke waarde van 2 mmol of 192 mg/l (Lamers et al., 1998) komt op geen van de meetplekken voor. In een andere studie van Kemmers et al. (2003) zijn bodemonsters vernat met 1 mmol of 96 mg/l sulfaat en kwam P vrij. De meeste meetplekken hebben een lagere sulfaatconcentratie dan 96 mg/l. Daaruit kan niet worden opgemaakt dat de interne levering van P niet zal plaatsvinden maar ook niet dat het met zekerheid wel optreedt.

De chlorideconcentratie van het oppervlaktewater in De Haeck is van belang voor het doelvegetatietype ‘zoetwatergemeenschap in laagveengebied’. Daarvoor geldt een maximum concentratie van 100 mg/l (van Tweel-Groot, 1997). Het water uit de Oude Rijn kan in droge perioden bij alle vijf de meetplekken worden aangetroffen. Opvallend is dat alleen het water in de Zuidplas de 100 mg/l overschrijdt.



Figuur 3-6 Chloridegehalte (mg/l) van het oppervlaktewater van 5 meetpunten rondom De Haeck.

Conclusies

De concentraties totaal-stikstof en –fosfor in de Nieuwkoopse Plassen ligt jaarrond rond de MTR-waarden en zijn aanzienlijk lager dan die in Polder Achttienhoven en in de Grecht. Bij het inlaatpunt van De Haeck ligt de concentratie N-totaal vaak hoger dan de MTR-waarde. P-totaal ligt bij het inlaatpunt normaliter onder de MTR-waarde (tabel 3-1). Dit is grotendeels te danken aan de defosfatering van het Oude Rijnwater dat in de Nieuwkoopse Plassen wordt ingelaten.

Tabel 3-1 Concentraties totaal-N en totaal-P bij het inlaatpunt van De Haeck in vergelijking met de MTR- en Natura 2000 waarden.

	Inlaat De Haeck	MTR	Natura 2000
Tot-N (mg/l)	2,8	2,2	1,0
Tot-P (mg/l)	0,11	0,15	0,08

3.2 Maatregelenoverzicht voor nutriëntenretentie in terrestrische en aquatische systemen.

Er zijn verschillende maatregelen mogelijk om de nutriëntenbelasting van het water dat De Haeck wordt ingelaten te verminderen. Als mogelijke maatregelen zijn in deze studie geanalyseerd.:

1. Helofytenfilters of zuiveringsmoerassen
2. Slootzuivering

Allereerst volgt een beschrijving van deze maatregelen en de werking ervan. Vervolgens worden de zuiveringsrendementen per systeem besproken. De effectiviteit van deze maatregelen is van veel factoren afhankelijk, en is bovendien verschillend voor de nutriënten N en P. Een aantal factoren, zoals de klimatologische, geologische, bodemkundige en hydrologische omstandigheden in de Nederlandse situatie dienen daarbij voor het grootste deel als een gegeven te worden beschouwd. In deze paragraaf beperken we ons tot het geven van een beknopt overzicht van de verschillende maatregelen met daarbij een indicatie van het te verwachten rendement voor de retentie van N en P. Voor meer gedetailleerde informatie verwijzen we naar andere literatuur.

3.2.1 Helofytenfilter

Helofytenfilters of zuiveringsmoerassen zijn natuurlijke of aangelegde moerassen die gebruikt worden om de waterkwaliteit te verbeteren (Duel, 1991; De Ridder, 1996; Meuleman, 1999). Helofytenfilters kunnen een toepassing vinden bij de zuivering van puntlozingen en bij de zuivering van oppervlaktewater dat verontreinigd is geraakt met stikstof en fosfaat als gevolg van landbouwkundig gebruik. Voor de zuivering van geëutrofeerd oppervlaktewater zijn natuurlijke of aangelegde moerassen een mogelijkheid. Daarbij gaat het in Nederland vaak om kleinschalige, lokale toepassingen van helofytenfilters. In laagveengebieden zijn horizontaal doorstroomde helofytenfilters het meest geschikt. Dit kunnen natuurlijke moerassen zijn, zoals verlandingszones langs meren, laagvenen, rivierbegeleidende moerassen, of kunstmatig aangelegde moerassen, waarin de vegetatie vooral bestaat uit helofyten. Dit zijn waterplanten die wortelen in de bodem en met stengel en bladeren boven het water uit steken. De belangrijkste helofyt is Riet (*Phragmites australis*), maar de vegetatie kan ook bestaan uit Liesgras (Sundblad & Wittgren, 1989), Biezen (*Scirpus* spp.) of Grote lisdodde (*Typha latifolia*) (Grontmij, 1991; de Ridder, 1996).

De belangrijkste punten bij beheer en inrichting van helofytenfilters zijn:

- Compartimentering
- Breedte (compartimenten dienen één breedte te hebben)
- Hydrologische omstandigheden: geen voeding met kwelwater, isolatie van het helofytenfilter ten opzichte van het omringende water
- Bodem: meest geschikt is klei of zavel; afsluitende laag onder het helofytenfilter
- Gewaskeuze: biezen, riet, andere helofytensoorten
- Waterdiepte

- Maaien van rietvegetatie
- Benodigde oppervlakte in relatie met het debiet om de waterkwaliteitsdoelstelling te realiseren.

Voor meer informatie over zuiveringmoesrassen wordt verwezen naar literatuuroverzichten o.a. Verhoeven en Meuleman, (1999), Van Diepen e.a. (2002; 2003), Clevering e.a. (2004; 2007), Corré e.a.(2007) en het Handboek Natuurlijke Zuivering (Ietswaart et al., 2000). We beperken ons hier tot het weergeven van zuiveringsrendementen voor stikstof en fosfor.

Zuiveringsrendementen

Voor nutriënten liggen de verwijderingspercentages onder gunstige omstandigheden meestal rond de 50% (Verhoeven en Meuleman, 1999) (tabel 3.2). Fosfaatverwijdering is vaak lager en is onderhevig aan het optreden van verzadiging na langdurige oplading van de bodem. De nutriëntenverwijderingspercentages kunnen echter sterk variëren en hangen af van de belasting van het helofytenfilter en de locatiespecifieke omstandigheden (Meuleman, 1999; Verhoeven en Meuleman, 1999). Indien de waterstanden worden gemanipuleerd en droogval en inundatie elkaar afwisselen, kan de efficiëntie van stikstof- en fosfaatverwijdering worden verdubbeld. Horizontaal doorstroomde helofytenfilters hebben in het algemeen een lagere capaciteit voor de verwijdering van nutriënten dan infiltratievelden of verticaal doorstroomde helofytenfilters, omdat het sediment bij verwijdering van nutriënten een zeer belangrijke rol speelt. Er moet rekening mee worden gehouden dat de efficiëntie de eerste jaren laag is omdat de begroeiing nog niet optimaal ontwikkeld is.

Tabel 3-2. Verwijderingscapaciteit van verschillende typen helofytenfilters met en zonder optimalisatie (Verhoeven en Meuleman, 1999)

Type filter	Fosfaatverwijdering (%)		Stikstofverwijdering (%)	
	Optimalisatie		Optimalisatie	
	Zonder	met	zonder	met
Doorstroom	10-15	20-30	10-15	20-30
Infiltratie	25	40	35	50

De zuiveringsrendementen van helofytenfilters kunnen worden geoptimaliseerd door:

1. De juiste belasting te kiezen en overbelasting te voorkomen;
2. Een regime van fluctuerende waterniveaus in te stellen, d.w.z. afwisseling van droogval en inundatie;
3. Absorberende materialen aan het sediment toe te voegen (Verhoeven & Meuleman, 1999).

Benodigde oppervlak

Voor de berekening van het areaal dat minimaal nodig is om het oppervlaktewater te zuiveren tot het niveau van de abiotische condities voor de doelvegetatie, is uitgegaan van een vaste hoeveelheid inlaatwater. Uit onderzoek aan helofytenfilters komt een gemiddelde achtergrondconcentratie van 0,1 mg/l voor totaal stikstof en 0-0,05 mg/l voor P-totaal naar voren. De achtergrondwaarde is de van nature aanwezige

concentratie van een stof in het systeem). Voor veenbodems die rijk zijn aan stikstof en fosfor liggen deze achtergrondwaarden waarschijnlijk hoger. Verder is uitgegaan dat van het totaal aan fosfor één derde deel organisch gebonden P en tweederde deel ortho-P is. Veengronden zijn efficiënter voor P-vastlegging vanwege de relatief hoge bijdrage van organisch gebonden P. Het omgekeerde geldt voor stikstof. Veengronden zijn minder efficiënt doordat het ammoniumdeel hoger is ten opzichte van nitraat in veengronden omdat de omzetting van ammonium plaats vindt via nitraat.

Voor zowel P als N kan gebruik gemaakt worden van k_a -waarden (oppervlakte gebaseerde afnamesnelheid) van Kadlec & Knight (1996). Deze waarden worden in de wetenschappelijke literatuur vaak aangehaald als gemiddelden voor een groot aantal wetlands.

$$A = (Q * (\ln(C_{in} - C_*) - \ln(C_{uit} - C_*)) / (k_{aT} * 10000)) \quad (1)$$

A	benodigd oppervlakte	ha
C_{uit} en C_{in}	in- en uitstromende concentraties	mg/l
C_*	achtergrondconcentratie	mg/l
k_{aT}	afnamesnelheid in N/P per oppervlakte-eenheid	m/dag
Q	hydraulische belasting	m ³ /dag

De stikstofverwijdering (en daarmee de k -waarde) is temperatuurafhankelijk. Voor het berekenen van temperatuurafhankelijke N-verwijdering wordt de volgende formule gebruikt.

$$k_{aT} \equiv k_{a20} * \theta^{(T-20)} \quad (2)$$

θ	temperatuurcoëfficiënt voor N-verlies
T	temperatuur

Voor de temperatuurcoëfficiënt θ voor nitraat-N verwijdering in wetlands wordt een waarde van 1,09 aangehouden (Kadlec & Knight, 1996; Crumpton, 2001). De k_{aT} -waarde is sterk afhankelijk van de omstandigheden (lager bij hoge hydraulische belasting, en hoger bij hoge nitraatbelasting en toenemende leeftijd van het systeem). Door Kadlec & Knight (1996) wordt een k_{a20} waarde van 0,096 m/dag (35 m/jaar) aangehouden voor volgroeide wetlands. De gemiddelde k_{aT} -waarde voor het winterhalfjaar (gecorrigeerd voor de temperatuur) is onder Nederlandse omstandigheden dan 0,025 m/dag.

In het algemeen wordt er geen duidelijke relatie gevonden tussen de P-retentie en temperatuur (Kadlec, 1999; Tonderski et al., 2005; Liikanen et al., 2004; Reinhardt et al., 2005). Wel zijn er duidelijke seizoensverschillen, die samenhangen met verschillen in belasting. In de winter is de (piek)belasting vaak erg hoog. In de zomer ontstaat soms nalevering door een te lage hydraulische belasting (optreden anaërobie), lage P-belasting (nalevering vanuit het filter) of door droogvallen (mineralisatie van organisch gebonden-P) (Uusi-Kämpä et al., 1997; Fleischer et al., 1997; Braskerud, 2002; Kadlec, 1999; Liikanen (2004). Door Kadlec & Knight (1996) wordt een k_{dT} -waarde van 12,1 m/jaar = 0,033 m/dag aangehouden.

Uit de gegevens blijkt dat waarschijnlijk een groot deel van de N en P organisch gebonden is. De verwachting is dat door interne processen in de helofytenfilters N en P vrij kunnen komen. Vooral bij het zuiveren naar zeer lage concentraties, zoals hier het geval is, is het belangrijk rekening te houden met deze processen.

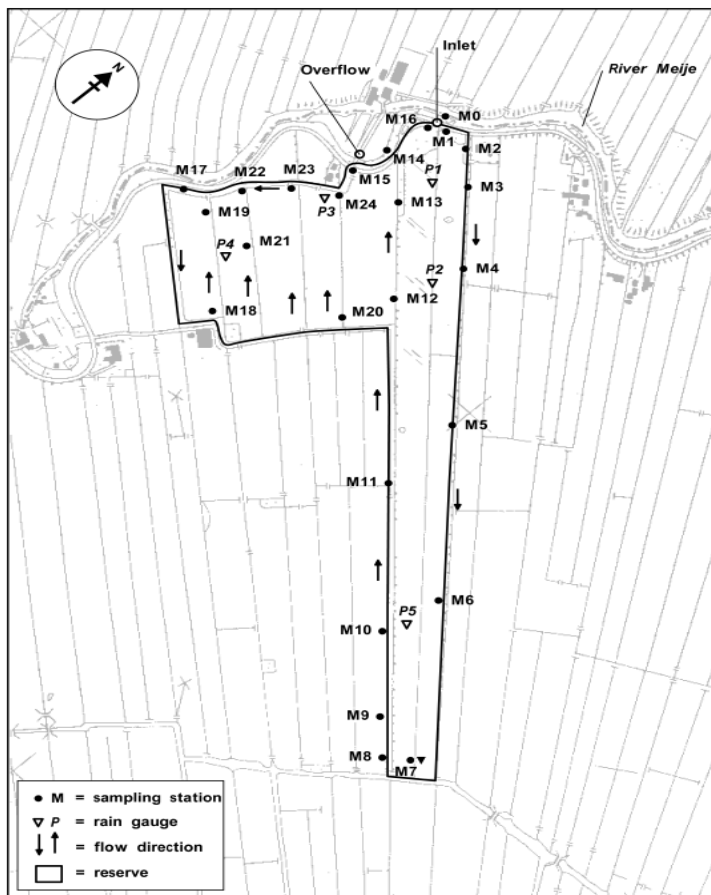
In principe kunnen de Natura 2000 normen voor oppervlaktewater net behaald worden. In volwassen laagbelaste 'natuurlijke' wetlands liggen de achtergrondconcentraties voor opgelost N-organisch op ca. 1–2 mg/l, 's zomers kunnen nitraat-N concentraties tot nul dalen (Hammer & Knight, 1994; Kadlec, 2003). De achtergrondconcentratie voor P ligt voor natuurlijke wetlands tussen 0,01 – 0,05 mg l⁻¹ P (Kadlec, 1999; Casey, e.a. 2001). De achtergrondconcentraties zijn sterk afhankelijk van atmosferische depositie, kortsluiting van waterstromingen en interne biochemische processen (Kadlec, 1999).

3.2.2 Slootzuivering

Slootzuivering vindt plaats in kunstmatige of natuurlijke aquatische systemen die gedeeltelijk dieper zijn dan de horizontaal doorstroomde helofytenmoerassen, waardoor niet alleen helofyten, maar ook ondergedoken en drijvende waterplanten domineren. Het zuiveren kan plaatsvinden in natuurvriendelijke oevers die deel uitmaken van de watergang. Het betreft sloten of natte bufferstroken met (soms aangeplante) helofyten (Arts et al., 1998). De sloten zorgen ervoor dat de retentietijd wordt verlengd. In tijden van wateroverschot vindt aanvoer van water plaats middels overflow. De aquatische vegetatie wordt jaarlijks geoogst en verwijderd.

De nutriëntenverwijderingscapaciteit varieert sterk en hangt af van het maaibeheer en de opnamecapaciteit van de verschillende waterplanten met betrekking tot nutriënten.

De werking van een slootzuiveringssysteem is onderzocht in een slootexperiment in een blauwgraslandreservaat langs de Meije (Meuleman, 1999; Meuleman e.a. 2004). Het water wordt geleidelijk in de sloten ingelaten (figuur 3-7). De totale lengte van de sloot is 3,6 km. De meetperiode vond plaats van september 1989 tot april 1990 en analyses zijn uitgevoerd op gefilterde watermonsters (50µm).



Figuur 3-7 Overzicht van het zuiveringslootstelsel in een natuureservaat langs de Meije (Uit: Meuleman e.a 2004).

De waterinlaat vond plaats in tijden van waterovermaat via een overflow. Afvoer van nutriënten geschiedde middels afvoer van de jaarlijkse vegetatieoogst. Invoerwater heeft een samenstelling van 0,4 mgP/l en 0,5 mgN/l (NO₃ en NH₄).

Langs de sloot groeide een variatie aan soorten. Er konden acht vegetatietypen worden onderscheiden. Enkele dominante soorten op 3 locaties zijn in tabel 3-3 weergegeven.

Tabel 3-3 Dominante soorten afhankelijk van de afstand tot de invoer. (Uit: Meuleman e.a 2004)

Meetpunt	Soorten			
Water invoerpunt	Veelwortelig kroos (<i>Spirodela polythiza</i>)	Wortelloos kroos (<i>Wolffia arrhiza</i>)	Bultkroos (<i>Lemna gibba</i>)	Klein kroos (<i>Lemna minor</i>)
1000 m vd invoer	Gewoon Bronmos (<i>Fontinalis antipyretica</i>)	Puntkroos (<i>Lemna trisulca</i>)		
Einde slootstelsel	Kransvederkruid (<i>Myriophyllum verticillatum</i>) Waterviolier (<i>Hottonia palustris</i>)	Vlottende bies (<i>Scirpus fluitans</i>)	Drijvend fonteinkruid (<i>Potamogeton natans</i>)	Duizendknoop- fonteinkruid (<i>Potamogeton polygonifolius</i>)

Sterke afvoer van P vond plaats in de zone met drijvende soorten die gedomineerd werden door Gewoon Bronmos (*Fontinalis antipyretica*) en Puntkroos (*Lemna trisulca*)

De meeste aanvoer van fosfor vond plaats door de sloot (12 kg P) en van stikstof middels atmosferische depositie (66 kg N) en uitspoeling uit het graslandperceel (44 kg N) (tabel 3-4). De meeste afvoer vond plaats door maaien en afvoeren en bedroeg voor P 14 kg of 95 % en voor N 92 kg N of 80% per jaar.

Tabel 3-4 Nutriëntenbudget voor het slotensysteem berekend voor 1990. P: neerslag; SWI: wateraanvoer; Min_d: water van grasland naar sloot; SWO: water afvoer; GWO_v: kweel; Mout_d: water van sloot naar grasland; HV: oogst (Uit: Meuleman e.a 2004)

Input	kg ha ⁻¹	Output	kg ha ⁻¹
<i>Nitrogen budget</i>			
P	66.3	SWO	11.7
SWI	9.0	GWO _v	0.6
Min _d	42.6	Mout _d	7.9
HV	92.1		
Total	117.9		112.3
Overall error 5%			
<i>Phosphorus budget</i>			
P	0.8	SWO	0.4
SWI	12.0	GWO _v	0.2
Min _d	2.2	Mout _d	2.2
HV	14.1		
Total	15.0		16.9
Overall error 11%			

Voor meer informatie over slootzuivering wordt verwezen naar literatuuroverzichten o.a. Verhoeven en Meuleman, (1999), Van Diepen e.a. (2002; 2003), Clevering e.a. (2004; 2007), Corré et al. (2007) en het Handboek Natuurlijke Zuivering. We beperken ons hier tot het weergeven van zuiveringsrendementen voor de stoffen stikstof en fosfor.

Zuiveringsrendementen

Na een lengte van 2 km vanaf het inlaatpunt wordt een afname tot 0,2 mgP/l en 0,15 mg N/l (NO₃ en NH₄) bereikt. Na een lichte stijging en volgt weer een daling van de concentratie (figuur 3-8). Uit deze gegevens is een aantal waarden gekozen voor de relaties tussen slootlengte en concentraties N en P (figuur 3-9). Hieruit zijn vergelijkingen afgeleid waarmee een schatting kan worden gemaakt van benodigde lengte van een slootzuiveringssysteem:

$$\text{Slootlengte voor P (m)} = 2260 (\ln(cP_{\text{in}}) - \ln(cP_{\text{uit}})) \quad (3)$$

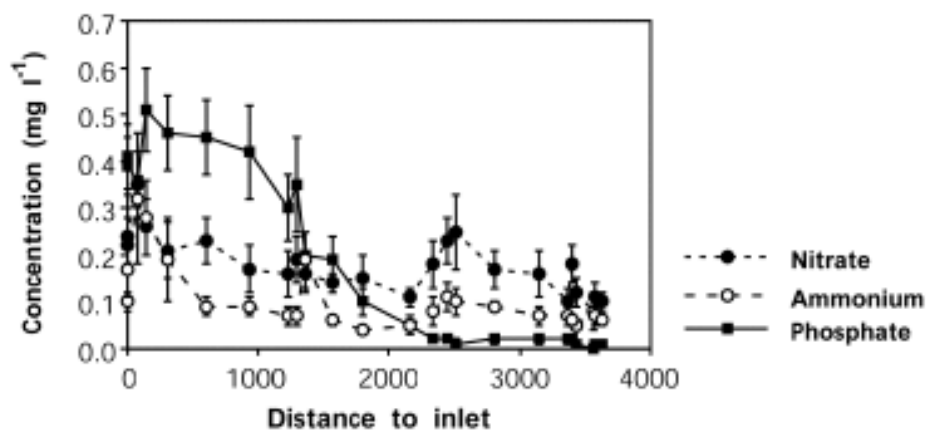
$$\text{Slootlengte voor N (m)} = 5950 (cN_{\text{in}} - cN_{\text{uit}}) \quad (4)$$

Met:

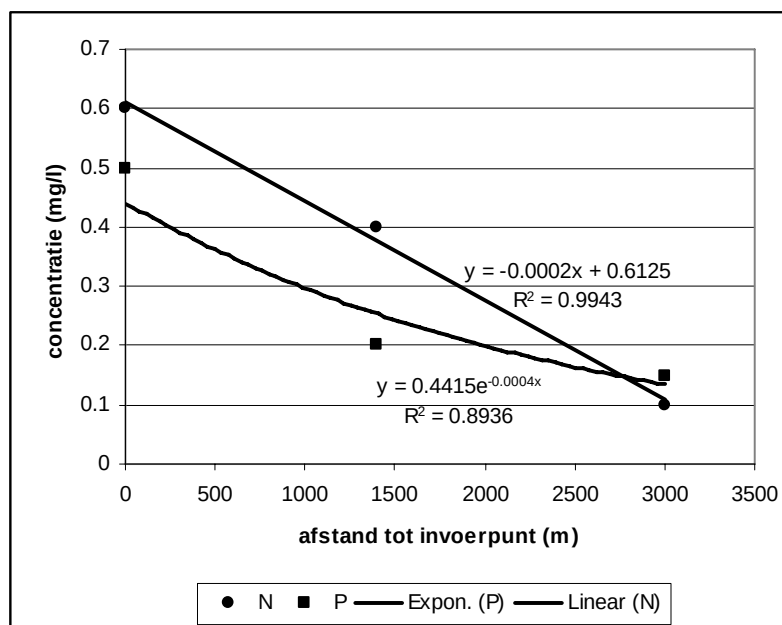
cP_{in} = concentratie P in inlaatwater

cP_{uit} = streefwaarde P

cN_{in} = concentratie N in inlaatwater
 cN_{uit} = streefwaarde N



Figuur 3-8 Verloop van de concentratie aan nitraat, ammonium en fosfaat in het slootwater (Uit: Meuleman e.a. 2004)



Figuur 3-9 Vereenvoudigde versie van het concentratieverloop van N en P in een slootexperiment beschreven in Meuleman e.a. 2004

4 Inrichtingsvarianten voor het verbeteren van de waterkwaliteit en –kwantiteit

Om aan de waterbehoefte voor een natuurgebied als De Haeck te voldoen is voldoende water van een goede kwaliteit nodig. Dit vraagt ruimte om wateroverschot te bergen en inlaatwater te zuiveren. Uit de literatuur blijken meerdere opties voor waterzuivering mogelijk: helofytenfilter of zuiveringmoeras en slootzuivering (zie hfdst. 3.2) Voor De Haeck wordt naast de effectiviteit van de zuiveringsmethode ook ingegaan op het ruimtebeslag per optie.

4.1 Helofytenfilter

Uitgegaan wordt van de aanleg van een helofytenfilter met een begroeiing van Riet. Het Riet moet regelmatig afgemaaid worden om de efficiëntie van het zuiveren te vergroten. Doorspoeling met water vergroot de zuivering tevens als het plaats vindt aan het eind van een periode. Voor een optimale groei wordt het Riet in september-oktober gemaaid. Een kanttekening met een begroeiing als Riet is dat Riet niet ver onder water kan staan. Een maximale waterhoogte van ca. 30 cm is mogelijk omdat anders de groeipunten onder water komen en verrotten waarna ook het Riet afsterft.

Om een berekening te maken hoeveel oppervlakte er nodig is om het oppervlaktewater te zuiveren tot concentraties die nodig zijn voor de abiotische condities voor de doelvegetatie is er uitgegaan van een vaste hoeveelheid inlaatwater per peilvariant.

- 1) Voor een vast peil zijn de hoeveelheden 225.000 m³ voor een gemiddeld jaar en 365.000 m³ voor een droog jaar. Aangezien er in de (wetenschappelijke) literatuur geen gegevens bekend zijn van periodieke inlaat van grote hoeveelheden water, wordt uitgegaan van een dagelijkse waterinlaat van resp. 1236 en 2005 m³/dag.
- 2) Voor een flexibel peil is uitgegaan van 139.000 m³ voor een gemiddeld jaar en 208.500 m³ voor een droog jaar. De dagelijkse inlaat bedraagt dan respectievelijk 760 m³ en 1146 m³/dag.

Als achtergrondconcentratie is als gemiddelde waarden 0,1 mg/l voor totaal stikstof en 0-0,05 mg/l voor P-totaal aangehouden. De achtergrondwaarde (is natuurlijke concentratie van het systeem) is de laagste waarde die gerealiseerd kan worden in verband met nalevering. Verder is uitgegaan dat de verdeling van een derde organisch gebonden P en tweederde deel ortho-P van het totaal aan fosfor is. Er is een correctie uitgevoerd op verdunning door neerslag, er wordt uitgegaan van 200 mm neerslagoverschot in het winterhalfjaar.

Bij de berekeningen is uitgegaan van een minimaal maaibeheer. Dat houdt in dat gemaaid wordt in de winterperiode in de tijd dat het blad eraf is. Dus de opname-component is ook minimaal.

De concentraties van het inlaatwater naar De Haeck zijn de maximale maandwaarden voor de maanden oktober-november en december 2003 t/m 2006 (tabel 4-1). Voor fosfor zijn 2 extremen niet in beschouwing genomen.

Tabel 4-1 : Maximale maandwaarden bij de inlaat vanuit de Meije voor zowel stikstof als fosfor in mg/l en % in de maanden oktober-november en december 2003 t/m 2006

Datum	totaal N	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃
	mg/l	%	%	mg/l	mg/l
22-12-05	2,8	8,6	3,4	0,24	0,29
	totaal P	Ortho-P			
	mg/l	%	mg/l		
25-10-05	0,11	45,5	0,05		

Uit de gegevens blijkt dat waarschijnlijk een groot deel van de N en P organisch gebonden is. De verwachting is dat door interne processen in de helofytenfilters N en P vrij kunnen komen. Vooral bij het zuiveren naar zeer lage concentraties, zoals hier het geval is, is het belangrijk rekening te houden met deze processen.

De volgende berekeningen zijn uitgevoerd met vergelijking (1) op pagina 35 voor de te realiseren uitvoerwaarden voor de MTR waarden van 2,2 mgN/l en 0,15 mgP/l en voor de maximale haalbare waarden, de achtergrondwaarden, van 1,0 mgN/l en 0,05 mgP/l. De laatste waarden vallen binnen de Natura 2000 waarden van 1,0 mgN/l en 0,08 mgP/l.

Benodigde oppervlak

Het benodigde oppervlak voor zuivering van stikstof of fosfor is afhankelijk van het peil (tabel 4-2). Bij een flexibel peil is minder oppervlak nodig dan bij een vast peil. In droge jaren is meer oppervlakte nodig dan in een gemiddeld jaar. De benodigde oppervlakte varieert tussen 1,2 en 8,2 ha en past daarmee binnen het oppervlak van het baggerdepot van 11,5 ha.

Tabel 4-2. Benodigde oppervlakte (ha) voor stikstof- en fosforverwijdering voor een streefconcentratie voor de MTR waarde van 2,2 mgN/l en 0,15 mgP/l of de achterconcentratie van 1,0 mgN/l en 0,05 mgP/l bij een gemiddeld of droog jaar bij een vast en een flexibel peil in DeHaeck.

	VAST PEIL				FLEXIBEL PEIL (10 cm)			
	MTR waarden		Achtergr.conc.		MTR waarden		Achtergr.conc.	
	N totaal	P totaal	N totaal	P totaal	N totaal	P totaal	N totaal	P totaal
Gemiddeld jaar	2.0	0	5.1	3.9	1.2	0	3.1	2.4
Droog jaar	3.2	0	8.2	6.4	1.8	0	4.7	3.7

4.2 Slootzuivering

Voor het vaststellen van de benodigde lengte voor slootzuivering zijn de vergelijkingen (verg. 3 en 4 op pag. 38) gebruikt die aan de hand van gegevens bij het natuurgebied langs de Meije zijn verzameld. Het aantal gegevens waarop de vergelijkingen zijn gebaseerd is summier. Ook wijken de inlaatconcentraties in de

Meije graslanden voor N en P af van de inlaatconcentraties in De Haeck (tabel 4-3). Met de onzekerheden die dit oplevert is hier geen rekening gehouden.

Uitgegaan wordt van de maximale maandwaarden van stikstof en fosfor (zie tabel 4-1): 2,8 mgN/l en 0,11 mgP/l. Als te realiseren concentraties zijn hier aangehouden de MTR waarden van 2,2 mgN/l en 0,15 mgP/l en de achtergrondconcentraties van 1,0 mgN/l en 0,05 mgP/l (tabel 4-3).

Tabel 4-3. Invoer concentraties van de Meije graslanden en het inlaatpunt van de Meije bij De Haeck

	Invoer de Meije graslanden	Invoer De Haeck	Streefwaarde MTR	Streefdoel Achtergrondconc.
N (mg/l)	0,6	2,8	2,2	1,0
P (mg/l)	0,51	0,11	0,15	0,05

Benodigde lengte

Voor het behalen van de MTR-waarde voor fosfaat in het inlaatwater naar De Haeck is de benodigde lengte aan slootzuivering nul omdat de invoerconcentratie onder de MTR-waarde ligt. Voor de achtergrondconcentratie is de benodigde lengte 1,8 km nodig. Voor stikstof is een lengte nodig van ruim 3,5 km om de MTR-waarde te bereiken en 10,7 km voor de achtergrondconcentratie.

Conclusies

- 1) De laagste concentratie tot waar gezuiverd kan worden met behulp van een helofytenfilter is de achtergrondconcentratie van 1 mg/l voor N en 0,05 mg/l voor P-totaal.
- 2) Voor veenbodems die rijk zijn aan stikstof en fosfor zijn de gebruikte achtergrondconcentraties mogelijk onderschat. Verder is uitgegaan dat de verdeling van eenderde deel organisch gebonden P en tweederde deel ortho-P van het totaal aan fosfor is. Veengronden zijn gunstig voor P-vastlegging vanwege de relatief hoge bijdrage aan organisch gebonden P. Het omgekeerde geldt voor stikstof, doordat het ammoniumdeel hoger is ten opzichte van nitraat in veengronden omdat de omzetting van ammonium plaatsvindt via nitraat.
- 3) Voor een helofytenfilter voor De Haeck is berekend dat voor de stikstofzuivering grotere oppervlakten nodig zijn dan voor fosforzuivering. Voor de meest extreme situatie (achtergrondwaarde en een droog jaar) is dat voor N 8,2 ha en voor P 6,4 ha.
- 4) Metingen in een 2 km lang slootzuiveringssysteem laten afname zien van 0,3 mgP/l en 0,45 mgN/l bij invoerwater van 0,5 mgP/l en 0,6 mgN/l (NO₃ en NH₄).
- 5) Berekende lengtes voor een slootzuiveringssysteem voor De Haeck zijn 3,5 en 10,7 km om respectievelijk de MTR- en achtergrondwaarde voor N te bereiken en 1,8 km voor de achtergrondwaarde van P. Het inlaatwater voldoet al aan de MTR-waarde voor P.
- 6) Een flexibel peil in De Haeck resulteert in een kleiner benodigd oppervlak aan helofytenfilters.
- 7) Zuivering van fosfaat en van stikstof vereisen andere, juist tegengestelde omstandigheden (resp. droog, aëroob en nat, anaëroob)
- 8) Een helofytenfilter is het meest efficiënt voor N en slootzuivering is het meest efficiënt voor P.

5 Haalbaarheid doelstellingen

5.1 Waterretentie en flexibel peilbeheer

Op basis van de waterretentieanalyse (hfdst. 2) is gebleken dat het in de omgeving van De Haeck nagenoeg onmogelijk is om een gebied te vinden waar voldoende (gebiedseigen) water kan worden geborgen om De Haeck het jaar rond van voldoende water te voorzien. Het voormalige baggerdepot ten westen van De Haeck is gunstig gesitueerd om als bergingsgebied te fungeren, maar door wegzijging zou het bergingsgebied in de zomer zelf al gauw een tekort aan water hebben. Als het gebied na sanering wordt voorzien van een ondoorlatende (klei-)laag kan het baggerdepot wel een substantiële bijdrage leveren aan de watervoorziening van De Haeck, mits de fluctuatie van het waterpeil meer dan 60 cm mag bedragen. Als rekening wordt gehouden met de randvoorwaarden die de rietbegroeiing in een helofytenfilter aan de fluctuatie stelt (30 cm) is de bijdrage via wateropslag slechts een paar procent.

Een flexibel peilbeheer in De Haeck levert een forse reductie op van de hoeveelheid in te laten, en dus te zuiveren, water. Het toepassen van een flexibel peilbeheer met een fluctuatie van 10 cm in De Haeck als zelfstandige maatregel betekent dat in een gemiddeld jaar 38% (= 86.000 m³) minder water hoeft te worden aangevoerd (zie tabel 2-5). Ook als een maximum van bijvoorbeeld 10 dagen aan de periode met een laag peil wordt gesteld is altijd nog 32% (72.000 m³) minder water nodig.

Om de beoogde waterkwaliteitsverbetering te behalen kan het baggerdepot het beste worden ingericht als een moeras- of slootzuiveringssysteem. Beide inrichtingsvarianten zullen hieronder nader worden uitgewerkt voor wat betreft haalbaarheid van ecologische doelstellingen, inrichting en koppeling met andere functies. Voor beide varianten is geen rekening gehouden met wegzijging in het moeras of de sloten, maar is alleen met de netto waterbehoefte van De Haeck gerekend.

5.2 Het baggerdepot inrichten als helofytenfilter

5.2.1 Haalbaarheid ecologische doelstellingen

Op het moment is de waterkwaliteit van het inlaatwater uit de Meije onvoldoende om aan de KRW doelstellingen GET/GEP voor De Haeck (tabel 1-2) te voldoen. De concentratie totaal-P van het inlaatwater voldoet op het moment wel aan de geldende MTR-norm. Dit is grotendeels te danken aan de chemische defosfatering van het Oude Rijn water. Door een deel van het bergingsgebied in te richten als slootzuiveringssysteem of als helofytenfilter met een begroeiing van Riet kan de waterkwaliteit van het inlaatwater verder worden verbeterd omdat de stikstof verwijderd wordt door denitrificatie. Uitgaande van de hoogst gemeten waarden bij het inlaatpunt is voor zuivering via een slotensysteem is 3,5 km nodig om de MTR-

waarde te bereiken en 10,7 km voor de achtergrondwaarde. De lengte van 10,7 km is ruim voldoende om de achtergrondwaarde voor fosfor te bereiken.

In natuurlijke rietmoerassen is een belangrijk deel van de N en P organisch gebonden. Door verschillende biochemische processen kunnen N en P echter weer vrijkomen in het oppervlaktewater. Met andere woorden: er is sprake van een natuurlijke achtergrondconcentratie van N en P. Het is daarom niet mogelijk om met behulp van een helofytenfilter van Riet een lagere concentratie te bereiken dan de natuurlijke achtergrondconcentratie van een dergelijk systeem. Vooral bij het zuiveren naar zeer lage concentraties, zoals hier wordt beoogd, is het belangrijk rekening te houden met deze naleveringsprocessen.

De gemiddelde achtergrondconcentraties voor helofytenfilters is 1,0 mg N_{tot}/l en 0,05 mg P_{tot}/l. Dit is dan ook gelijk het maximaal haalbare rendement van een moeraszuiveringssysteem. Daarmee zou net aan de KRW doelstellingen GET/GEP en de VHR doelstelling worden voldaan. De streefconcentraties uit het Watergebiedsplan blijven echter buiten bereik.

De huidige situatie van inlaatbehoefte in een gemiddeld jaar is 225 000 m³ en voor een droog jaar 350 000 m³. Bij een flexibel peilbeheer in De Haeck (10 cm fluctuatie) is de waterbehoefte lager. Voor een gemiddeld jaar is dat 139 000 m³ en voor een droog jaar 208 500 m³. De benodigde oppervlaktes aan helofytenfilters voor water van de vijf meetpunten uit hoofdstuk 3 waarvan de waterkwaliteit is besproken staan in bijlage 1. In tabel 5-1 staan de benodigde oppervlaktes voor het Meijewater bij het inlaatpunt van De Haeck. Als de benodigde oppervlaktes voor stikstof en fosfor van elkaar verschillen volstaat de grootste oppervlakte voor beide stoffen

Tabel 5-1 Benodigde oppervlakte helofytenfilter om te voldoen aan de MTR (N_{tot} = 2,2 mg/l; P_{tot} = 0,15 mg/l) en de achtergrondconcentraties (N_{tot} = 1,0 mg/l; P_{tot} = 0,05 mg/l)

Inlaatbehoefte	Benodigde oppervlakte helofytenfilter (ha)			
	MTR N _{tot} 2,2 mg/l	MTR P _{tot} 0,15 mg/l	Achtergrond N _{tot} 1,0 mg/l	Achtergrond P _{tot} 0,05 mg/l
Huidige situatie, gemiddeld jaar: 225.000 m ³	2,0	n.v.t.	5,1	3,9
Huidige situatie, droog jaar: 350.000 m ³	3,2	n.v.t.	8,2	6,4
Flexibel peilbeheer, gemiddeld jaar: 139.000 m ³	1,2	n.v.t.	3,1	2,4
Flexibel peilbeheer, droog jaar: 208.500 m ³	1,8	n.v.t.	4,7	3,7

De Natura 2000 doelstellingen zijn voor stikstof vergelijkbaar met de achtergrondconcentraties van 1,0 mgN/l. Wat betreft fosfor ligt de Natura 2000 grenswaarde iets hoger, namelijk 0,08 mgP/l. De berekende oppervlaktes die nodig zijn om te voldoen aan de P-normen voor Natura 2000 zijn dus wat kleiner dan

wanneer de achtergrondconcentratie van 0,05 mgP/l gehaald moet worden. Een flexibel peilbeheer in De Haeck betekent dat minder water gezuiverd hoeft te worden. De fluctuatie komt overeen met een natuurlijker peilregime: laag in de zomer en hoog in de winter. Een peilfluctuatie van 10 cm in De Haeck lijkt binnen de randvoorwaarden van de instandhoudingsdoelstellingen voor Natura 2000 in De Haeck te vallen.

5.2.2 Inrichting

De oppervlakte van het huidige baggerdepot bedraagt 11,5 ha. Dit is de maximale oppervlakte die kan worden gebruikt voor waterkwaliteitsverbetering door middel van een slotensysteem en/of een helofytenfilter. Er moet wel rekening mee worden gehouden dat niet de volledige oppervlakte van het baggerdepot kan worden benut voor helofytenfilter. Een deel van de oppervlakte zal gereserveerd moeten worden voor de aanleg van kades, paden en eventuele technische installaties. Vooralsnog gaan we ervan uit dat 90% van de oppervlakte van het baggerdepot, dus ongeveer 10 ha effectief kan worden ingericht. Dit is voldoende om de KRW-doelstellingen GET/GEP en de Natura 2000 doelstellingen te kunnen behalen. Bij een flexibel peilbeheer in De Haeck is voor een helofytenfilter de helft minder oppervlakte nodig dan bij een vast peil.

Waterberging in het helofytenfilter of slotensysteem is niet zinvol. Als het helofytenfilter ingericht is met Riet mag het waterpeil na maaien niet hoger staan dan 30 cm boven maaiveld. Voor een gebied van 3,2 ha (huidige situatie, droog jaar) gaat het om een berging van ongeveer 10 000 m³, nog geen 5% van de hoeveelheid die in een normaal jaar nodig is.

Het resterende gedeelte van het baggerdepot kan wel als bergingsgebied (met een hoger peil dan 30 cm) worden ingezet. Ook kan het als waterreservoir met een natuurlijke aankleding (bijv. poelen, vijvers) worden ingericht van waaruit het moerassysteem van water wordt voorzien. In natuurlijke waterreservoirs treedt vaak al een aanzienlijke denitrificatie op.

Voor fosfaatverwijdering kan ook gekozen worden voor benutting van een slootzuiveringssysteem, in plaats van een helofytenfilter. Om in De Haeck het inlaatwater te zuiveren tot de achtergrondwaarde voor fosfaat is circa 1,8 km sloot nodig (hoofdstuk 4). Bij een slootbreedte van 4 m komt neer op een ruimtebeslag van ongeveer 0,7 ha.

Een slootzuiveringssysteem voor vastlegging van P in combinatie met een helofytenfilter voor verwijdering van N is goed in te passen binnen de ruimte van het huidige baggerdepot, zelfs om daarmee de randvoorwaarden voor Natura 2000 doelen in De Haeck in een droog jaar te halen. Deze combinatie lijkt daarmee voor De Haeck het meest effectief en ruimte-efficiënt om te kunnen voldoen aan de condities voor het behalen van de instandhoudingsdoelen voor Natura 2000.

5.2.3 Kosten en baten

Ruimtebeslag en kosten

Om 75 ha natuurgebied (De Haeck) te voorzien van de benodigde hoeveelheid kwalitatief goed water is maximaal 8,2 ha helofytenfilter nodig voor N-verwijdering en 0,7 ha aan sloten voor slootzuivering voor P, te realiseren in het huidig baggerdepot. Dan is het systeem ingericht om ook in een droog jaar, dus met extra inlaatbehoefte, te blijven voldoen aan leverantie van water aan De Haeck dat voldoet aan de condities voor de Natura 2000 instandhoudings-doelstellingen. Daarbij is geen gebruik gemaakt van 10 cm peilfluctuatie in De Haeck, hoewel een dergelijke fluctuatie ecologisch verantwoord zou zijn. Uitgaande van een maximaal benutbare ruimte in het baggerdepot van ca. 10 ha, en een berekende maximale ruimtebehoefte in het baggerdepot voor waterkwaliteitsverbetering is de combinatie van de aanleg van een helofytenfilter voor verwijdering van stikstof en een slootzuiveringssysteem voor reductie van fosfaat in het water ruimtelijk inpasbaar in het baggerdepot.

De kosten voor inrichting en onderhoud van helofytenfilters en slootzuiveringssystemen zijn ingeschat op basis van beschikbare literatuur (Corré et al, 2007). Uit de literatuur is over de kosten van helofytenfilters of moeraszuiveringssystemen een redelijk beeld op te bouwen, over slootzuiveringssystemen is nog heel weinig bekend. Om toch een schatting te maken van de kosten van een slootzuiveringssysteem wordt gebruik gemaakt van een kostencalculatie van het qua aanleg vergelijkbare systeem van moerasbufferstroken (zie o.a. Clevering et al., 2004). Moerasbufferstroken zijn ondiep gegraven sloten gelegen tussen een bestaande sloot en een landbouwperceel.

Bij de kostenberekening is niet gerekend met kosten van het uit productie nemen van landbouwgrond. Het gaat in deze studie immers om een andere benutting van een opslagplaats van bagger, zonder verder gebruik.

De kosten voor aanleg van een helofytenfilter worden geraamd op € 80.000/ha (STOWA rapporten 2001-09 en 2005-18). Dit komt, uitgaande van 4% rente, neer op een jaarlijkse post voor inrichtingskosten van € 3.200/ha voor een helofytenfilter.

De kosten voor aanleg van een moerasbufferstrook (vergelijkbaar met een slootzuiveringssysteem) bedragen € 60.000/ha (Van der Meer & Schurink, 2001). Dit komt neer op een jaarlijkse post voor inrichtingskosten van € 2.400/ha.

De beheerskosten zijn voor helofytenfilters en slootzuiveringssystemen ongeveer gelijk. De hoogte van de kosten hangt sterk af van de wijze van beheer, met name de frequentie van maaien en van vernieuwen van het systeem. In deze kostenberekening wordt uitgegaan van jaarlijks maaien en afvoeren van het riet (dus zowel van het helofytenfilter als uit het slootzuiveringssysteem). De frequentie van uitbaggeren en herinplant wordt in deze berekening geschat op 1 maal in de 6 jaar. Bij deze frequentie liggen de kosten tussen € 14.000 en € 20.000 per hectare. Bij een afschrijvingstermijn van 25 jaar voor deze systemen en 4% rente komt dit neer op een gemiddelde jaarlijkse kostenpost voor beheer van ongeveer € 2.850/ha.

De totale jaarlijkse kosten voor inrichting en beheer bedragen dan voor een helofytenfilter ongeveer € 6.000/ha, en voor een slootzuiveringssysteem circa € 5.250/ha.

Meekoppeling met andere functies

De zuiveringsfunctie van rietvelden kan goed worden gecombineerd met andere functies van riet in het veenweidegebied. Hiervoor is het begrip 'rieteconomie' geïntroduceerd (Grandiek et al., 2007). In deze verkennende studie wordt het economisch perspectief van grootschalige omvorming van landbouwgrond in rietvelden geschetst, gekoppeld aan de toepassing van het inrichtingsprincipe 'functie volgt peil'. Bij dat principe wordt het versnipperd waterbeheer opgeschaald waardoor laag gelegen landbouwgronden sterk vernat worden en daardoor meer geschikt zijn voor riet. In deze studie wordt bij de perspectieven van de rieteconomie uitgegaan van grootschalige omvorming van veenweiden tot rietvelden.

Een belangrijk aspect van de rietproductie is de schaal. Er is voor commerciële opwekking van groene energie uit biomassa jaarlijks tenminste 100.000 ton biomassa van voldoende kwaliteit nodig. Dat betekent dat tenminste 4.000 ha riet beschikbaar moet zijn in de regio. Het is duidelijk dat de inrichting van 11,5 ha baggerdepot met riet op zich commercieel niet interessant is, en alleen een economisch rendement kan leveren wanneer rietteelt in het voormalig baggerdepot gecombineerd wordt met een meer grootschalige rietproductie elders in de regio.

Op bedrijfsniveau wordt door Grandiek et al. (2007) uitgegaan van een verbreed rietproductiebedrijf met inkomsten uit de productie van biomassa, aangevuld met inkomsten uit groene en blauwe diensten. Voor een rietmoeras met primaire waterzuiveringsdoelstelling, zoals voor het baggerdepot bij De Haeck is beschreven, kunnen op bedrijfsniveau de volgende inkomsten worden verwacht:

- ❑ Uit biomassa: 25 ton/ha à € 30 per ton = € 750/ha,jr;
- ❑ Als waterzuiveringswaarde (gebaseerd op de kosten van een waterzuiveringsinstallatie): ca. € 500/ha,jr (dit geldt m.n. op plaatsen waar een bepaalde waterkwaliteit noodzakelijk is, zoals bij Natura 2000 wetlands);
- ❑ Uit beheersvergoeding voor realisatie van wetlandnatuurdoelen (SAN): € 900/ha,jr;
- ❑ Uit vermeden CO₂-emissies (geldt m.n. voor huidige landbouwgrond): € 100 - € 300/ha,jr..

Grandiek et al. (2007) calculeren ook nog mogelijke inkomsten uit vergoeding voor waterberging, maar rietvelden die specifiek zijn ingericht voor waterkwaliteitsverbetering hebben slechts beperkte mogelijkheden voor waterberging. Derhalve is deze post hier niet meegenomen.

Om een helofytenfilter aantrekkelijk te maken voor recreatie zijn er vele mogelijkheden, zoals de aanleg van wandelpaden, het creëren van stukken open water en het vergroten van de educatieve waarde door het plaatsen van informatieborden over de functies van het moeras. Voor de recreant is de esthetische waarde, de toegankelijkheid en de afwezigheid van stank en overlast van belang.

Voorbeelden van medegebruik door recreatie in moerassystemen zijn o.a. te vinden in Van der Windt e.a. (2000). Om verstoring van fauna te voorkomen wordt zonering van de recreatie aanbevolen.

Conclusies

De oppervlakte van het huidige baggerdepot is voldoende voor zuivering van inlaatwater om via een slotensysteem en/of een helofytenfilter de KRW-doelstellingen GET/GEP en de condities voor Natura 2000-doelstellingen in De Haeck te kunnen halen, ook in het geval van een droog jaar. Bij een flexibel peilbeheer in De Haeck is aanzienlijk minder oppervlakte nodig.

Naast de kosten voor inrichting en beheer zijn er ook economische baten te berekenen voor rietmoerassen. Voor een commercieel renderende rieteconomie dient echter dan wel aangesloten te kunnen worden bij een omvangrijke omvorming van veenweiden in rietvelden met een omvang van ongeveer 4.000 ha in de regio. Dit is denkbaar bij toepassing van het principe ‘functie volgt peil’ als inrichtingsconcept voor het veenweidegebied.

6 Betekenis voor het westelijke veenweidegebied

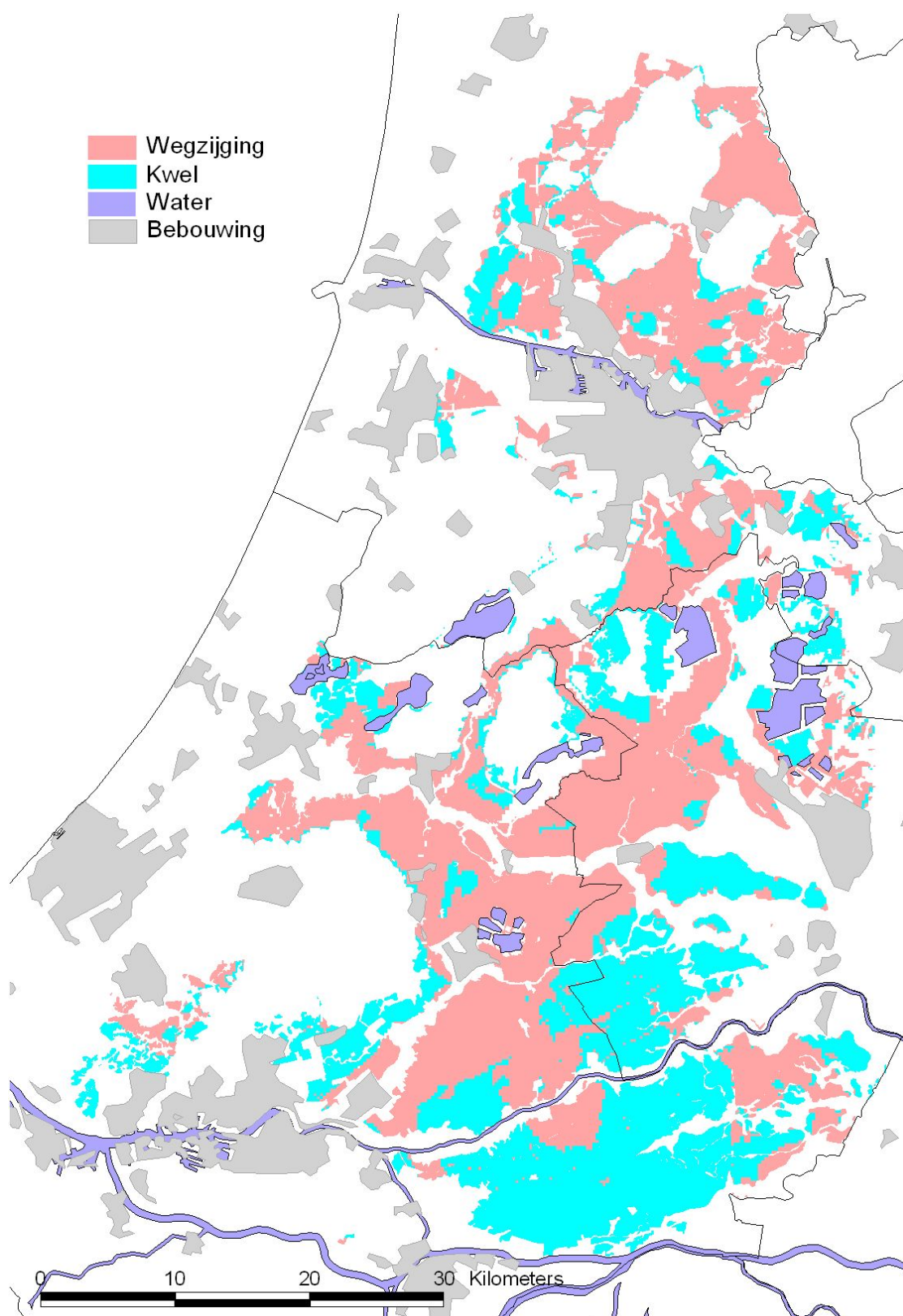
De Haeck is als voorbeeldgebied gekozen voor het onderzoek naar maatregelen om KRW-doelen in relatie tot Natura 2000 doelen te kunnen realiseren, omdat het representatief is voor veel natuurgebieden in het westelijk veengebied. De overeenkomsten tussen veel van die gebieden betreffen behalve de bodemopbouw en vegetatie (hfdst. 1.3) ook de hydrologische situatie. De Haeck heeft te maken met wegzijging waardoor er een extra hoeveelheid water moet worden ingelaten om te voorkomen dat het gebied verdroogt. Het inlaatwater is afkomstig uit de boezemwateren die in heel west Nederland in droge perioden op peil worden gehouden met water dat afkomstig is uit de Rijn. In figuur 6-1 staat een kwel/wegzijgingskaart voor de zomerperiode. De kaart is een vereenvoudigde versie van de kaart uit een modelstudie naar de zoutbelasting in West Nederland (Griffioen et., 2002). In figuur 6-2 staan de Natura 2000 gebieden en de gebieden waarvoor natuurdoeltypen zijn vastgesteld (Bal et al., 1995; 2001). In driekwart van de oppervlakte van deze natuurgebieden treedt 's zomers wegzijging op.

In tabel 6-1 staan de belangrijkste kenmerken van de Natura 2000 gebieden. De Haeck is in dit onderzoek als apart gebied beschouwd, maar het is onderdeel van het Natura 2000 gebied 'Nieuwkoopse Plassen/De Haeck'. Van de waardevolle, terrestrische vegetatie komt trilveen in alle gebieden voor, natte heide in de meeste gebieden en nat schraalland en broekbos in 6 gebieden, waaronder De Haeck en de Nieuwkoopse Plassen.

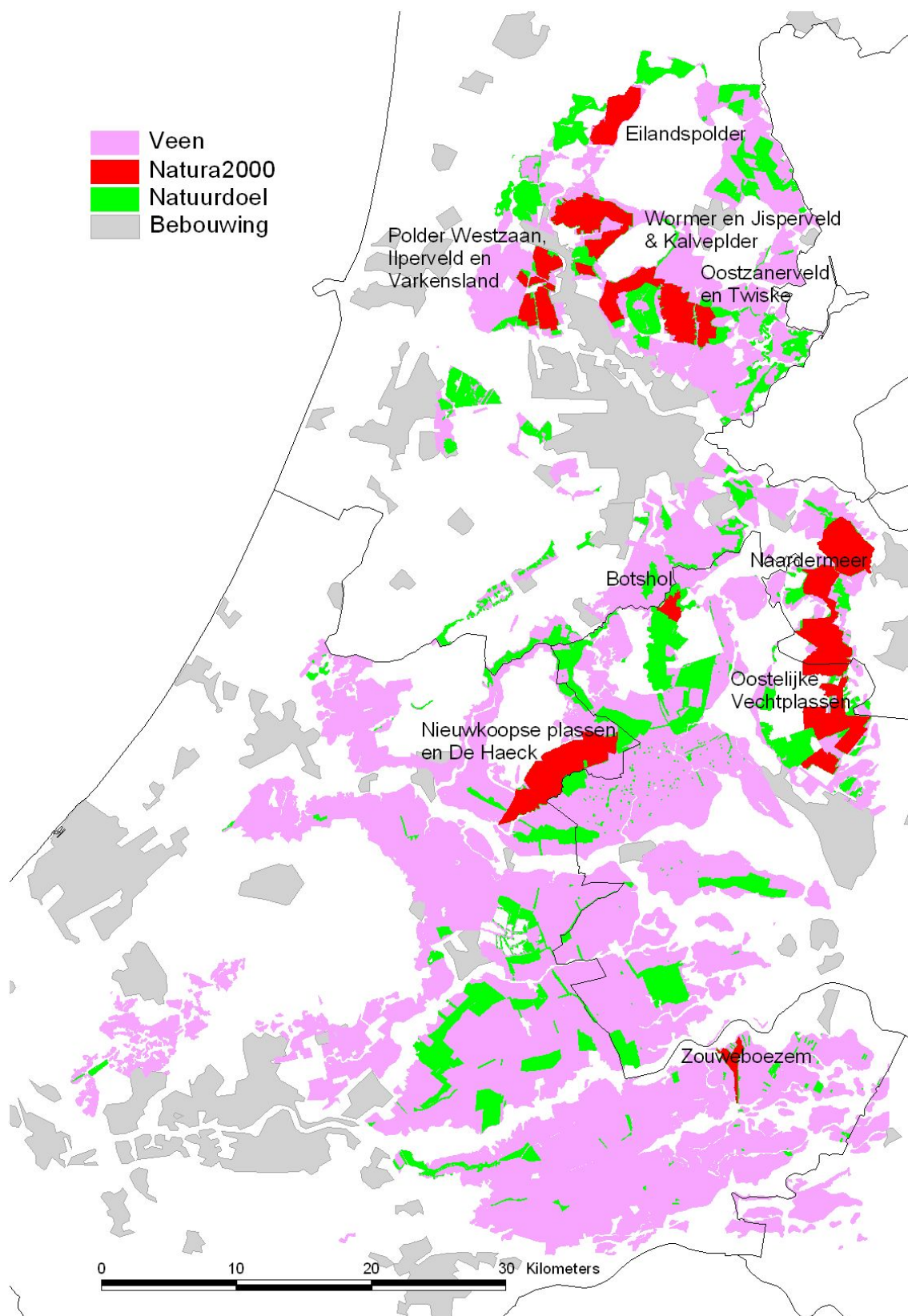
De oppervlakteaandelen mineraal, water en veentype in tabel 6-1 zijn ontleend aan de bodemkaart 1 : 50 000. Het oppervlakteaandeel 'water' is onderschat omdat dit alleen de grotere oppervlaktewateren betreft. In De Haeck komt volgens de analyse geen oppervlaktewater voor, maar in werkelijkheid is dat wel het geval. Het betreft veelal brede sloten en petgaten. Op de bodemkaart staat dat aangeduid als Vo (moeras). Ook in veel van de andere natuurgebieden komt veel 'moeras' voor.

De Oostelijke Vechtplassen, het Naardermeer en Botshol vertonen de meeste overeenkomst met de Nieuwkoopse Plassen/De Haeck. De aandelen open water en moeras zijn echter wisselend en het type veen is vaak wat minder eutroof. De ligging in de buurt van de hogere zandgronden in de provincie Utrecht maakt dat het aandeel kwelwater over het algemeen wat hoger is. De overige gebieden liggen allemaal ten noorden van het IJ. De belangrijkste verschillen zijn de vegetatietypen en het veentype. Nat schraalland en broekbos komen daar niet voor en het veen is van oorsprong oligotroof.

Voor De Haeck is voor een droge zomer een buffergebied van grofweg 10% van de oppervlakte van het natuurgebied nodig om het inlaatwater te zuiveren tot de achtergrondwaarde (N-tot = 1,0 mg/l; P-tot = 0,05 mg/l). Voor fosfor volstaat een kleinere oppervlakte, maar het inlaatwater is in het geval van De Haeck (deels) al gedefosfateerd. Als voor de andere Natura 2000 gebieden gemiddeld genomen vergelijkbare omstandigheden gelden is verhoudingsgewijs ook een zuiveringsoppervlak van 10 % van de oppervlakte van het natuurgebied nodig.



Figuur 6-1 Kwel en wegzijging in de zomer in het westelijk veengebied (naar Griffioen et al., 2002)



Figuur 6-2 Natura 2000 gebieden en natuurdoeltypegebieden in het westelijk veengebied

Tabel 6-1 Karakterisering van Natura 2000 gebieden in het westelijk veenweidegebied

No	Gebied	No	Gebied	No	Gebied
103a	DE HAECK	92a	ILPERVELD/OOSTZANERVELD/VARKENSLAND	94	NAARDERMEER
103b	NIEUWKOOPSE PLASSEN	91b	POLDER WESTZAAN	95a	OOSTELIJKE VECHTPLASSEN
89	EILANDSPOLDER-OOST	91c	POLDER WESTZAAN	83	BOTSHOL
90a	WORMER- EN JISPERVELD EN KALVERPOLDER	91d	POLDER WESTZAAN	95b	OOSTELIJKE VECHTPLASSEN
91a	POLDER WESTZAAN	91e	POLDER WESTZAAN	95c	OOSTELIJKE VECHTPLASSEN
90b	WORMER- EN JISPERVELD EN KALVERPOLDER	92b	ILPERVELD/OOSTZANERVELD/VARKENSLAND		

Gebied	Haeck	103b	89	90a	91a	90b	92a	91b	91c	91d	91e	92b	94	95a	83	95b	95c
natte heide	ja?	ja		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja		ja	ja
nat schraalland	ja	ja											ja	ja	ja	ja	ja
trilveen	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
broekbos	ja	ja											ja	ja	ja	ja	ja
oppervlakte (%), exclusief groot water																	
veen	100	67	97	90	92	100	93	86	100	94	100	99	52	51	29	59	98
mineraal		8		0	2		3	14		1			31	6		5	2
water		25	3	10	6		4			5		1	17	43	71	36	
veensoort (trofie)																	
oligotroof			59	77	24	95	21			74	97	89	2			3	
op zand													1	10		23	12
mesotroof	0	0		10	14	5						0	6	2	0		0
kleidek op zand													4				
eutroof	9	26		3									1	0	3		
met kleidek		0	3											1	1		
moeras	91	41	34	0	54		62	86	100	20	3	10	38	36	24	33	85
niet gerijpt (Vo)							10							3			
Verhouding kwel/wegzijging																	
wegzijging	87	90	99	91	95	98	93	89	92	97	98	95	49	64	56	39	26
kwel	13	10	1	9	5	2	7	11	8	3	2	5	51	36	44	61	74

Literatuur

Bal, D., H.M. Beije, Y.R. Hoogeveen, S.R.J. Jansen en P.J. van der Poel, 1995. Handboek Natuurdoeltypen in Nederland. IKC-natuurbeheer, Wageningen.

Bal, D., H.M. Beije, M. Fellingier, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal en F.J. van Zadelhoff, 2001. Handboek Natuurdoeltypen. EC-LNV, rapport 2001/020.

Beek, C. van, 2007. Nutrient losses from grassland on peat soils. Alterra Scientific contributions 18, Wageningen.

Braskerud B.C., 2002. Design considerations for increased sedimentation in small wetlands treating agricultural runoff. *Water Science and Technology* 45:77-85.

Casey R.E., M.D. Taylor en S.J. Klaine, 2001. Mechanisms of nutrient attenuation in a subsurface flow riparian wetland. *Journal of Environmental Quality*. 2001, 30: 5, 1732 1737; 21 ref.

Crumpton W.G., 2001. Using wetlands for water quality improvement in agricultural watersheds; the importance of a watershed scale approach. *Wat. Sci. Tech.* 44:559-564.

Clevering, O.A., B. Smit, Th. Aendekerk en N. van Wees, 2004. Mogelijkheden voor hergebruik en zuivering van uitgespoelde nutriënten. PPO nr. 530133, Lelystad.

Clevering, O.A., H.A.G. Verhagen, J.M.J. van Meyel en J.J. de Haan, 2007. Helofytenfilters voor drainwater. PPO nr. 32510307/325004207, Lelystad.

Corré, W. en G.J. Noij (eds), E. van Boekel, H. Oosterom, J. van Middelkoop, W. van Dijk, O. Clevering en J. van Bakel, 2007. Kosteneffectiviteit van alternatieve maatregelen voor bufferstroken in Nederland. Effectiveness of buffer strips publication series 6, ALTERRA-rapport 1618.

Diepen, C.A. van, G.H.P. Arts, J.W.H. van der Kolk, A. Smit en J.Wolf, 2002. mogelijkheden voor verbetering van de waterkwaliteit door vermindering van nutriëntenbelasting in Noord-Brabant; deelrapport 4: Mogelijkheden voor toepassing van effectgerichte maatregelen op gebied van waterbeheer en waterzuivering. Rapport 527.4. Alterra, Wageningen.

Diepen, C.A. van, J. Wolf, G.H.P. Arts, H.F.M. ten Berge, H.L. Boogaard, J.W.H. van der Kolk, H.S.D. Naeff, I.G.A.M. Noij, O.F. Schoumans, A. Smit en J. Stolte, 2003. Mogelijkheden voor verbetering van de waterkwaliteit door vermindering van de nutriëntenbelasting in Noord-Brabant. Hoofdrapport: Samenvattend resultaat van vijf deelstudies. Alterra rapport 527, Wageningen.

Duel, H., 1991. De mogelijkheden voor toepassing van helofytenfilter in het veenweidegebied het Groene Hart. TNO-INRO, rapport 91/ECO/08, Delft.

Fleischer, S., A. Joelsson en L. Stibe, 1997. 15: The Potential Role of Ponds as Buffer Zones. In: Haycock NE, Burt, T.P., Goulding, K.W.T., Pinay, G (ed) Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection. The Proceedings of the International Conference on Buffer Zones. September 1996. Quest Environmental, Hertfordshire, UK, pp 140-146.

Grandiek, N., J. van Herk, C. Cronenberg, 2007: De introductie van de rieteconomie. Een duurzaam perspectief voor de Nederlandse veenweidegebieden. Rapport 07.2.155 Innovatienetwerk, Utrecht.

Griffioen, J., J.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-rapport NITG 02-166A.

Grontmij, 1991. Helofytenfilter Noorddijk. Notitie in opdracht van de gemeente Groningen, 15p + Bijlagen.

Hammer, D.A. en R.L. Knight, 1994. Designing constructed wetlands for nitrogen removal. Wat. Sci. Tech. 29:15-27

Heinis, F. en C.H.M. Evers, 2007a. Afleiding getalswaarden voor nutriënten voor de goede ecologische toestand voor natuurlijke wateren. STOWA rapport 2007-02, Riza-rapport 2007-001, Utrecht.

Heinis, F. en C.H.M. Evers, 2007b. Toelichting op ecologische doelen voor nutriënten in oppervlaktewateren. RIZA

Hoog, J.C.J. de, T.H.M. Croese, A.M. Hummelen, C. Maas, P.L.G.M. Heslen, M.H. Jalink en A.F.M. Meuleman, 2000. Zicht op kranswieren. Aanvullende maatregelen voor natuurherstel in De Haak. Kiwa, rapport KOA 99.131, Nieuwegein.

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, 2005. Watergebiedsplan Zegveld en Oud-Kamerik. Houten.

Ietswaart, Th., A.M. Breure, L. Hersbach et al., 2000. Een indicatorsysteem voor natuurlijke zuivering van oppervlaktewater. Achtergrondrapport. Bilthoven, RIVM-rapport 607605 002.

Jansen, P.C., E.P. Querner en C. Kwakernaak, 2007. Effecten van waterpeilstrategieën in veenweidegebieden; Een scenariostudie in het gebied rond zegveld. Alterra-rapport 1516, Wageningen.

Kadlec, R.H., 1999. The limits of phosphorus removal in wetlands. Wetlands 7:165-175.

- Kadlec, R.H., 2003. Pond and wetland treatment. *Water Science and Technology* 48 (5):1-8.
- Kadlec, R.H. en R.L. Knight, 1996. *Treatment Wetlands*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Liikanen, A., M. Puustinen, J. Koskiahho, T. Vaisanen, P. Martikainen en H. Hartikainen, 2004. Phosphorus removal in a wetland constructed on former arable land. *Journal of Environmental Quality* 33:1124-1132.
- Kemmers, R.H., S.P.J. van Delft, F.P.Sival en P.C. Jansen. 2003. Effecten van bevloeiing op de basen- en voedingstoestand van verzuurde en verdroogde beekdalgraslanden; mogelijkheden van bevloeiing als effectgerichte maatregel. *Alterra Rapport 748*, Wageningen.
- Lamers, L.P.M., H.B.M. Tomassen en J.G.M. Roelofs. 1998. Sulphate-induced eutrophication and phytotoxicity in freshwater wetlands. *Env. Sci & Tech* 32: 199-205.
- Leenders, T.P., F.J.E. van der Bolt en E. Westein, 2006. *Natuurbeleid, de Kaderrichtlijn Water en Landbouw*. Alterra-rapport 1341, Wageningen.
- Meuleman, A.F.M., 1999. Performance of treatment wetland. De zuiveringsfunctie van moerassen. Ph.D. Thesis. Utrecht University, Utrecht.
- Meuleman, A.F.M., B. Beltman and R.A. Scheffer, 2004. Water pollution control by aquatic vegetation of treatment wetlands. *Wetlands Ecology and Management* 12: 459-471.
- Ministerie van LNV, 2006. *Natura 2000 Doelendocument – hoofddocument*.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998. *Vierde Nota Waterhuishouding*.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005. *Karakterisering van het werkgebied Rijndelta: rapportage volgens artikel 5 van de kaderrichtlijn water (2000/60/EG)*.
- Molen, D.T. van der en R. Pot (redactie), 2007. Referenties en concept-maatlatten voor meren ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water, update februari 2007. *STOWA rapportnr 2004-42*.
- Provincie Zuid-Holland, 2006. *Beleidsplan Groen, Water en Milieu 2006-2010*.
- Ridder, R.P. de., 1996. Helophytenfilters. Integratie van oppervlaktewaterzuivering, natuur en andere functies in moerassen. Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden. LBL-mededeling 206. Utrecht. 47 pp. + Bijlagen.

- Reinhardt, M., R. Gachter, B. Wehrli en B. Muller, 2005. Phosphorus retention in small constructed wetlands treating agricultural drainage water. *Journal of Environmental Quality* 34:1251-1259.
- Sundblad, K. en H.B.Wittgren, 1989. *Glyceris maxima* for waste water nutrient removal and forage production. *Biological Wastes* 27: 29-42.
- Tersteeg, J., W. Wiersinga en E. Westein, 2006. De verdrogingsdialogen: Verantwoording en conclusies n.a.v. 12 werkbezoeken van de Taskforce Verdroging, oktober 2005 – februari 2006. Alterra-rapport 1368 (cd-rom), Wageningen.
- Tonderski, K.S., B. Arheimer en C.B. Pers, 2005. Modeling the impact of potential wetlands on phosphorus retention in a Swedish catchment. *Ambio* 34:544-551.
- Tweel-Groot, van, 1997. Beheersvisie De Haak 1997-2012. Vereniging Natuurmonumenten, rapportnr. 97-58.
- Uusi-Kämpä, T.E., H. Hartikainen en T. Yläntä, 1997. 5: The interactions of buffer zones and phosphorus runoff. In: Haycock NE, Burt, T.P., Goulding, K.W.T.
- Pinay, G. (ed) Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection. The Proceedings of the International Conference on Buffer Zones. September 1996. Quest Environmental, Hertfordshire, UK, pp 43-53.
- Verhoeven, J.T.A. en A.F.M. Meuleman, 1999. Wetlands for waste water treatment: opportunities and limitations. *Ecological Engineering* 12: 5-12.
- Windt, N. van der, A. Wintjes, W. Elbersen, C. Kwakernaak, 2000: Van stek tot stekker. 14 kansen voor energieteelt in Hardenberg. Rapport Alterra, Wageningen.

Bijlage 1 Benodigde oppervlakten bij een vast en flexibel peil, met en zonder achtergrondconcentratie, achtergrondconcentratie, de MTR en achtergrondconcentraties en voor de verschillende meetpunten

Stikstof Cuit 2,2 mg/l

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
139000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	2.2	2.2	0			2.2	2.2	1		
Zuidplas	2.4	2.2	0	103	0.3	2.4	2.2	1	58	0.5
Inlaat	2.8	2.2	0	112	0.7	2.8	2.2	1	67	1.2
Polder	4.9	2.2	0	152	2.4	4.9	2.2	1	103	3.5
Grecht	6.6	2.2	0	180	3.2	6.6	2.2	1	128	4.4

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
208500 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	2.2	2.2	0			2.2	2.2	1		
Zuidplas	2.4	2.2	0	103	0.4	2.4	2.2	1	58	0.7
Inlaat	2.8	2.2	0	112	1.1	2.8	2.2	1	67	1.8
Polder	4.9	2.2	0	152	3.6	4.9	2.2	1	103	5.2
Grecht	6.6	2.2	0	180	4.8	6.6	2.2	1	128	6.7

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
225000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	2.2	2.2	0			2.2	2.2	1		
Zuidplas	2.4	2.2	0	103	0.4	2.4	2.2	1	58	0.8
Inlaat	2.8	2.2	0	112	1.2	2.8	2.2	1	67	2.0
Polder	4.9	2.2	0	152	3.9	4.9	2.2	1	103	5.6
Grecht	6.6	2.2	0	180	5.2	6.6	2.2	1	128	7.2

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
365000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	2.2	2.2	0			2.2	2.2	1		
Zuidplas	2.4	2.2	0	103	0.7	2.4	2.2	1	58	1.2
Inlaat	2.8	2.2	0	112	1.9	2.8	2.2	1	67	3.2
Polder	4.9	2.2	0	152	6.3	4.9	2.2	1	103	9.1
Grecht	6.6	2.2	0	180	8.5	6.6	2.2	1	28	11.7

Stikstof Cuit 1,0 mg/l

in	zonder achtergrondconcentratie						met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak		Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
139000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha		mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	2.2	1	0	68	2.4		2.2	1	0.05	66	2.4
Zuidplas	2.4	1	0	72	2.6		2.4	1	0.05	70	2.7
Inlaat	2.8	1	0	79	3		2.8	1	0.05	76	3.1
Polder	4.9	1	0	110	4.6		4.9	1	0.05	108	4.7
Grecht	6.6	1	0	133	5.3		6.6	1	0.05	130	5.5

in	zonder achtergrondconcentratie						met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak		Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
208500 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha		mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	2.2	1	0	68	3.5		2.2	1	0.05	66	3.7
Zuidplas	2.4	1	0	72	3.9		2.4	1	0.05	70	4
Inlaat	2.8	1	0	79	4.6		2.8	1	0.05	76	4.7
Polder	4.9	1	0	110	6.8		4.9	1	0.05	108	7
Grecht	6.6	1	0	133	8		6.6	1	0.05	130	8.2

in	zonder achtergrondconcentratie						met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak		Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
225000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha		mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	2.2	1	0	68	3.8		2.2	1	0.05	66	3.9
Zuidplas	2.4	1	0	72	4.2		2.4	1	0.05	70	4.4
Inlaat	2.8	1	0	79	4.9		2.8	1	0.05	76	5.1
Polder	4.9	1	0	110	7.4		4.9	1	0.05	108	7.6
Grecht	6.6	1	0	133	8.7		6.6	1	0.05	130	8.8

in	zonder achtergrondconcentratie						met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak		Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
365000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha		mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	2.2	1	0	68	6.2		2.2	1	0.05	66	6.4
Zuidplas	2.4	1	0	72	6.8		2.4	1	0.05	70	7.1
Inlaat	2.8	1	0	79	8.0		2.8	1	0.05	76	8.2
Polder	4.9	1	0	110	12.0		4.9	1	0.05	108	12.3
Grecht	6.6	1	0	133	14.0		6.6	1	0.05	130	14.3

Fosfaat Cuit 0,15 mg/l

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
139000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	0.088	0.15	0			0.088	0.15	0.05		
Zuidplas	0.21	0.15	0	10.8	0.8	0.21	0.15	0.05	7.7	1.1
Inlaat	0.11	0.15	0			0.11	0.15	0.05		
Polder	0.49	0.15	0	17.3	2.6	0.49	0.15	0.05	13.8	3.2
Grecht	0.41	0.15	0	15.6	2.2	0.41	0.15	0.05	12.2	2.8

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
208500 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	0.088	0.15	0			0.088	0.15	0.05		
Zuidplas	0.21	0.15	0	10.8	1.1	0.21	0.15	0.05	7.7	1.6
Inlaat	0.11	0.15	0			0.11	0.15	0.05		
Polder	0.49	0.15	0	17.3	3.9	0.49	0.15	0.05	13.8	4.9
Grecht	0.41	0.15	0	15.6	3.4	0.41	0.15	0.05	12.2	4.2

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
225000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	0.088	0.15	0			0.088	0.15	0.05		
Zuidplas	0.21	0.15	0	10.8	1.2	0.21	0.15	0.05	7.7	1.7
Inlaat	0.11	0.15	0			0.11	0.15	0.05		
Polder	0.49	0.15	0	17.3	4.2	0.49	0.15	0.05	13.8	5.3
Grecht	0.41	0.15	0	15.6	3.6	0.41	0.15	0.05	12.2	4.6

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
365000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	0.088	0.15	0			0.088	0.15	0.05		
Zuidplas	0.21	0.15	0	10.8	2.0	0.21	0.15	0.05	7.7	2.8
Inlaat	0.11	0.15	0			0.11	0.15	0.05		
Polder	0.49	0.15	0	17.3	6.9	0.49	0.15	0.05	13.8	8.5
Grecht	0.41	0.15	0	15.6	5.9	0.41	0.15	0.05	12.2	7.4

Fosfaat Cuit 0,05 mg/l

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
139000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	0.09	0.05	0	4.1	1.3	0.088	0.05	0.02	2.8	1.8
Zuidplas	0.21	0.05	0	6.7	3.1	0.21	0.05	0.02	5.2	4
Inlaat	0.11	0.05	0	4.6	1.8	0.11	0.05	0.02	3.3	2.4
Polder	0.49	0.05	0	11.6	4.9	0.49	0.05	0.02	9.6	5.8
Grecht	0.41	0.05	0	10.3	4.5	0.41	0.05	0.02	8.5	5.4

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
208500 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	0.09	0.05	0	4.1	1.9	0.088	0.05	0.02	2.8	2.8
Zuidplas	0.21	0.05	0	6.7	4.7	0.21	0.05	0.02	5.2	6
Inlaat	0.11	0.05	0	4.6	2.7	0.11	0.05	0.02	3.3	3.7
Polder	0.49	0.05	0	11.6	7.3	0.49	0.05	0.02	9.6	8.6
Grecht	0.41	0.05	0	10.3	6.8	0.41	0.05	0.02	8.5	8.1

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
225000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	0.09	0.05	0	4.1	2.1	0.088	0.05	0.02	2.8	3.0
Zuidplas	0.21	0.05	0	6.7	5.1	0.21	0.05	0.02	5.2	6.5
Inlaat	0.11	0.05	0	4.6	2.9	0.11	0.05	0.02	3.3	3.9
Polder	0.49	0.05	0	11.6	7.9	0.49	0.05	0.02	9.6	9.3
Grecht	0.41	0.05	0	10.3	7.3	0.41	0.05	0.02	8.5	8.8

in	zonder achtergrondconcentratie					met achtergrondconcentratie				
	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak	Cin	Cuit	C*	retentie	oppervlak
365000 m3	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha	mg/L	mg/L	mg/L	kg/ha	ha
Noordplas	0.09	0.05	0	4.1	3.4	0.088	0.05	0.02	2.8	4.8
Zuidplas	0.21	0.05	0	6.7	8.3	0.21	0.05	0.02	5.2	10.5
Inlaat	0.11	0.05	0	4.6	4.6	0.11	0.05	0.02	3.3	6.4
Polder	0.49	0.05	0	11.6	12.8	0.49	0.05	0.02	6.9	15.1
Grecht	0.41	0.05	0	10.3	11.8	0.41	0.05	0.02	8.5	14.2