

# Nader onderzoek zwemwateren Twente ter bestrijding van blauwalgoverlast

Het Hulsbeek



Rapport 2010-042

R. Bijkerk  
G.H. Bonhof  
H. Boonstra  
M.J. van Herk  
G. Mulderij  
G. Wolters



koeman en bijkerk bv  
ecologisch onderzoek en advies



# Nader onderzoek zwemwateren Twente ter bestrijding van blauwalgoverlast

Het Hulsbeek

Rapport 2010-042

R. Bijkerk  
G.H. Bonhof  
H. Boonstra  
M.J. van Herk  
G. Mulderij  
G. Wolters

**koeman en bijkerk bv**

ecologisch onderzoek en advies

bezoekadres	oosterweg 127 Haren
postadres	postbus 111 9750 AC Haren
telefoon	050 8200018
telefax	050 8200013
email	<a href="mailto:info@koemanenbijkerk.nl">info@koemanenbijkerk.nl</a>
website	<a href="http://www.koemanenbijkerk.nl">www.koemanenbijkerk.nl</a>



## Colofon

Opdrachtgever	Waterschap Regge en Dinkel Kooikersweg 1, 7609 PZ Almelo
Titel	Nader onderzoek zwemwateren Twente ter bestrijding van blauwalgoverlast
Subtitel	Het Hulsbeek
Auteurs	R. Bijkerk, G.H. Bonnhof, H. Boonstra, M.J. van Herk, G. Mulderij, G. Wolters
Datum	27 mei 2011
Pagina's (inclusief bijlagen)	76
Opdrachtnr	5016404
Projectnr	2009-076
Rapportnr	2010-042
Status	Definitief
Akkoord	Dr. J.H. Wanink
Paraaf	

Foto omslag: Het Hulsbeek, gezicht op de zwemvijvers, 14 oktober 2009.

Deze publicatie kan geciteerd worden als:

Bijkerk, R., G.H. Bonnhof, H. Boonstra, M.J. van Herk, G. Mulderij & G. Wolters. 2010.  
Nader onderzoek zwemwateren Twente ter bestrijding van blauwalgoverlast: Het  
Hulsbeek. Rapport 2010-042. Koeman en Bijkerk bv, Haren.

© Koeman en Bijkerk bv / Waterschap Regge en Dinkel

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Koeman en Bijkerk bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Koeman en Bijkerk bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede schade welke voortvloeit uit toepassingen van resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Koeman en Bijkerk bv; opdrachtgever vrijwaart Koeman en Bijkerk bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.



# Inhoudsopgave

Voorwoord	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Doelstelling	11
1.3 Opzet	12
1.4 Leeswijzer	12
2 Methodiek	13
2.1 Gebiedsbeschrijving	13
2.2 Onderzoek	15
2.3 Fytoplankton	17
2.4 Vegetatie	18
2.5 Vis	19
2.6 Overige gegevens	20
2.7 Statistische analyses en interpretatie	20
2.8 Uitvoering en verantwoording	20
3 Blauwalgen	21
3.1 Biologie en ecologie	21
3.2 Stuurfactoren	23
4 Bespreking van de resultaten	27
4.1 Fytoplankton	27
4.2 Waterplanten	31
4.3 Vis	33
4.4 Watervogels	37
4.5 Herkomst en ionensamenstelling van het water	37
4.6 Watertemperatuur en zuurgraad	39
4.7 Nutriënten en chlorofyl-a	40
4.7.1 Algemeen	40
4.7.2 Fosfaat	41
4.7.3 Stikstof	45
4.7.4 Chlorofyl-a en doorzicht	46
4.7.5 Nutriëntenlimitatie en fytoplanktonopbrengst	47
4.8 Waterbodemkwaliteit	49
4.9 Grondwaterkwaliteit	49
4.10 Regenwaterkwaliteit	50

5	Ecologisch functioneren en blauwalgproblematiek	53
5.1	Ecologische kwaliteit en referentie	53
5.2	Ecologisch functioneren	55
5.2.1	Productiviteit	55
5.2.2	Nutriëntenhuishouding	56
5.2.3	Andere processen	57
5.3	Zwemwaterproblemen in Het Hulsbeek	57
5.3.1	Blauwalgproblematiek	57
5.3.2	Zwemmersjeuk	58
6	Mogelijke maatregelen	59
6.1	Motivatie keuze maatregelen	59
6.2	Vermindering fosfaatbelasting op zwemvijvers	59
6.3	Instandhouden en verbeteren huidige ecologische toestand	60
6.4	Voorkomen van drijfslagen	60
6.5	Bestrijden overlast drijfslagen	61
7	Literatuur	63
	Verklarende woordenlijst	65
	Bijlage I Inrichting van het recreatiepark Het Hulsbeek	67
	Bijlage II Lengte-frequentieverdeling van vis in de zwem- en surfvijver	69
	Bijlage III Lengte-frequentieverdelingen van vis in de schaatsvijver	73



## Voorwoord

In dit rapport presenteren we de resultaten van onderzoek aan de recreatieplas Het Hulsbeek. Het doel van dit onderzoek is vaststellen wat de oorzaken zijn van blauwalgoverlast en welke maatregelen men kan nemen om deze overlast te bestrijden.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en in samenwerking met het Waterschap Regge en Dinkel. Bij het verzamelen van gegevens is dankbaar gebruik gemaakt van informatie van de beheerder van Het Hulsbeek en van de inzet van de beroepsvissers G. Postma, J. Veenstra en M. Vos bij de visbestandsopname.

We danken onze contactpersoon bij het waterschap, M. Geerink, en de beheerder van Het Hulsbeek, B. Waanders, voor de prettige samenwerking en hun commentaar op een eerder concept van dit rapport. Tevens zijn wij erkentelijk voor het commentaar van G. Meijerink van het waterschap en J. van Druten van de Provincie Overijssel. Ten slotte danken wij dr. M. Lurling van de leerstoelgroep Aquatische ecologie en waterkwaliteitsbeheer van Wageningen UR, voor zijn opmerkingen en adviezen.

Haren, 27 mei 2011

namens de auteurs,

Ronald Bijkerk



## Samenvatting

### Aanleiding

Het Hulsbeek is een belangrijke recreatieplas bij Oldenzaal. Het is een voormalige zandwinplas met een oppervlakte van 15.9 hectare, een gemiddelde diepte van omstreeks drie meter en een maximale diepte van 4.5 meter. In de afgelopen vier jaren is hier bijna elke zomer sprake geweest van een doorgaans kortdurende vorming van drijfslagen. In 2006 leidde dit tot een zwemverbod. De dominante alg in deze drijfslagen is steeds de potentieel toxische soort blauwalg *Anabaena lemmermannii* geweest.

Overlast van dergelijke blauwalgen levert niet alleen een risico op voor de gezondheid van zwemmers, maar kan ook leiden tot economische schade voor de recreatieondernemer, zeker als besloten wordt tot een zwemverbod. Daarom heeft het Waterschap Regge en Dinkel besloten tot de uitvoering van het project Nader Onderzoek Zwemwateren. Doel van dit project was het vaststellen van de oorzaken van blauwalgoverlast en het doen van aanbevelingen om deze te beperken. In het kader van dit onderzoek is in de periode april 2009 tot en met mei 2010 een intensieve monitoring uitgevoerd van waterkwaliteit en fytoplankton en is de vegetatie geïnventariseerd.

### Resultaten

Uit het onderzoek blijkt dat de gemiddelde hoeveelheid potentieel toxische blauwalgen in de waterkolom van Het Hulsbeek in de loop van april 2009 tot april 2010 zeer laag was. Toch zijn ook in deze periode drijfslagen vastgesteld op één dag in mei en op drie dagen in juli. Deze zijn ontstaan door accumulatie van algen aan het wateroppervlak, vermoedelijk gevolgd door opwaaiing naar de zwemstrandjes.

De totale fytoplanktonbiomassa in Het Hulsbeek (gemeten als gehalte chlorofyl-a) is laag en de zomergemiddelde waarde voldoet aan de goede ecologische toestand volgens de Europese Kaderrichtlijn Water. Het zomergemiddelde totaal-fosfaatgehalte bedraagt in de relatief diepe surfvijver 0.036 mg P/l, maar is in de ondiepere zwemvijvers hoger: 0.048 tot 0.059 mg P/l. De werknorm voor de goede ecologische toestand is 0.038 mg P/l en de milieukwaliteitseis vanuit het waterschap is  $\leq 0.04$  mg P/l. De achtergrondconcentratie hebben we geschat op circa 0.02 mg P/l.

Ondergedoken waterplanten zijn gevonden tot op een diepte van 2.7 meter. Hieruit hebben we een doorzicht afgeleid van 2.3 meter, wat overeen komt met het zomergemiddeld doorzicht uit de metingen in de surfvijver. De bedekking van waterplanten is veel lager dan mogelijk, als gevolg van een maaibeheer in de zwemzone.

Het Hulsbeek wordt gevoed door regenwater en ondiep grondwater. De fosfaatbelasting vanuit het regenwater is laag (0.017 mg P/m<sup>2</sup>/d). De fosfaatgehalten in het diepe grondwater bedragen 0.20 mg P/l, die van het ondiepe grondwater zijn niet bekend. Omdat het uitsluitend het ondiepe grondwater is dat in Het Hulsbeek opkwelt en we op grond van de beschikbare gegevens geen waterbalans kunnen opstellen, is de fosfaatbelasting vanuit het grondwater nu niet te kwantificeren. Gezien het feit dat de

fosfaatgehalten in de surfvijver beneden de norm liggen, vermoeden we dat deze belasting laag is en beneden de kritische belasting voor deze plas.

De hogere zomergemiddelde fosfaatgehalten in de zwemvijvers zijn het gevolg van sterk verhoogde gehalten in de maanden juli-augustus. Dit is een opvallend verschijnsel omdat deze verhogingen niet terug gevonden zijn in de surfvijver. De toename van het fosfaatgehalte gaat gepaard met een evenredige toename van het chlorofyl-a-gehalte (de maat voor de algenbiomassa).

We vermoeden dat deze verhogingen veroorzaakt worden door de recreatie (opwoeling van bodemmateriaal, uitscheiding), door afspoeling van meststoffen van de ligweiden, of door het maaibeheer in de zwemzone.

#### *Maatregelen voor bestrijding blauwalgoverlast*

Aanbevelingen om de blauwalgoverlast tegen te gaan richten zich op het verminderen van de belasting en beschikbaarheid van fosfaat (baggeren van de schaatsvijver, afvoer van overtollig water via de schaatsvijver, toediening van calcium- en ijzerrijk grondwater), het instandhouden van de huidige, goede ecologische toestand, het bevorderen van de groei van waterplanten buiten de ondiepe zwemzone, en het afzuigen van drijfslagen. Besproeiing met waterstofperoxide doodt de algen, maar doet de drijfslagen niet meteen verdwijnen. Bovendien leidt het tot een tijdelijke verhoging van het gehalte aan gifstoffen. Toepassing in het zwemseizoen is daarom af te raden.

#### *Aanbevelingen voor onderzoek*

Vermoedelijk is de fosfaatbelasting op Het Hulsbeek lager dan de kritische belasting (het belastingniveau waarbij de kans op een omslag naar een troebel, planktongedomineerd systeem reëel is). Het is daarom niet nodig om de belangrijkste fosfaatbronnen vast te stellen en de omvang van deze in de totale fosfaatbelasting te verminderen. Toch kan het zinvol zijn om een betrouwbare fosfaatbalans voor de plas op te stellen. Met zo'n balans krijgt men inzicht in:

- het belang van de verschillende fosfaatbronnen die de groei van algen en waterplanten in Het Hulsbeek sturen;
- in de robuustheid van het watersysteem ten opzichte van eventuele toekomstige ontwikkelingen in het beheer, in de omgeving of in het klimaat.

Voor een goede fosfaatbalans zijn nodig een betrouwbare waterbalans en goede schattingen van de fosfaatvrucht uit de diverse bronnen, zoals grondwater, afstroming en nalevering.

Voor een passende monitoring van de waterkwaliteit van deze mesotrofe plas, zou de detectielimiet van sommige waterkwaliteitsparameters, zoals fosfaat en chlorofyl-a, verlaagd moeten worden.

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

In het beheergebied van het Waterschap Regge en Dinkel liggen drie dagrecreatieparken die door de provincie zijn aangewezen als openbaar zwemwater: Het Rutbeek, Het Hulsbeek en Het Lageveld. Deze recreatieparken worden beheerd door de Regio Twente. Het waterschap is verantwoordelijk voor het onderzoek naar de kwaliteit van deze zwemwateren en voor de ecologische en chemische oppervlaktewaterkwaliteit (WRD 2010). In de plassen gelden de Milieukwaliteitseisen voor het watertype zandwinplas (M16). In de afgelopen jaren zijn ook de zwemwateren van de Regio Twente van tijd tot tijd het toneel geweest van blauwalgoverlast. Dit vormt een risico voor de volksgezondheid en leidt tot economische schade voor de recreatieondernemer, wanneer blauwalgoverlast uitmondt in een negatief zwemadvies of zwemverbod.

In het recente verleden zijn diverse experts benaderd en literatuurstudies uitgevoerd met het doel deze blauwalgenproblematiek aan te pakken. De conclusie was steeds dat het moeilijk is een oorzaak aan te wijzen voor de blauwalgoverlast. Voor zover bekend zijn de zwemplassen te karakteriseren als zwak-eutrofe wateren en gaat het om blauwalgsoorten die voor deze wateren kenmerkend zijn. Het is tot dusver niet mogelijk gebleken om factoren te benoemen die bij het ontstaan van deze overlast een rol spelen. Wat wel blijkt is dat de feitelijk beschikbare informatie gering is en de uitspraken over de waterkwaliteit veelal gebaseerd moeten worden op vermoedens, beperkte metingen en verouderde gegevens. Dit is aanleiding geweest voor een nader onderzoek.

Het Waterschap Regge en Dinkel, de Provincie Overijssel en de Regio Twente zijn in 2009 een nader onderzoek (Nader Onderzoek Zwemplassen, NOZ) gestart in drie zwemplassen: Het Hulsbeek (Oldenzaal), Het Rutbeek (Enschede) en Het Lageveld (Wierden).

## 1.2 Doelstelling

Het project Nader Onderzoek Zwemplassen moet inzicht geven in het watersysteem van de zwemplassen, kwaliteit, hydrologie, in- en externe beïnvloeding, zodat het optreden van blauwalgenproblemen verklaard kan worden. Op grond van dit inzicht kunnen vervolgens maatregelen worden ontwikkeld om blauwalgoverlast te voorkomen.

Voor het onderzoek heeft het waterschap de volgende doelstellingen geformuleerd:

- 1) inzicht krijgen in het watersysteem van de drie zwemplassen, waarbij onder watersysteem verstaan wordt:
  - de water- en waterbodempkwaliteit (biologisch en fysisch chemisch);
  - de hydrologie;
  - de interne en externe beïnvloeding van de wateren (bijvoorbeeld beheer);

- 2) voldoende gegevens verkrijgen waarmee nu of in de toekomst de oorzaak van blauwalgenbloei en overlast verklaard kan worden;
- 3) een overzicht krijgen van maatregelen die genomen kunnen worden om de blauwalgenoverlast te beperken of te bestrijden (bij voorkeur aan de bron en anders bij het beheer).

### **1.3 Opzet**

Het project NOZ diende een analyse te omvatten van bestaande en nieuwe gegevens. Door het waterschap is een aanvullend meetprogramma opgesteld met een looptijd van één jaar, dat startte in april 2009 (Waterschap Regge en Dinkel 2009). Daarnaast zijn gegevens verzameld van derden, waaronder de beheerder (Regio Twente) en het RIVM.

### **1.4 Leeswijzer**

Dit rapport geeft de resultaten van het onderzoek in de zwemplas Het Hulsbeek. In hoofdstuk 2 beschrijven we eerst het gebied, de functies en het beheer en presenteren we de gebruikte onderzoeksmethoden. Daarna geven we in hoofdstuk 3 wat achtergrondinformatie over blauwalgen. Vervolgens beschrijven we in hoofdstuk 4 de huidige toestand en het functioneren van het watersysteem en in hoofdstuk 5 aard en oorzaken van de blauwalgoverlast. In hoofdstuk 6 noemen we de mogelijke maatregelen om deze overlast te bestrijden.

Een verklarende woordenlijst is opgenomen achterin het rapport.

## 2 Methodiek

### 2.1 Gebiedsbeschrijving

#### Hydromorfologie en inrichting

Het recreatiepark Het Hulsbeek ligt aan de Almeloseweg ten westen van Oldenzaal. Het park omvat drie plassen (figuur 1). De grootste in het noordelijk deel van het park is deels ingericht als zwemplas en deels als surfvijver (bijlage 1). Het onderzoek richt zich in hoofdzaak op deze plas, waar vier meetpunten gesitueerd zijn. De plas heeft een wateroppervlak van 15.9 hectare en een oeverlengte van 5.6 kilometer. Op de oevers zijn zonneweiden, grasland en bos aanwezig. Twee andere plassen in het zuidelijk deel van het gebied zijn ingericht als schaats- en roeivijver, respectievelijk visvijver. De schaatsvijver staat via twee smalle en ondiepe doorgangen in verbinding met de zwemplas. De visvijver is van de zwemplas geïsoleerd.

De zwemvijvers zijn maximaal 3.5 meter diep en de surfvijver maximaal 4.5 meter. De bodem bestaat voor het grootste deel uit zand. Langs de zuidelijke oever waar de bomen vlak langs het water staan, liggen veel ingevallen bladeren en takken op de bodem. De onderwatertaluds zijn plaatselijk erg steil. De oevers in het middelste en noordoostelijke deel van de zwemplas zijn met uitzondering van de stranden voor het grootste deel beschoeid (figuur 2). De oevers van de surfvijver en de zuidelijke oever van de middelste zwemvijver (ter hoogte van locatie 16-703) zijn natuurlijker van aard (figuur 2) al is ook hier het onderwatertalud steil.



**Figuur 1** Overzichtsfoto van Het Hulsbeek (bron: Google Earth)



**Figuur 2** Links: beschoeide oever van de zwemvijver en rechts: natuurlijke oever van de surfvijver.

De schaatsvijver heeft een oppervlak van circa twee hectare en is 0.3 tot één meter diep. De bodem is voor het grootste gedeelte bedekt met een sliblaag die op sommige plekken een dikte heeft van meer dan vijftig centimeter. De oevers van de schaatsvijver zijn voor een deel beschoeid (figuur 3) en voor het overige deel natuurlijk. De oevers zijn over het algemeen sterk begroeid met struiken en bomen wat voor veel beschaduwing zorgt. Het Hulsbeek is ontstaan door zandwinning. De Heidemaatschappij begon eind jaren zestig van de vorige eeuw met het graven van de surf- en zwemvijvers. Sinds beginjaren zeventig wordt hier gezwommen. De zwemplas en de schaatsvijver staan niet in verbinding met ander oppervlaktewater. In tijden van hoog water kan er via een overlaat beperkt water worden geloosd. Sinds het stopzetten van de grondwateronttrekking is de grondwaterstand in het gebied gestegen.



**Figuur 3** De schaatsvijver; links: beschoeide oever en rechts: beschaduwde, natuurlijke oever.

### Gebruiksfuncties

Het Hulsbeek heeft diverse recreatieve functies waarvan zwemmen de meest belangrijke functie is. Daarnaast mag er in de surfvijver en in het zuidelijke deel van de zwemvijver ter hoogte van monsterpunt 16-703 gevist worden, maar gebruik van lokvoer is verboden. Tevens kan men op de zwemvijvers met kano's varen.



## Beheer en onderhoud

### *Regulier onderhoud*

De plas wordt in de wintermaanden wekelijks en in de zomermaanden dagelijks onderhouden. Hierbij ruimt men zwerfafval op en verwijdert men dode dieren (vissen en vogels). In de zomermaanden wordt het strand gecultiveerd en bemest men de zonneweiden met kunstmest. De zonneweiden worden in de zomerperiode regelmatig gemaaid. In de zwemzones delen verwijdert men regelmatig delen van de onderwatervegetatie.

### *Maatregelen gericht op verbetering waterkwaliteit*

In 2006 trad in de schaats- en roeivijver (figuur 1) de eerste algenbloei op. Om te voorkomen dat de bloei zich over de rest van de plassen zou verspreiden zijn in beide doorgangen naar de zwem- en surfvijvers damwanden geplaatst. Dit bleek toen niet effectief te zijn.

## 2.2 Onderzoek

### Algemeen

Het hier beschreven onderzoek heeft zich vooral gericht op de zwem- en surfvijvers van Het Hulsbeek zelf. Hier liggen de meetpunten 16-701, 16-702, 16-703 en 16-706 (figuur 1). Daarnaast is ook de schaatsvijver onderzocht op vegetatie en vis. De visvijver is in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

Voor het project Nader Onderzoek Zwemwateren (NOZ) is een meetprogramma uitgevoerd in de periode april 2009 tot en met april 2010. In het verleden zijn in Het Hulsbeek op enkele momenten eveneens wat meer uitgebreide fysisch-chemische bemonsteringen uitgevoerd in het kader van het routinematige Kwaliteitsmeetnet Oppervlaktewater (in mei 1995, maart, april en augustus 2000, januari, april, juli en oktober 2004 op het meetpunt 16-701, en juli 2006 op 16-701, 16-702 en 16-703). Ook hiervan hebben we resultaten gebruikt voor onze analyse van het ecologisch functioneren van het watersysteem. Gegevens verzameld in het kader van de zwemwatercontrole zijn beschikbaar vanaf 1992. Hierbij gaat het om de parameters temperatuur, zuurgraad, doorzicht en bacteriële verontreiniging, op de ondiepe meetpunten 16-701, 16-702 en 16-703 (figuur 1). Met ingang van 1997 zijn hier waarnemingen van geur, kleur en schuim aan toegevoegd. Van deze dataset hebben we alleen de gegevens over temperatuur en zuurgraad gebruikt.

### Waterkwaliteit

In het kader van het project NOZ is het oppervlaktewater in de periode april 2009 tot en met mei 2010 bemonsterd door het Waterschap Regge en Dinkel (WRD), op de vier hierboven genoemde meetpunten. Op de meetpunten 16-701 en 16-706 is op tien bemonsteringsdata zowel aan het oppervlak (0-30 cm diepte) als vlak boven de bodem een watermonster genomen voor analyse. De monsters zijn geanalyseerd op diverse parameters waaronder de gebruikelijke algemene parameters, zoals temperatuur, zuurgraad, geleidbaarheid bij 25 °C en zuurstof, de gebruikelijke nutriëntenparameters en chlorofyl-a en daarnaast de gehalten van macro-ionen en zwevende stof. Niet op alle

punten echter is steeds het volledige pakket uitgevoerd. De van toepassing zijnde detectielimieten staan in tabel 1. Waarden beneden de detectielimiet zijn in onze analyse en presentatie gelijk gesteld aan de detectielimiet.

Wat het doorzicht betreft hebben we alleen de waarnemingen op het meetpunt 16-706 gebruikt. De metingen op de ondiepe punten geven vermoedelijk altijd de waterdiepte ter plaatse, omdat op deze punten doorgaans sprake zal zijn van bodemzicht.

### Waterbodemkwaliteit

Op 25 september 2009 heeft het WRD op de meetpunten 16-701 en 16-706 monsters genomen van de waterbodem. De monsters zijn vervolgens geanalyseerd op de parameters BZV<sub>5</sub> (biochemisch zuurstofverbruik gedurende vijf dagen), droge stof, Kjeldahl-stikstof en totaal-fosfaat.

### Grondwaterkwaliteit

Het waterschap heeft gegevens aangeleverd over de grondwaterkwaliteit. Metingen die jonger zijn dan tien jaar zijn er alleen van een punt bij Almelo (x = 240.850, y = 486.100), één bij Oldenzaal (x = 257.338, y = 483.500) en één in het Boekelerveld (x = 251.020, y = 467.910). Voor Het Hulsbeek hebben we de metingen bij Oldenzaal gebruikt. Het meetpunt ligt in het Lemselerveld, op circa 2.5 kilometer ten noorden van de zwemplas.

### Regenwaterkwaliteit

Gegevens over de kwaliteit van het regenwater zijn ontleend aan het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (voorheen Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling). Dit meetnet wordt beheerd door het RIVM. Het dichtstbijgelegen meetpunt is Eibergen (station 722; x = 238.5, y = 456.6; zie Stolk 2001).

**Tabel 1** Detectielimieten van parameters waarvan de waarden in de onderzoeksperiode minstens één keer beneden de detectielimiet lagen.

Parameter	Periode	Detectielimiet
Ammoniak	2009-2010	0.01 mg/l
Ammonium	2000-2010	0.1 mg/l
Chlorofyl-a	2004-2006	< 3 µg/l
	2009-2010	5 µg/l
Totaal fosfaat	1995	0.02 en 0.03 mg/l
	2002-2010	0.03 mg/l
IJzer	2009-2010	0.02 en 0.05 mg/l
Nitraat	2004-2010	0.1 mg/l
Nitriet	2000	0.02 mg/l
	2009-2010	0.01 mg/l
Ortho-fosfaat	1995	0.03 mg/l
	2004	0.01 mg/l
	2009-2010	0.02 mg/l
Stikstof Kjeldah	1995	< 0.2 mg/l
	2000-2004	1 mg/l
	2007-2010	< 0.6 mg/l

## 2.3 Fytoplankton

### Bemonstering

#### *Waterkolom*

In de periode april 2009 tot en met april 2010 is het fytoplankton vrijwel maandelijks door het WRD bemonsterd op twee vaste meetpunten: 16-701 en 16-706. Alleen in januari en februari 2010 zijn geen monsters genomen vanwege de ijsgang. De bemonstering is uitgevoerd met een twee liter Ruttner-waterhapper (figuur 4). Hiermee zijn op meerdere diepten in de waterkolom monsters genomen die samengenomen zijn tot een mengmonster. De fytoplanktonmonsters werden direct geconserveerd met alkalische lugol.

#### *Drijfslagen*

Wanneer een drijfslag aanwezig was is een aanvullende bemonstering uitgevoerd door de beheerder of het WRD. Hierbij werd een beetje van de drijfslag overgebracht in een potje. Het materiaal werd niet geconserveerd maar levend verstuurd naar het laboratorium van Koeman en Bijkerk bv voor analyse.

### Analyse

#### *Waterkolommonsters*

De analyse van de 'gewone' fytoplanktonmonsters omvatte een bepaling van de soortensamenstelling en abundantie van bezinkingsfytoplankton met behulp van een omkeermicroscop volgens NEN-EN 15204 (Utermöhl-methode). De monsters zijn onderzocht in helderveld, met gebruikmaking van een korte-werkafstand condensor (numerieke apertuur 0.55 en hoogwaardige planapo-objectieven. Bij de analyse werden circa tweehonderd waarnemingen gedetermineerd, verdeeld over meerdere subvolumina en bij vergrotingen van 200× en 600×. Het uiteindelijke aantal waarnemingen is afhankelijk van de soortenrijkdom in het monster (hoe meer soorten, hoe meer waarnemingen en omgekeerd; zie Bijkerk 2010 paragraaf 7.3.3). De aangetroffen algen zijn zoveel mogelijk tot op soortniveau gedetermineerd. Uit het aantal waarnemingen en getelde cellen en de grootte van het onderzochte deelvolumen is de dichtheid berekend in cellen per ml en individuen per ml. Uit het aantal cellen per ml en een gemiddeld biovolume per cel (afgeleid uit eigen gegevens), is het biovolume per taxon berekend in mm<sup>3</sup> per liter. Deze informatie is nodig om het aandeel van functionele fytoplankton-groepen (waaronder groepen van blauwalgen) op een ecologisch zinvolle manier te vergelijken met abiotische factoren, zoals fosfaat- en stikstofgehalten en het lichtklimaat.

#### *Drijfslagmonsters*

De analyse van drijfalgen is eveneens uitgevoerd met behulp van een omkeermicroscop bij vergrotingen van 200× en 600×. Dit is een kwalitatieve analyse geweest, gericht op het vaststellen van de dominante en minder talrijke soorten verantwoordelijk voor de drijfslag.



**Figuur 4** Bemonstering van fytoplankton met de Ruttner waterhapper door het Waterschap Regge en Dinkel.

## 2.4 Vegetatie

Op twee tijdstippen zijn door Koeman en Bijkerk vegetatieopnames gemaakt: op 25 juni en 19 augustus 2009. De oevervegetatie, gedefinieerd volgens de criteria in het Handboek Hydrobiologie (Bijkerk 2010 tabel 11A.4), is opgenomen door de oever in zijn geheel af te lopen of te varen. De watervegetatie is onderzocht door raaien te varen loodrecht op en parallel aan de oever, en om de twee tot vijf meter te bemonsteren met een werphark. De maximale diepte waarop nog waterplanten werden aangetroffen werd steeds genoteerd. Op basis van deze bemonstering is het bedekkingspercentage per watervegetatielaag geschat voor het gehele begroeibare areaal (voor dit type meer, M16, het areaal tussen de ondergrens van de oeverbegroeiing en de 4.5 meter dieptelijn bij zomerpeil; Bijkerk 2010 tabel 11A.2). Daarnaast is de abundantie van aangetroffen plantensoorten weergegeven volgens de negendelige STOWA-schaal (Bijkerk 2010 tabel 11.3) Van niet met zekerheid in het veld te determineren kranswieren en mossen zijn enkele exemplaren verzameld voor determinatie in het lab. Kranswieren zijn voor controle opgestuurd aan de heer E. Nat van het Landelijk Informatiecentrum voor Kranswieren.

## 2.5 Vis

Een visbestandsopname is uitgevoerd op 13 en 14 oktober 2009 door Koeman en Bijkerk bv in samenwerking met drie gecertificeerde beroepsvissers: G. Postma, J. Veenstra en M. Vos, allen uit Groningen. De bestandsopname is uitgevoerd volgens de zogenaamde Bevist-Oppervlak-Methode (BOM; Klinge *et al.* 2003, Bijkerk 2010 H13). Bij deze methode bevist men een bekend deel van het oppervlak van het water met één of meer vangtuigen die actief door het water worden bewogen. Aan de hand van de verzamelde gegevens en het bekende rendement van de vangtuigen, schat men vervolgens de visstand door een extrapolatie naar het hele water te maken.

Het Hulsbeek is voor de opname opgesplitst in twee deelgebieden (zie paragraaf 4.3). Van de zwem- en surfvijvers zijn de ondiepe delen van het open water bemonsterd met een 250 meter lange zegen met een vissende hoogte van 3.5 meter. De diepere delen zijn in het donker (na 20:00 uur) bemonsterd met een stortkuil. De oevers zijn vanuit een boot bevist met een elektrovisapparaat, aangedreven door een generator. Tabel 2 geeft een overzicht van de uitgevoerde trekken. De gehanteerde bemonsteringsinspanning voldoet zowel voor het open water als voor de oever ruimschoots aan de gestelde eisen, te weten minimaal 10% van zowel het open water als de oever. De schaatsvijver alleen elektrisch bemonsterd, vanwege de slechte bereikbaarheid voor onze motorboten, de geringe diepte van deze plas en de aanwezigheid van veel slib.

**Tabel 2** Bemonsterd oppervlak/oeverlengte per traject in Het Hulsbeek.

Zegnetrek (Z) Kuiltrek (K)	Oppervlak ha	Locatie/Opmmerkingen
Z1	0.50	Noordelijke zw emvijver (16-701), zuidkant
Z2	0.50	Middelste zw emvijver bij paviljoen
Z3	0.50	Noordelijke zw emvijver (16-701), noordkant
Z4	0.50	Noordelijke zw emvijver (16-702)
Z5	0.50	Middelste zw emvijver (16-703), noordkant
K1	0.16	Noordelijke zw emvijver van oost naar brug toe
K2	0.20	Middelste zw emvijver van oost naar west
K3	0.32	Surfvijver van noord naar zuid
K4	0.32	Surfvijver van zuid naar noord
Totaal	3.50	18% van totale oppervlakte (20 ha)

Elektrovis traject	Oeverlengte m	Locatie/Opmmerkingen
E1	200	Westelijke oever van surfvijver
E2	700	Westelijke oever van surfvijver
E3	200	Oostelijke oever van surfvijver
E4	100	Zw emvijver bij paviljoen
E7	400	Beschoeide oevers zw emvijvers
E5	350	Oostelijke deel schaatsvijver
E6	250	Westelijke deel schaatsvijver en doorgang
Totaal	2200	39% van totale lengte (5.6 km)

## 2.6 Overige gegevens

Gegevens over het beheer zijn verkregen van de beheerders werkzaam bij de Regio Twente. Gegevens over watervogels zijn afkomstig van de Twentse Vogelwerkgroep en verzameld en beschikbaar gesteld door het WRD.

## 2.7 Statistische analyses en interpretatie

In onze analyse hebben we ons gericht op stuurfactoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van potentieel toxische blauwalgen (zie ook Bijkerk 2005). Om mogelijke stuurfactoren te identificeren zijn we uitgegaan van de fytoplanktonontwikkeling in 2009-2010, waarbij de algensoorten zijn ingedeeld in functionele groepen volgens Reynolds (2006) en Padisak *et al.* (2009); zie tabel 3 en 5. Voor de overzichtelijkheid zijn functionele groepen met deels overeenkomstige eigenschappen in de presentatie (figuur 11) geclusterd.

De grootte van de stuurfactoren (o.a. totaal-P-gehalte) en van zogenaamde kengetallen (o.a. de Chla:P-ratio) hebben we beschreven en getoetst aan de ecologie van deze blauwalgen en aan algemene statistische modellen (onder andere Portielje & Van der Molen 1999, Bijkerk 2005). Verder hebben we gezocht naar trends in deze factoren en verschillen binnen de plas. Trends en verschillen zijn onderzocht op significantie met behulp van het programma SigmaPlot 11.0, met gebruikmaking van non-parametrische toetsen als de Wilcoxon rangtekentoeft of de Friedman variantie-analyse, dan wel de parametrische t-toets voor gepaarde waarnemingen of ANOVA, wanneer sprake was van normaal verdeelde variabelen en homogene varianties.

## 2.8 Uitvoering en verantwoording

Het onderzoek is uitgevoerd door een team van medewerkers van Koeman en Bijkerk bv: R. Bijkerk, G.H. Bonhof, H. Boonstra, M.J. van Herk, G. Mulderij en G. Wolters, in samenwerking met het Waterschap Regge en Dinkel. De bemonsteringen van oppervlaktewater en waterbodem zijn uitgevoerd door het laboratorium van het WRD, dat tevens zorg droeg voor de chemische analyses. De visstandbemonstering is uitgevoerd samen met de beroepsvissers: G. Postma, J. Veenstra en M. Vos. De beheerder van Het Hulsbeek vanuit de Regio Twente, B. Waanders, verleende ondersteuning bij het uitvoeren van de bemonsteringen en gaf waardevolle, aanvullende informatie. De Vogelwerkgroep Twente heeft in de periode van het nader onderzoek iedere maand de watervogels in Het Hulsbeek geïventariseerd.

Het project werd vanuit het WRD begeleid door M. Geerink. Door de beheerder van Het Hulsbeek en betrokkenen vanuit het WRD en de Provincie Overijssel is commentaar geleverd op een concept van dit rapport. Het definitieve concept is becommentarieerd door Dr. M. Lurling van de leerstoelgroep Aquatische ecologie en waterkwaliteitsbeheer van Wageningen University and Research centre.

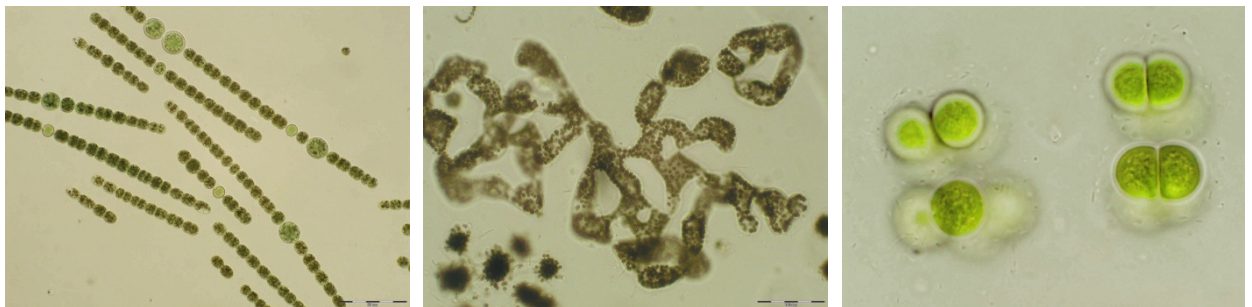
## 3 Blauwalgen

Hieronder geven we wat achtergrondinformatie over blauwalgen. Dit intermezzo is voor een deel gebaseerd op onze tekst voor de STOWA themasite Cyanobacteriën (<http://www.stowa.nl/Themas/Cyanobacterien.aspx>). Op deze themasite staan ook de nieuwsbrieven van de landelijke Werkgroep Cyanobacteriën en informatie over projecten en bijeenkomsten op dit gebied.

### 3.1 Biologie en ecologie

#### Een aparte groep bacteriën

Blauwalgen zijn geen echte algen, maar een aparte groep bacteriën. Een andere naam is cyanobacteriën. Net als de meeste algen en hogere planten kunnen ze energie halen uit zonlicht, en met deze energie anorganische voedingsstoffen omzetten in koolhydraten en zuurstof (fotosynthese). Hiervoor bezitten ze chlorofyl-a en daarnaast kenmerkende andere pigmenten, zoals fycocyanine. De typisch blauwe kleur van dit pigment en hun vermogen tot fotosynthese, hebben geleid tot de naam blauwalgen. Bij blauwalgen is het pigment echter niet gebonden aan bladgroenkorrels, zoals bij 'echte' algen.



**Figuur 5** Voorbeelden van enkele blauwalgen, van links naar rechts: *Anabaena scheremetievii*, *Microcystis wesenbergii* en *Chroococcus limneticus* (Foto's Koeman en Bijkerk bv, RWS Waterdienst).

#### Ecologie

Cyanobacteriën komen in uiteenlopende milieus voor: in zoet en zout oppervlaktewater, in hete bronnen, in bodems, op substraten die maar af en toe vochtig worden en als endosymbiont in bijvoorbeeld sponzen, kroosvarens en sommige korstmossen. Veel soorten blauwalgen kunnen beschouwd worden als echte specialisten, ook een aantal soorten die in het zoetwaterplankton leven (figuur 5). Deze groeien weliswaar langzaam, maar zijn zo goed aangepast aan hun milieu, dat zij andere algensoorten langzaam verdringen. Dit geldt in het bijzonder voor de zogenaamde plaagsoorten, zoals uit de geslachten *Anabaena*, *Microcystis* en *Planktothrix* (we noemen het plaagsoorten omdat ze overlast kunnen geven door de vorming van gifstoffen en drijfslagen). De keerzijde van hun goede aanpassing is, dat plotselinge, ongebruikelijke veranderingen in het milieu maar moeilijk weerstaan worden. Daarom is het bellenscherm zo effectief in de bestrijding van *Microcystis*.

Naast deze plaagalggen komt in het Nederlandse oppervlaktewater een groot aantal soorten voor die nooit overlast veroorzaken. Blauwalgen moeten daarom niet over één kam geschoren worden. Wat ecologie betreft kunnen de blauwalgen uit ons zoete water in een stuk of twaalf functionele groepen ingedeeld worden (tabel 3). Potentieel toxische soorten komen in vrijwel al deze groepen voor.

**Tabel 3** Functionele groepen van blauwalgen, met habitatombschrijving, toleranties en gevoeligheden.

Groep	Habitat	Tolerant voor	Gevoelig voor	Voorbeeldtaxa
H1 (N-fix)	Eutrofe ondiepe meren en diepe gestratificeerde meren, met relatief laag gehalte van stikstof	Laag gehalte N Laag gehalte C Begrazing	Laag gehalte P Weinig licht Menging	<i>Anabaena flos-aquae</i> <i>Anabaena scheremetievii</i> <i>Anabaenopsis elenkinii</i> <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
H2 (N-fix)	Ondiepe mesotrofe meren en diepe gestratificeerde oligo-mesotrofe meren	Laag gehalte N Begrazing	Weinig licht Menging	<i>Anabaena lemmermannii</i> <i>Gloeotrichia echinulata</i>
K	Ondiepe eutrofe meren	Laag gehalte C	Diepe menging	<i>Aphanocapsa</i> , <i>Aphanothece</i> p.p. <i>Cyanocatena imperfecta</i> <i>Cyanodictyon</i> , <i>Synechococcus</i>
Lm	Epilimnia van eutrofe tot hypertrofe meren	Zeer laag gehalte C Begrazing	Weinig licht Menging	<i>Microcystis</i> mits in combinatie met <i>Ceratium</i>
Lo	Ondiepe en diepe oligotrofe tot eutrofe meren	Heterogene beschikbaarheid van nutriënten	Aanhoudende of diepe menging	<i>Chroococcus limneticus</i> <i>Merismopedia minutissima</i> <i>Snowella lacustris</i> <i>Woronichinia naegeliana</i>
M	Eutrofe tot hypertrofe, kleine tot middelgrote meren	Veel zonlicht (hoge irradiantie)	Doorspoeling Weinig licht	<i>Microcystis</i> (alle soorten)
Mp	Ondiepe meren die troebel zijn door opgewerfelde bodemdeeltjes			<i>Oscillatoria limnetica</i> <i>Cylindrospermum muscicola</i> <i>Pseudanabaena galeata</i>
R	Metalimnion en bovenste hypolimnion van diepe, oligo- tot mesotrofe meren	Weinig licht Heterogene beschikbaarheid van nutriënten	Instabiele stratificatie	<i>Planktothrix rubescens</i> <i>Planktothrix mougeotii</i>
S1	Ondiepe, troebele, goed gemengde meren	Zeer weinig licht	Doorspoeling	<i>Planktothrix agardhii</i> <i>Limnothrix</i> , <i>Planktolyngbya</i> <i>Pseudanabaena limnetica</i>
S2	Ondiepe, (sterk) alkalische, warme meren	Weinig licht	Doorspoeling	<i>Arthrospira platensis</i> <i>Spirulina</i>
Sn	Ondiepe, goed gemengde warme meren	Weinig licht Laag gehalte N	Doorspoeling	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> <i>Raphidiopsis mediterranea</i>
T <sub>c</sub>	Aangroei in eutrofe plassen of (soms) langzaam stromende rivieren met veel waterplanten		Troebelheid	<i>Aphanothece stagnina</i> <i>Gloeotrichia pismus</i> <i>Merismopedia</i> p.p., <i>Microcrocis</i> <i>Heteroleibleinia</i> , <i>Phormidium</i>

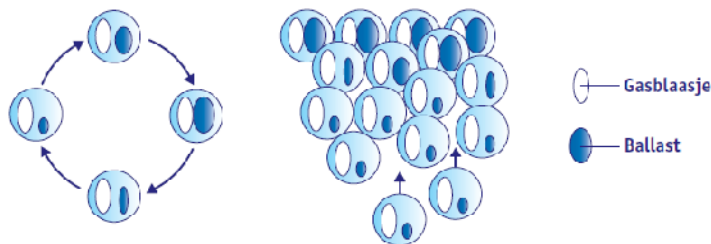
Bronnen: Reynolds (2006) en Padisak *et al.* (2009); vertaald en aangevuld door Ronald Bijkerk.

## Drijfalggen

De drijfalg is de meest opvallende vorm van overlast. Hij ontstaat door cyanobacteriën die hun soortelijk gewicht met gasblaasjes (aerotopen) kunnen verkleinen tot een waarde net onder die van water. Deze verandering van het soortelijk gewicht is een cyclisch proces (figuur 6):



- relatief lichte cellen in de drijf laag ontvangen veel licht voor fotosynthese, worden zwaarder door de gevormde koolhydraten en ook wel het knappen van gasvacuolen, en zakken naar beneden;
- relatief zware cellen beneden in de waterkolom ontvangen weinig licht, verbruiken de koolhydraten, maken nieuwe gasvacuolen aan, worden lichter en stijgen naar boven.



**Figuur 6** Cellen van drijf laagvormende blauwalgen worden afwisselend lichter dan water door gasblaasjes en zwaarder door de vorming van koolhydraten (ballast) (bron figuur: STOWA).

Het voordeel van deze cyclus is dat de organismen afwisselend kunnen profiteren van relatief nutriëntrijke diepere lagen en relatief CO<sub>2</sub>- en lichtrijke oppervlakkige lagen. In de meeste gevallen worden drijf lagen veroorzaakt door soorten uit de geslachten *Anabaena* en *Microcystis*.

### **Blauwalgoverlast en stuurfactoren**

Uit onderzoek blijkt dat de hoeveelheid en soortenrijkdom van blauwalgen in meren toeneemt met de hoeveelheid voedingsstoffen, maar ook met de geleidbaarheid, alkaliniteit en zuurgraad (Komárková-Legnerová & Eloranta 1992). Door eutrofiëring stijgt de kans op blauwalgoverlast en verandert de samenstelling van de verantwoordelijke blauwalgsoorten. In de volgende paragraaf beschrijven we de omstandigheden waaronder bloeien van *Anabaena* en *Microcystis* in Nederland zijn aangetroffen. Dit zijn de blauwalgbloeien die we kunnen verwachten in de Twentse zwemwateren. De beschrijving is afkomstig uit een studie naar de stuurfactoren van algenbloeien, waarbij gegevens van een groot aantal Nederlandse wateren geanalyseerd zijn (Bijkerk 2005).

### **Meer overlast door opwarming?**

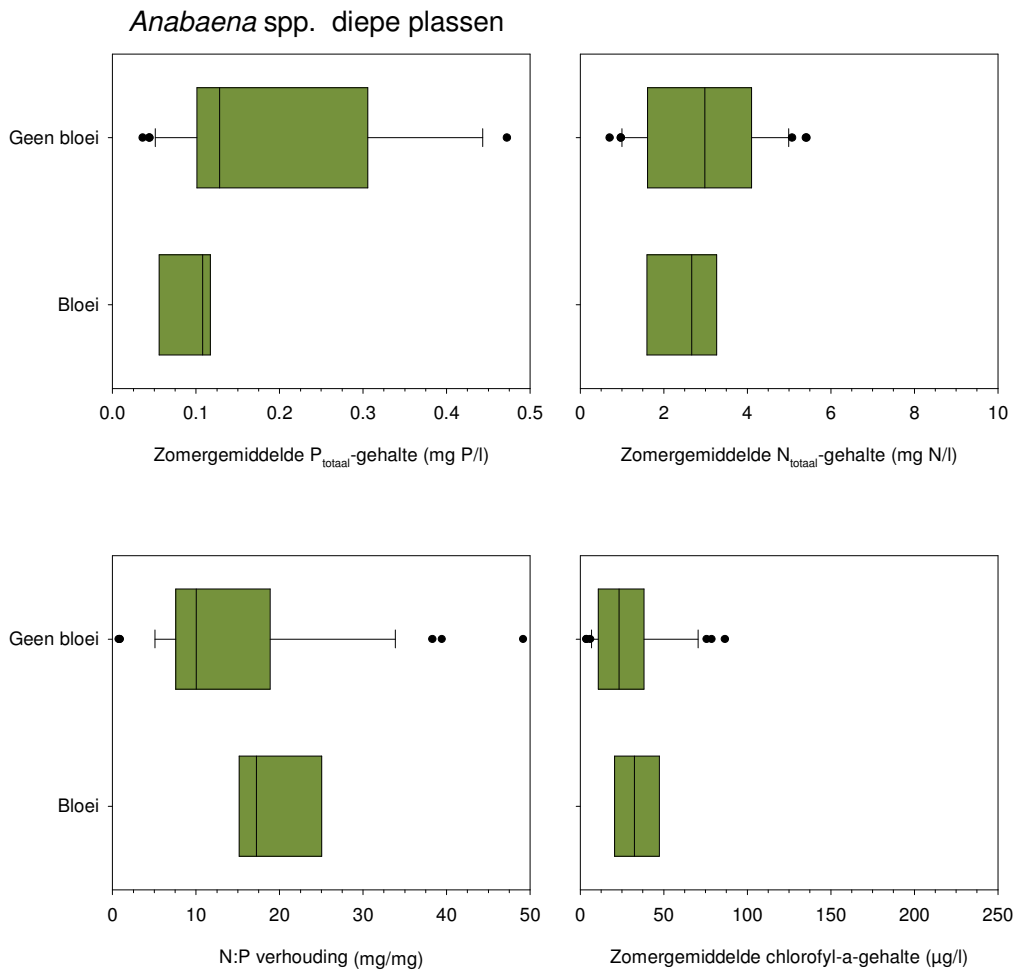
Onderzoekers verwachten een toename van de hinder van blauwalgen door de opwarming van de aarde. Dit komt omdat blauwalgen in het algemeen meer profiteren van een verhoogde watertemperatuur dan andere algen (Jöhnk *et al.* 2008, Paerl & Huisman 2008).

## **3.2 Stuurfactoren**

### **Bloeien van *Anabaena* spp.**

In de KRW-maatlat spreken we van een *Anabaena*-bloeï bij een dichtheid boven achthonderd draden per ml (> 5 mm<sup>3</sup>/l). Bloeien van *Anabaena* zijn vaak kortdurend, maar kunnen optreden onder uiteenlopende trofiegraden tot in het mesotrofe gebied. De

meeste kans op bloeien in diepe meren (> 3 m diep) treedt op bij  $P_{\text{totaal}}$ -gehalten tussen 0.06 en 0.12 mg/l (figuur 7). Bij  $P_{\text{totaal}}$ -gehalten boven 0.1 mg P/l is de kans op *Anabaena*-bloeien klein, maar dan kan *Microcystis* voor zware bloeien gaan zorgen (figuur 9). In ondiepe meren is de kans op *Anabaena* bloeien groter bij lagere N:P-verhoudingen (9-15 mg/mg), maar in diepere plassen gaat dit niet op; beneden een N:P van 15 mg/mg zijn geen *Anabaena*-bloeien gevonden. Overigens zijn er landelijk gezien relatief weinig waarnemingen van *Anabaena*-bloeien in diepere plassen.

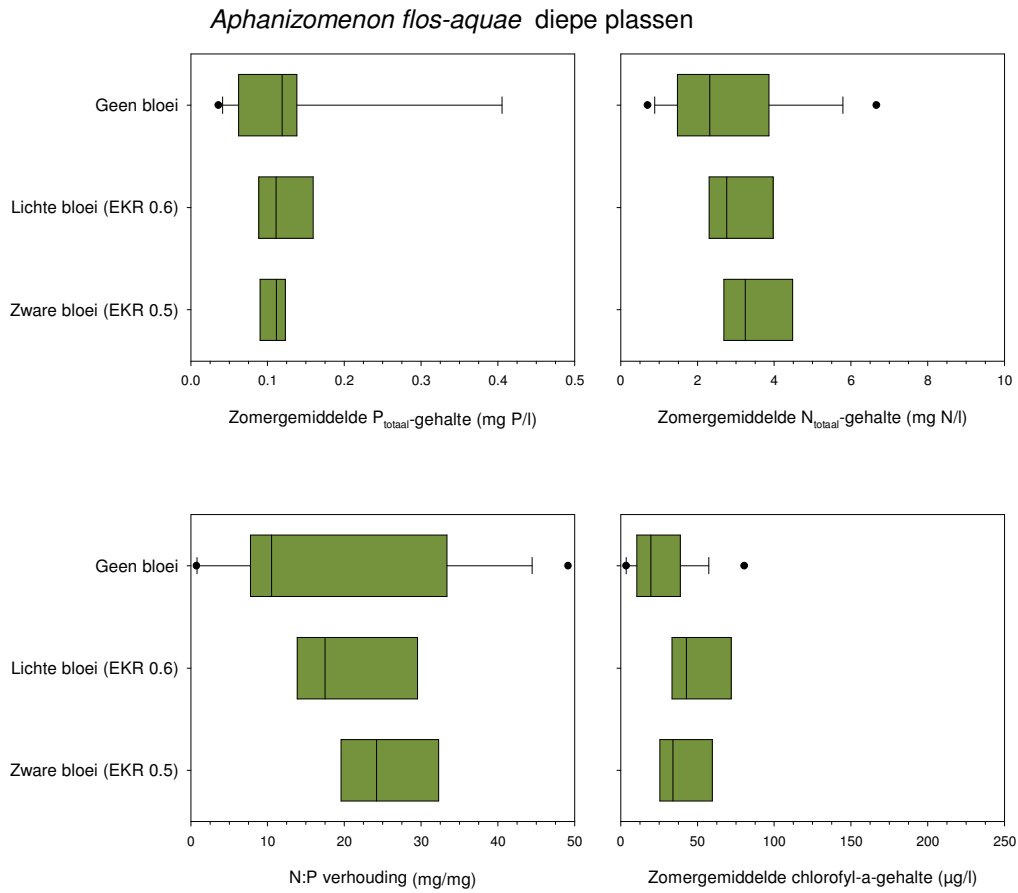


**Figuur 7** Omstandigheden wat betreft voedselrijkdom waaronder *Anabaena*-bloeien in Nederland zijn waargenomen. De afwezigheid van *Anabaena*-bloeien bij  $P_{\text{totaal}}$ -gehalten boven 0.11 mg P/l is te verklaren uit concurrentie met andere algen. Bron: Bijkerk 2005.

### Bloeien van *Aphanizomenon* spp.

De meest in het oog lopende bloeien van *Aphanizomenon* betreffen de soort *flos-aquae*. Deze soort vormt kolonies die met het blote oog te zien zijn als kleine grassprietjes en kan drijfvlagen vormen. Bloeien treden vaak op in een zeer voedselrijke, ondiepe plassen (> 0.25 mg P/l) waar een hoge graasdruk heerst van zoöplankton. Net als bij *Anabaena* maken we in de KRW-maatlat onderscheid tussen lichte bloeien (1 000 tot 2 000 draden per ml) en zware bloeien met kans op drijfvlagen (> 2 000 draden per ml). Bloeien treden

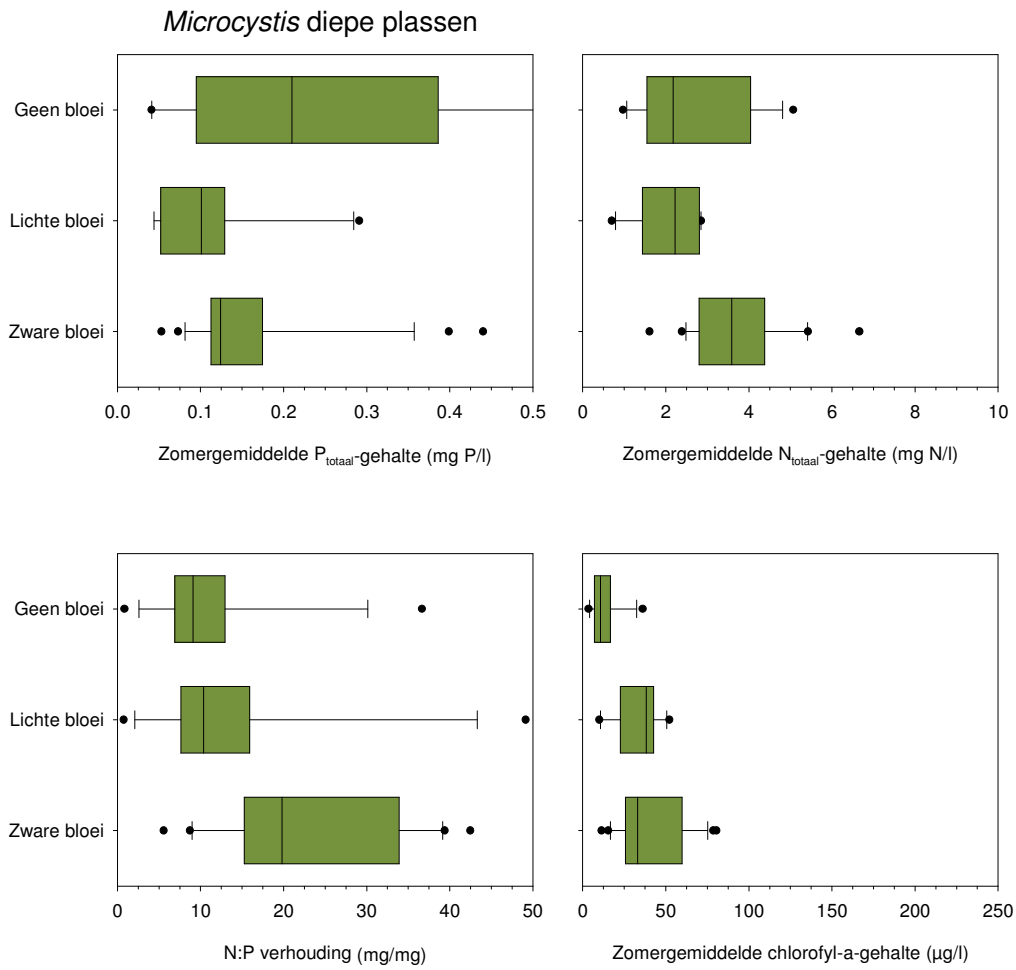
in ondiepe en diepe meren meestal op bij  $P_{\text{totaal}}$ -gehalten boven 0.09 à 0.10 mg P/l (figuur 8). Ofschoon *A. flos-aquae* in staat is tot stikstoffixatie zijn in Nederlandse plassen geen bloeien gevonden bij N:P-verhoudingen beneden 10 mg/mg.



**Figuur 8** Omstandigheden wat betreft voedselrijkdom waaronder *Aphanizomenon flos-aquae*-bloeien in Nederland zijn waargenomen. Bron: Bijkerk 2005.

### Bloeien van *Microcystis* spp.

Ook bloeien van *Microcystis* kunnen licht zijn (20 000 tot 100 000 cellen per ml) en zwaar (meer dan 100 000 cellen per ml) met omvangrijke drijfslagen. Lichte bloeien treden in diepe plassen meestal op bij  $P_{\text{totaal}}$ -gehalten tussen 0.05 en 0.13 mg P/l en zware bloeien bij hogere gehalten tussen 0.11 en 0.17 mg P/l (figuur 9). *Microcystis*-bloeien komen in diepe plassen niet of nauwelijks voor bij een N:P-verhouding beneden 8 mg/mg.



**Figuur 9** Omstandigheden wat betreft voedselrijkdom waaronder *Microcystis*-bloeien in Nederland zijn waargenomen. De afwezigheid van *Microcystis*-bloeien bij  $P_{\text{totaal}}$ -gehalten boven 0.17 mg P/l is te verklaren uit concurrentie met andere algen. Bron: Bijkerk 2005.

## 4 Bespreking van de resultaten

### 4.1 Fytoplankton

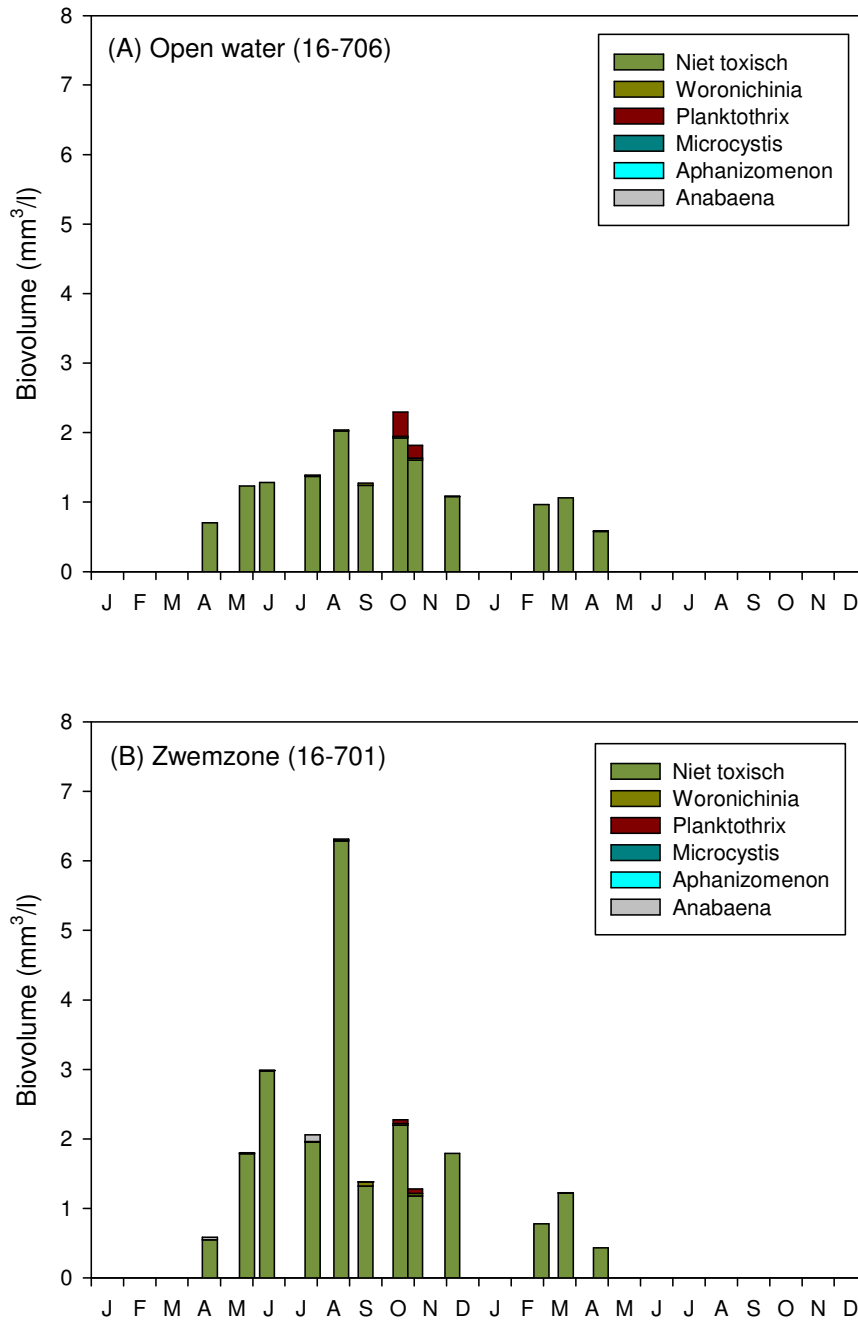
#### Hoeveelheid en soortensamenstelling

In figuur 10 kunnen we zien dat de hoeveelheid fytoplankton in de zwemvijver van Het Hulsbeek in 2009 vaak wat hoger is dan in de surfvijver, maar het verschil is niet significant. Gemiddeld is het biovolume op beide meetpunten betrekkelijk laag en komt het neer op een chlorofyl-a-gehalte van respectievelijk 12 µg/l op 16-701 en 8 µg/l op 16-706<sup>1</sup>. De gemeten chlorofyl-a-gehalten zijn lager dan deze berekende (zie paragraaf 4.7) en bereiken op een aantal tijdstippen de detectielimiet van 5 µg/l, het meest op de ondiepe punten 16-702 en 16-703 (op het diepe punt 16-706 is geen chlorofyl-a gemeten). In de zwemzone (16-701) doet zich eind augustus een piek voor van groenwieren, die ook, maar niet zo sterk, tot uiting komt in het gemeten chlorofyl-a-gehalte. Relatief grote hoeveelheden fytoplankton vonden we in de maanden oktober-november 2009. Hierbij gaat het vooral om cryptophyceën en de goudalg *Chrysochromulina*. Daarnaast treedt de potentieel toxische blauwalg *Planktothrix agardhii* op de voorgrond met een dichtheid van 3 000 tot 7 000 cellen per ml. Groenwieren en flagellaten uit de groepen cryptophyceën en goudalgen overheersen steeds (tabel 4).

**Tabel 4** Overzicht van fytoplanktontaxa met een biovolumebijdrage groter dan 10% op enig moment in de periode april 2009 tot en met april 2010, in Het Hulsbeek.

	A	M	J	J	A	S	O	N	D	...	M	A
<u>Cryptophyceën</u>												
Cryptomonas	+	+			+	+	+	+	+			+
<u>Dinoflagellaten</u>												
Gymnodiniaceae				+								
<u>Goudalgen</u>												
Chromulina					+			+	+			
Chrysochromulina parva				+			+					+
Dinobryon												+
Ochromonadaceae			+	+								
Pseudokephyrion entzii												+
Pseudopedinella	+											+
<u>Groenalgen</u>												
Chlorophyta > 5 µm				+								+
Coelastrum polychordum					+	+						
<u>Kiezelalgen</u>												
Cyclotella ocellata					+	+			+			
<u>Xanthophyceën</u>												
Pseudotetraëdriella kamillae												+
<u>Oogflagellaten</u>							+					
<u>Blauw algen</u>												
Planktothrix agardhii								+	+			

<sup>1</sup> Op grond van de regressie:  $\log [\text{Chla}] = 0.825 + 0.679 \log [\text{Biovolume}]$  (Bijkerk ongepubl.)



**Figuur 10** De hoeveelheid fytoplankton in Het Hulsbeek in de periode april 2009 tot en met april 2010. Onderscheid is gemaakt tussen niet toxische algen en potentieel toxische blauwalgen.

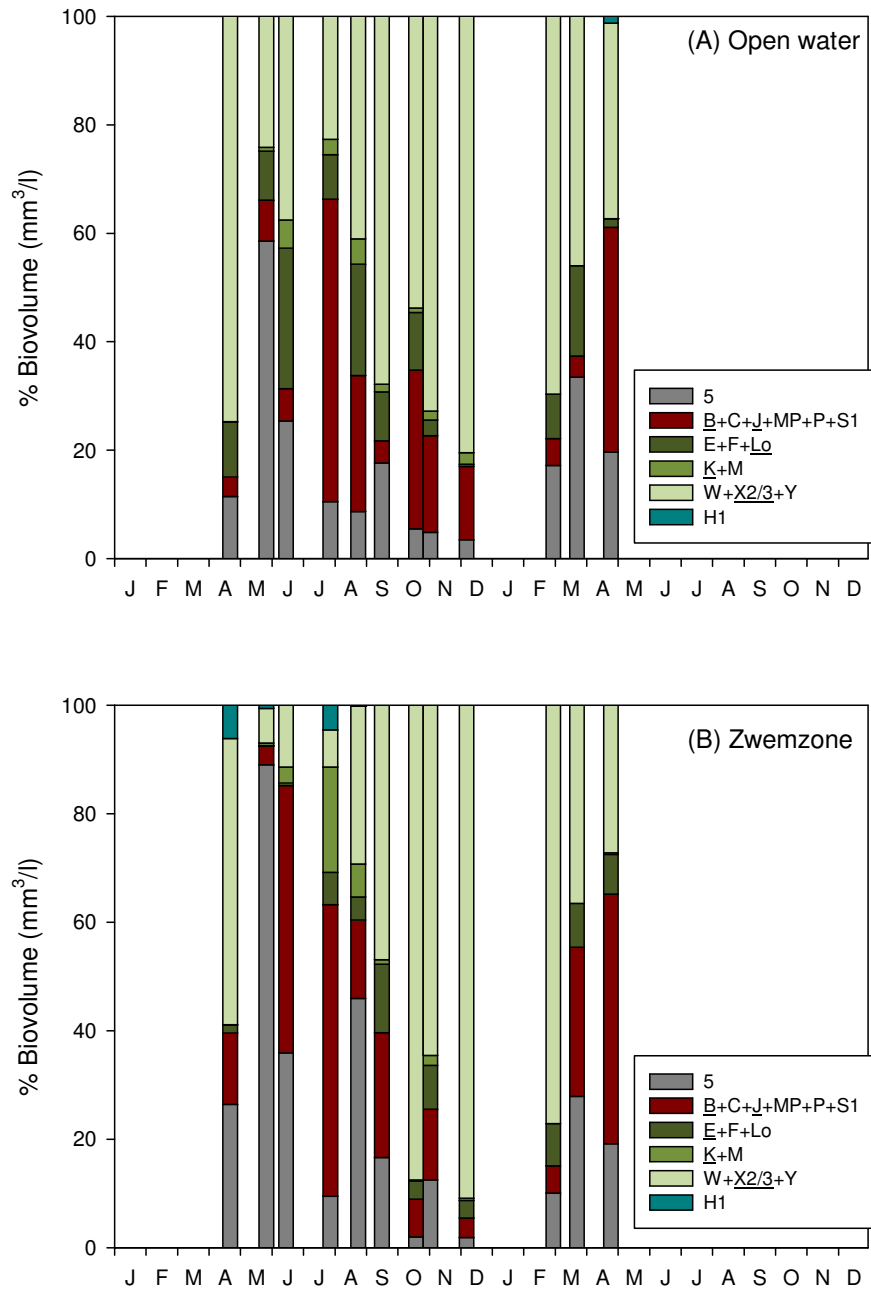
Van de potentieel toxische blauwalgen zijn naast *Planktothrix* alleen *Anabaena* en *Microcystis* waargenomen: *Microcystis* incidenteel in de zomer van 2009, *Anabaena* in de zwemzone gedurende het hele zwemseizoen en op het diepe punt incidenteel. Steeds ging het om één of hooguit enkele waarnemingen. Met uitzondering van juli 2009, toen in de zwemzone een dichtheid van 1 142 *Anabaena*-cellen per ml gemeten werd, bleven de dichtheden van beide geslachten het gehele jaar ver beneden de 1 000 cellen per ml.

## Stuurfactoren

Om de stuurfactoren achter de ontwikkeling van het fytoplankton op te sporen, hebben we de aangetroffen taxa ingedeeld in functionele groepen volgens Reynolds *et al.* (2002), Reynolds 2006 en Padisak *et al.* (2009). Functionele groepen kenmerken zich door een eigen habitatkeuze en specifieke sterke (toleranties) en zwakke (gevoeligheden) kanten ten aanzien van stuurfactoren als nutriënten, licht en begrazing. De groepen in tabel 5 hebben in Het Hulsbeek een gemiddelde biovolumebijdrage van meer dan 1% over de onderzoeksperiode april 2009 tot en met april 2010. Vier groepen hebben een gemiddeld aandeel van meer dan 10%. Dit zijn de groepen X2 en X3 (goudalgen en sommige kleine blauwalgen en cryptophyceën), Y (*Cryptomonas*) en 5 (onbekende algen) (figuur 11).

**Tabel 5** Belangrijkste functionele fytoplanktongroepen aangetroffen in Het Hulsbeek; groepen met een gemiddelde biovolumebijdrage van meer dan 10% zijn onderstreept.

Groep	Habitatkeuze	Toleranties	Gevoeligheden	Voorbeelden
<u>5</u>	Onbekend	Onbekend	Onbekend	Chlorophyta >5 µm, Ochromonadaceae
B	Gemengde, mesotrofe, kleine tot middelgrote meren	Lichttekort	pH-stijging, Si-tekort, stratificatie	<i>Cyclotella ocellata</i>
E	Ondiepe, basenarme, of heterotrofe plassen	Nutriëntentekort (mixotrofie)	CO <sub>2</sub> -tekort	<i>Dinobryon</i> , <i>Mallomonas</i>
F	Heldere, diep gemengde, meso- tot eutrofe meren	Nutriëntentekort	CO <sub>2</sub> -tekort, hoge troebelheid	<i>Oocystis</i> , <i>Coelastrum reticulatum</i>
J	Ondiepe, geëutrofiëerde meren en rivieren	Lichttekort?	Sedimentatie naar het donker	<i>Coelastrum polychordum</i> , <i>Crucigenia</i> , <i>Desmodesmus</i>
K	Ondiepe, voedselrijke w aterkolommen	C-tekort, begrazing?	Diepe menging	<i>Aphanocapsa</i> , <i>Aphanothece</i> , <i>Cyanocatena</i> , <i>Cyanogranis</i>
Lo	Ondiepe en diepe, oligo- tot eutrofe meren	Heterogene verdeling N en P, begrazing	Aanhoudende, of diepe menging	<i>Ceratium hirundinella</i> , Gymnodiniaceae, <i>Woronichinia</i>
P	Eutrofe tot hypertrofe, gemengde, twee tot drie meter diepe w aterkolommen (ondiepe meren of epilimnia)	Mild lichttekort en C-tekort	Si-tekort, stratificatie	<i>Closterium</i> , <i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>F. capucina</i> , <i>F. reicheltii</i>
S1	Gemengde, troebele w aterlagen	Sterk lichttekort, begrazing	Uitspoeling	<i>Planktotrix agardhii</i>
W1	Kleine meso- tot eutrofe plassen, vaak organisch verrijkt	Hoog BOD?	Begrazing?	<i>Euglena</i>
X1	Ondiepe, (sterk) eutrofe, gemengde w aterlagen	Stratificatie	Nutriëntentekort, begrazing	<i>Ankyra</i> , Chlorophyta 2-5 µm, <i>Pseudodictyosphaerium</i>
<u>X2</u>	Ondiepe, meso-eutrofe, heldere, gemengde w aterlagen	Stratificatie	Menging, begrazing	<i>Chrysochromulina</i> , <i>Plagioselmis</i> , <i>Pseudopedinella</i>
<u>X3</u>	Ondiepe, heldere, gemengde w aterlagen	Lage alkaliniteit, nutriëntentekort	Menging, begrazing	<i>Chromulina</i> , <i>Chrysococcus</i> , Chlorophyta 1-2 µm
<u>Y</u>	Uiteenlopende plassen en meren	Lichttekort	Begrazing	<i>Cryptomonas</i>



**Figuur 11** Biovolume-aandeel van functionele fytoplanktongroepen in Het Hulsbeek in de periode april 2009 tot en met april 2010. A = open water (16-706) en B = zwemzone (16-701).

Deze algen zijn gevoelig voor begrazing door zoöplankton. Om voldoende licht te kunnen bemachtigen vragen deze X-algen een waterkolom zonder veel menging. Dit geldt niet voor *Cryptomonas* (Y-groep), die wat beter bestand is tegen lichttekort. In Het Hulsbeek is hun aandeel het hoogst in het vroege voorjaar en de herfst- en wintermaanden (figuur 11), vermoedelijk omdat begrazing door zoöplankton dan op een laag pitje staat. Tijdens het zwemseizoen zijn de groepen B, J en 5 sterker vertegenwoordigd. In juli gaat het vooral om *Cyclotella ocellata* uit groep B. Dit is een vrij zeldzaam kiezelwier in het



plankton van matig voedselrijke, goed gemengde meren. In de overige maanden zijn het vooral groenwieren uit de J-groep en de groep onbekenden. De meest talrijke J-soorten zijn *Coelastrum polychordum*, *Crucigenia tetrapedia* en *C. fenestrata*, die we kennen uit voedselrijke, ondiepe en vaak vrij troebele plassen. *C. polychordum* is overigens een zeldzame, weinig bekende soort, niet alleen in Nederland maar ook in andere Europese landen. Voor beide groepen, B en J, geldt dat menging in de waterkolom noodzakelijk is om zich te kunnen handhaven. In samenhang hiermee tolereren ze een zeker tekort aan licht. In extreme mate geldt deze tolerantie voor *Planktothrix*, een vertegenwoordiger van de groep S1. Van de groepen stikstoffixerende blauwalgen (H1 en H2), waartoe de potentieel toxische geslachten *Anabaena* en *Aphanizomenon* behoren, is de bijdrage te verwaarlozen. evenals de bijdrage van *Microcystis* (groep M) en *Woronichinia* (groep L<sub>0</sub>).

Samenvattend is het fytoplankton van Het Hulsbeek niet heel divers qua ecologische preferenties. Begrazing door zoöplankton en de beschikbaarheid van licht lijken in deze diepere plas een belangrijker rol te spelen dan de beschikbaarheid van nutriënten. De overheersende soorten zijn òf bestand tegen lichttekort, òf in staat om zich in de bovenste lagen van de waterkolom te handhaven met behulp van hun flagellen; dit lukt alleen als de kolom niet te frequent of te sterk gemengd wordt. Er is blijkbaar voldoende ammonium en/of nitraat beschikbaar in Het Hulsbeek, zodat stikstoffixerende blauwalgen geen kans krijgen om te gaan overheersen.

## 4.2 Waterplanten

### Bedekking en soortensamenstelling

Ondergedoken en drijvende waterplanten komen in Het Hulsbeek het meest voor in de middelste zwemvijver en in het noordwestelijke deel van de surfvijver. Het bedekkingspercentage van ondergedoken vegetatie is in augustus duidelijk hoger dan in juni, als gevolg van de verdere groei van Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*). Met een geschat bedekkingspercentage van 25% in augustus, verkeert Het Hulsbeek wat vegetatie betreft op de grens tussen de matige en goede ecologische toestand van het natuurlijke watertype M16 (van der Molen & Pot 2007). Er zijn acht soorten ondergedoken waterplanten aangetroffen zodat we de soortenrijkdom in deze plas redelijk kunnen noemen (tabel 6).

De meest algemene soort is Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*). Langs de noordoostelijke oever van de surfvijver is in augustus ook een enkel plantje Teerkransblad (*Chara virgata*) gevonden kranswieren, maar in vergelijking met Het Rutbeek en Het Lageveld is de bedekking van *Chara*-soorten in Het Hulsbeek zeer laag. Hier en daar zijn draadalgen op de bodem aangetroffen: plaatselijk in de noordoostelijke zwemvijver en over grotere oppervlakten in de schaatsvijver. De emergente watervegetatie bestaat vrijwel uitsluitend uit Riet (*Phragmites australis*). In de schaatsvijver groeit plaatselijk wat Bosbies (*Scirpus sylvaticus*) in de oeverzone.

**Tabel 6** Soortensamenstelling en bedekking van de watervegetatie per vegetatielaag in procenten van het begroeibare areaal (0-4.5 m diep), in juni en augustus 2009.

Vegetatielaag / soort	Bedekking / Abundantie	
	Juni	Augustus
Ondergedoken (submers)	5%	25%
Aarvederkruis ( <i>Myriophyllum spicatum</i> )	5	7
Buigzaam glanswier ( <i>Nitella flexilis</i> )	3	
Smalle waterpest ( <i>Elodea nuttallii</i> )	3	3
Gekroesd fonteinkruid ( <i>Potamogeton crispus</i> )	2	3
Tenger fonteinkruid ( <i>Potamogeton pusillus</i> )	2	2
Schedefonteinkruid ( <i>Potamogeton pectinatus</i> )	2	
Sterrekroos ( <i>Callitriche</i> )		2
Teerkransblad ( <i>Chara virgata</i> )		1
Drijvend	0%	1%
Veenwortel ( <i>Persicaria amphibia</i> )		1
Emers	1%	2%
Riet ( <i>Phragmites australis</i> )	3	3
Bosbies ( <i>Scirpus sylvaticus</i> )	1	
Kroos	0%	0%
Flab	0%	1%
Totaal water	5%	28%

## Verspreiding

### Zwem- en surfvijver

Ondergedoken waterplanten hebben we in Het Hulsbeek gevonden tot op een diepte van 2.7 m onder de waterspiegel. Het ging hierbij om Aarvederkruid, Smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) en draadalg. Hieruit kunnen we afleiden dat het zomergemiddeld doorzicht zo'n 2.3 m zal bedragen.<sup>2</sup>

Aarvederkruid vormt vooral in de middelste zwemvijver en het noordelijke deel van de surfvijver dichte vegetaties. In het zuidelijke deel van de surfvijver en het grootste deel van de noordoostelijke zwemvijver is nauwelijks ondergedoken vegetatie aangetroffen en. Vermoedelijk door het maaibeheer groeit voor het oostelijke strandje in deze zwemvijver alleen wat waterpest op een diepte van 1.9 m en zien we vooral een kale zandbodem.

Emergente watervegetatie komt hoofdzakelijk voor in de niet beschoeide oeverzone van de surfvijver en bestaat hier uitsluitend uit Riet. Het flauwe talud van de noordwestelijke oever biedt plaats aan een brede rietkraag (figuur 12). Langs de oostelijke oever van deze plas is ook een rietkraag aanwezig, maar deze is minder breed en ijler. Het oever- en het onderwatertalud zijn hier steiler. Op de oever van de surfvijver en op de zuidoever van de middelste zwemplas staan bomen tot op de oever. Deze zorgen voor veel beschaduwing en beperken daardoor de ontwikkeling van water- en oeverplanten.

<sup>2</sup> Op grond van de vuistregel dat de grens voor ondergedoken waterplanten doorgaans ligt op het punt waar nog 10% van het zonlicht doordringt (Phillips 2006).



**Figuur 12** Links: de rietkraag langs de noordwestelijke oever van de surfvijver; rechts: de met bomen begroeide oevers van de ondiepe, troebele schaatsvijver.

### *Schaatsvijver*

De vegetatieontwikkeling in de schaatsvijver is duidelijk anders dan in de zwem- en surfvijvers van Het Hulsbeek. De oevers zijn sterk begroeid met bomen en struiken (figuur 12), waardoor er sprake is van veel beschaduwing. Hierdoor wordt de ontwikkeling van oeverplanten beperkt. Belemmerend voor de groei van vegetatie is verder de dikke sliblaag in deze plas en de aanwezigheid van grote karpers.

## 4.3 Vis

### **Deelgebieden**

Voor de bestandsopname is Het Hulsbeek opgedeeld in twee deelgebieden: (1) het deel met de zwemvijvers en de surfvijver en (2) de schaatsvijver. Dit is gedaan omdat beide delen substantieel van elkaar verschillen wat betreft diepte, bodemaard, doorzicht en vegetatie. Deelgebied 1 omvat grote, vrij diepe plassen (maximum diepte 3.5 tot 4.5 meter) met op veel plaatsen behoorlijk grote velden met onderwatervegetatie. De bodem bestaat voornamelijk uit zand en er is weinig slib aanwezig. Het water is redelijk helder. Daarentegen is de schaatsvijver ondiep (maximale diepte 1 meter) en troebel, met op de bodem een dikke sliblaag. Met uitzondering van draadalg is nauwelijks ondergedoken watervegetatie aanwezig.

Tijdens de bestandsopname was de waterstand in Het Hulsbeek omstreeks een halve meter lager dan gemiddeld. Hierdoor stond er weinig water in de begroeide oeverzone (met name de rietkragen in de surfvijver), waardoor deze beschutte gebieden voor vis maar beperkt toegankelijk waren.

### **Zwem- en surfvijver (deelgebied 1)**

De totale visstand in dit gebied is geschat op ruim 43 kg/ha, verdeeld over zes soorten (tabel 7). Deze biomassa is vrij laag maar wel volgens de verwachting, gelet op de helderheid van het water en de hiermee samenhangende, beperkte voedselrijkdom. Ook het aantal soorten is vrij laag.

**Tabel 7** Visbestandschatting zwem- en surfvijvers Het Hulsbeek in kg/ha.

Soort	Totaal	0+	>0+-15	16-25	26-40	≥41
Baars	7.9	0.5	6.9	0.2	0.2	
Brasem	1.6		0.1	1.5		
Blankvoorn	0.3	0.0	0.3	0.0		
Karper	25.7					25.7
Spiegelkarper	7.8					7.8
Ruisvoorn	2.2	0.1	1.2	0.5	0.4	
Totaal	43.3					

**Tabel 8** Visbestandschatting zwem- en surfvijvers Het Hulsbeek in aantal/ha.

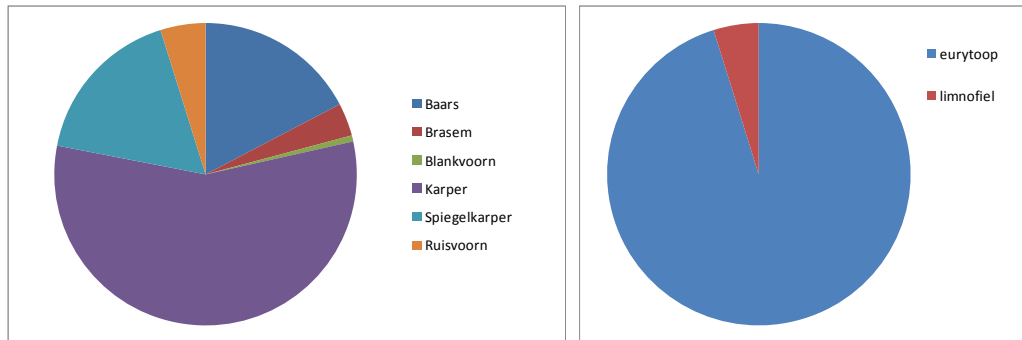
Soort	Totaal	0+	>0+-15	16-25	26-40	≥41
Baars	615	104	508	2	1	
Brasem	31		10	22		
Blankvoorn	40	8	32	1		
Karper	8					8
Spiegelkarper	3					3
Ruisvoorn	146	67	72	6	1	
Totaal	843					

**Tabel 9** Visbestandschatting schaatsvijver Het Hulsbeek in kg/ha.

Soort	Totaal	0+	>0+-15	16-25	26-40	≥41
Baars	62.8	9.6	45.0		8.2	
Brasem	38.0		1.1	36.9		
Blankvoorn	209.1	0.1	33.0	176.0		
Goudvis	11.0				11.0	
Hybride	3.6			3.6		
Karper	117.5				7.9	109.6
Ruisvoorn	10.7		7.4	3.3		
Zeelt	16.1			6.8	9.2	
Totaal	468.8					

**Tabel 10** Visbestandschatting schaatsvijver Het Hulsbeek in aantal/ha.

Soort	Totaal	0+	>0+-15	16-25	26-40	≥41
Baars	5778	2514	3250		14	
Brasem	639		139	500		
Blankvoorn	5750	28	2208	3514		
Goudvis	14				14	
Hybride	56			56		
Karper	42				14	28
Ruisvoorn	417		361	56		
Zeelt	56			28	28	
Totaal	12752					



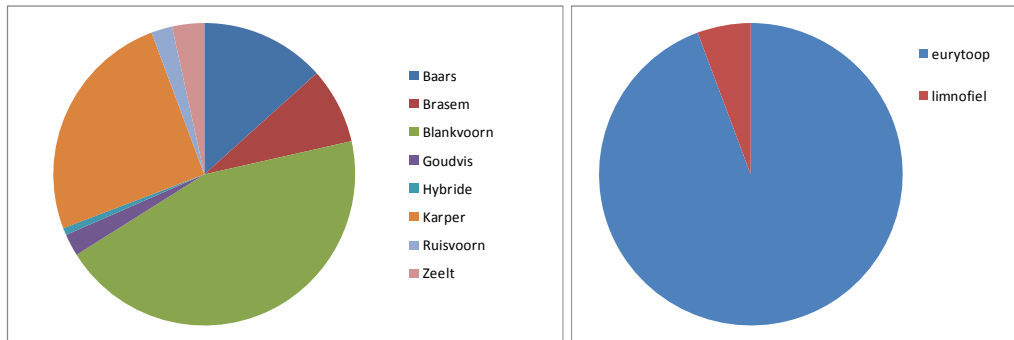
**Figuur 13** Biomassa-aandeel van soorten en ecologische gildes in zwem- en surfvijvers.

Qua gewicht wordt de visgemeenschap gedomineerd door eurytope soorten (figuur 13). Dit zijn soorten die geen duidelijke habitatvoorkeur hebben. Het grootste aandeel heeft Karper (*Cyprinus carpio*; figuur 14 links), gevolgd door Baars (*Perca fluviatilis*; figuur 14 rechts). Van de groep limnofiele (waterplantminnende) soorten is alleen Ruisvoorn (*Rutilus erythrophthalmus*) aangetroffen. Qua aantallen wordt de visstand gedomineerd door Baars en is Ruisvoorn de op één na talrijkste vis (tabel 8). In Het Hulsbeek is geen Snoek gevonden. Omdat van Baars voornamelijk kleine exemplaren gevangen zijn, lijkt er in de visstand een echte toppredator te ontbreken.



**Figuur 14** Links: Spiegelkarper (*Cyprinus carpio*) en rechts: Baars (*Perca fluviatilis*) uit Het Hulsbeek.

De karpers zijn allemaal gevangen in het open water met de zegen. De overige vissoorten zijn voornamelijk aangetroffen bij de oeverbevissing met het elektrovisapparaat. De meeste vis hierbij leverde de elektrobevissing op van het stuk rietkraag in de surfvijver, vlakbij de doorgang naar de schaatsvijver. Dit was op dat moment de enige plek in de plas waar zich een vrij brede rietkraag bevond, waarin ook nog voldoende water stond. Opvallend is verder dat er nauwelijks vis gevangen is in de velden met ondergedoken waterplanten, die toch een geschikt en beschermt habitat vormen.



**Figuur 15** Biomassa-aandeel van soorten en ecologische gildes in de schaatsvijver.

Uit de lengte-frequentieverdelingen (bijlage II) kunnen we afleiden dat de karpers zich niet in Het Hulsbeek voortplanten. De aangetroffen dieren zijn alle afkomstig van enkele uitzettingen die in de afgelopen jaren in Het Hulsbeek hebben plaatsgevonden. Opvallend is dat van de andere soorten vooral kleinere exemplaren gevangen zijn. Van Brasem zijn helemaal geen grote exemplaren gezien, en van Baars en Ruisvoorn slechts enkele. Vermoedelijk zijn er in het gebied nog wel enkele grote Brasems aanwezig, die jaarlijks voor wat nakomelingen zorgen, maar hun dichtheid is vermoedelijk heel laag. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn de predatie door Aalscholvers (*Phalacrocorax carbo*) en de lage voedselbeschikbaarheid, waardoor weinig jonge vis uit kan groeien tot volwassen exemplaren. Een aanwijzing voor de invloed van Aalscholver is het feit dat veel kleine vis diep weggedoken in de oeverzone werd aangetroffen.

### Schaatsvijver (deelgebied 2)

De schaatsvijver in Het Hulsbeek bevat een heel andere visstand dan de zwem- en surfvijvers. De visstand wordt hier geschat op bijna 470 kg/ha wat erg hoog is (tabel 9). Hierbij merken we op dat alleen de oeverzone bevist kon worden, zodat de schatting ook alleen voor die zone geldt. Onze indruk tijdens de bemonstering was dat het open water minder vis bevatte, zodat de werkelijke hoeveelheid in de schaatsvijver waarschijnlijk lager is. In totaal zijn acht soorten aangetroffen, waaronder één kruising (hybride) van vermoedelijk Kolblei/Brasem en Ruisvoorn. Zes soorten behoren tot het eurytope gilde (vissen zonder habitatvoorkeur) en twee tot het limnofiele gilde (met voorkeur stilstaande, waterplantrijke wateren).

Ook qua gewicht wordt het visbestand gedomineerd door eurytope soorten. Hierbij heeft Blankvoorn (*Rutilus rutilus*) het grootste aandeel, op afstand gevolgd door Karper en Baars (figuur 15). In aantal domineren Baars en Blankvoorn (tabel 10). De vis lag in de schaatsvijver zeer sterk gegroepeerd onder enkele bomen. In tegenstelling tot de zwem- en surfvijvers van Het Hulsbeek, zijn in de schaatsvijver meer grotere exemplaren aangetroffen van Brasem en Blankvoorn (bijlage III).

De visstand in de schaatsvijver wijst op een veel voedselrijker situatie dan in de zwem- en surfvijver. Er is uitwisseling van vis mogelijk tussen beide deelgebieden via twee smalle doorgangen, maar in de zomer en herfst stond hier weinig water in (circa twintig tot dertig centimeter). De omvang van de uitwisseling is op dit moment niet duidelijk.

#### 4.4 Watervogels

De Twentse Vogelwerkgroep heeft van medio mei 2009 tot medio april 2010 maandelijks watervogeltellingen uitgevoerd (tabel 11). Hieruit blijkt dat alleen Wilde Eend, Meerkoet en Fuut op vrijwel alle tijdstippen aanwezig zijn. Alleen in de maanden januari en februari zijn ook deze soorten afwezig als gevolg van ijsbedekking.

Het kleine aantal Meerkoeten in de zomermaanden is indicatief voor de spaarzame bedekking van oever- en watervegetatie. In de wintermaanden leven deze vogels grotendeels van bodemdieren die opgedoken worden. De aanwezigheid van meerdere paren Fuut duidt op een goed bestand aan prooivis in de vorm van jonge Baars, Brasem, Blank- of Ruisvoorn. Vermeldenswaard is de aanwezigheid van een paartje Zomertaling dat in Het Hulsbeek tot broeden is gekomen. Deze soort is na 1960 zeer sterk in aantal gedaald en staat nu als kwetsbaar op de Rode Lijst.

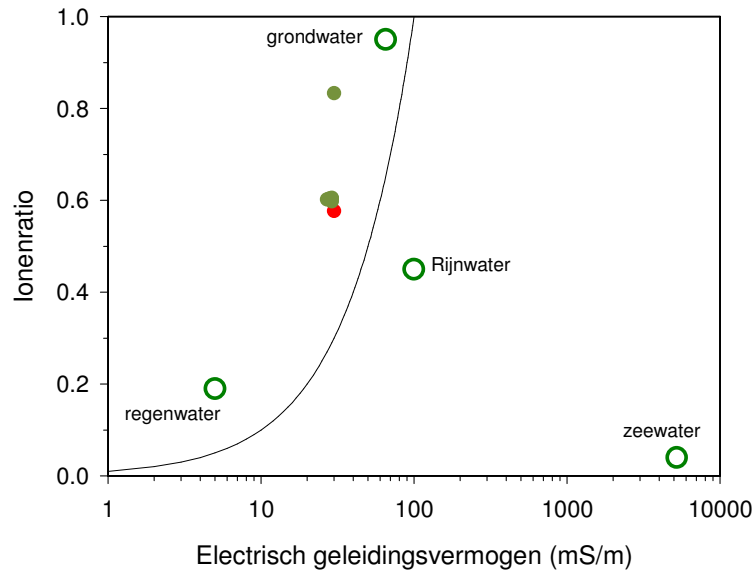
**Tabel 11** Resultaten watervogeltellingen in Het Hulsbeek.

Soort	2009								2010			
	16-mei	20-jun	18-jul	15-aug	19-sep	17-okt	14-nov	19-dec	16-jan	13-feb	13-mrt	17-apr
Fuut	7+3juv	8	6	4	2	4	4				6	6
Aalscholver											4	
Blauwe Reiger	1	1	1			1			1			1
Knobbelzwaan	2			1		3	1					
Mandarijneend											1	3
Carolina eend						2						5
Wilde Eend	8+8juv	15	16	14	19	40	20	75			19	10
Krakeend		1+7juv										
Zomertaling	2+8juv	1+7juv	1+4juv	1+3juv								
Nonnetje											1	
Waterhoen	1											
Meerkoet	8	2	2	7	6	8	32	40			42	14
Scholekster	17	35	33								82	53
Oeverloper	1											
Kokmeeuw				100	8	1	80	20			25	
Totaal	66	77	63	130	36	59	137	135	1	0	180	92

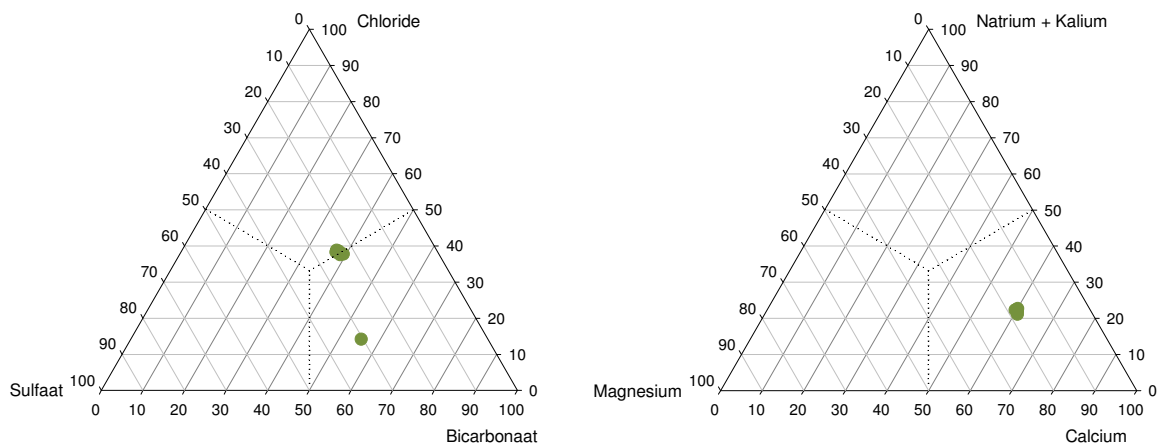
#### 4.5 Herkomst en ionensamenstelling van het water

Het Hulsbeek wordt gevoed door zowel regen- als grondwater, waarbij de laatste bron iets belangrijker lijkt (figuur 16). De verhouding tussen chloride en calcium (de ionenratio in figuur 16) lijkt door het jaar heen heel constant. Alleen in augustus 2009 zijn op twee ondiepe punten aan het wateroppervlak plotseling opvallend lage chloridegehalten gemeten, waardoor de ionenratio een naar boven afwijkende waarde kreeg; boven de bodem en op het diepe meetpunt was het chloridegehalte niet opvallend laag.

De alkaliniteit van het water varieert in 2009-2010 van 1.00 tot 1.21 meq/l. Dat betekent dat het water matig gebufferd (matig hard). Het bij de plas behorende natuurlijke watertype is het type M16 volgens de KRW-typologie (Elbersen *et al.* 2003). De ondiepe schaatsvijver zou als M11 getypeerd moeten worden.



**Figuur 16** Uit de relatie tussen het EGv en de ionenratio blijkt dat Het Hulsbeek gevoed wordt door grond- en regenwater; de groene stippen geven de metingen in 2009-2010 weer, de rode erachter de meting in juli 2006; de open cirkeltjes zijn referentiepunten.



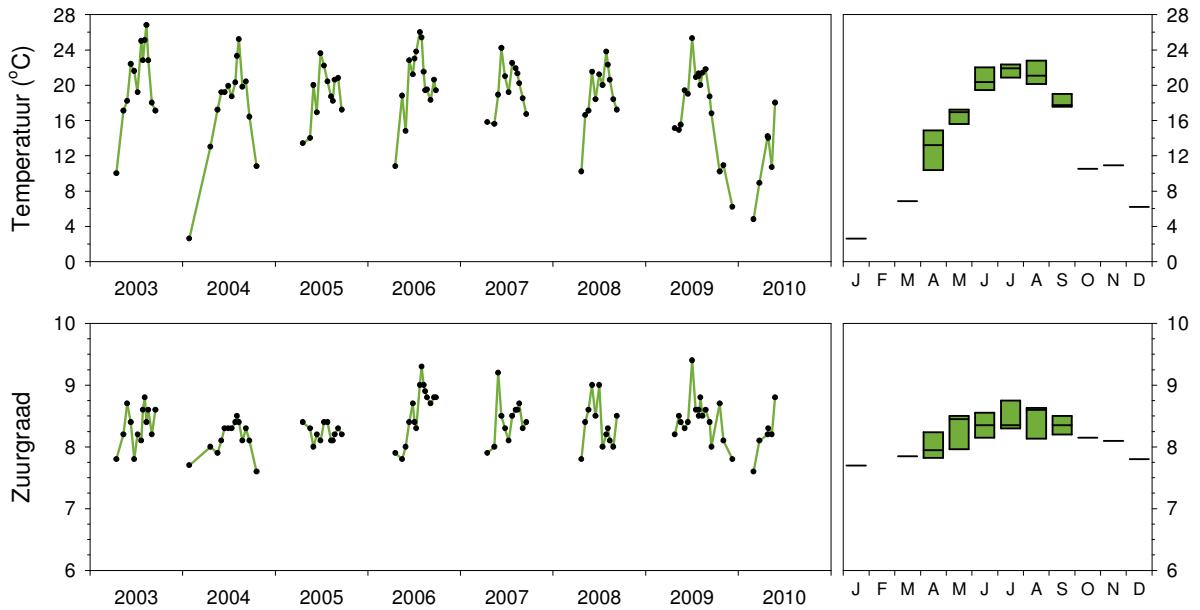
**Figuur 17** Driehoeksdiagrammen met het aandeel van de macro-anionen (links) en -kationen (rechts) in Het Hulsbeek, op basis van meq/l in 2009-2010.

In overeenstemming met de grote invloed van grondwater is calcium het overheersende macrokation (figuur 17). Anders dan men op grond hiervan zou verwachten, is wat de macro-anionen betreft niet alleen bicarbonaat maar ook chloride in Het Hulsbeek belangrijk. Dit weerspiegelt het opvallend hoge chloridegehalte van het grondwater in de directe omgeving (zie paragraaf 4.10). De in Het Hulsbeek overheersende waterplant, Aarvederkruid, heeft een duidelijke voorkeur voor wateren waarin chloride het dominante anion is. Smalle waterpest en Gekroesd fonteinkruid prefereren bicarbonaat-gedomineerde wateren (Bloemendaal & Roelofs 1988).



#### 4.6 Watertemperatuur en zuurgraad

Watertemperatuur en zuurgraad vertonen beide een duidelijk seizoensverloop met lage waarden in de winter en maximale waarden in juli/augustus (figuur 18). De zuurgraad ligt een groot deel van het jaar boven een pH van 8.0. De hoogste temperatuur is gemeten op 11 augustus 2003 (26.8 °C) en de hoogste pH (9.4) op 2 juli 2009. In de afgelopen vier jaar zijn de pH-pieken hoger geweest dan in 2003-2005.

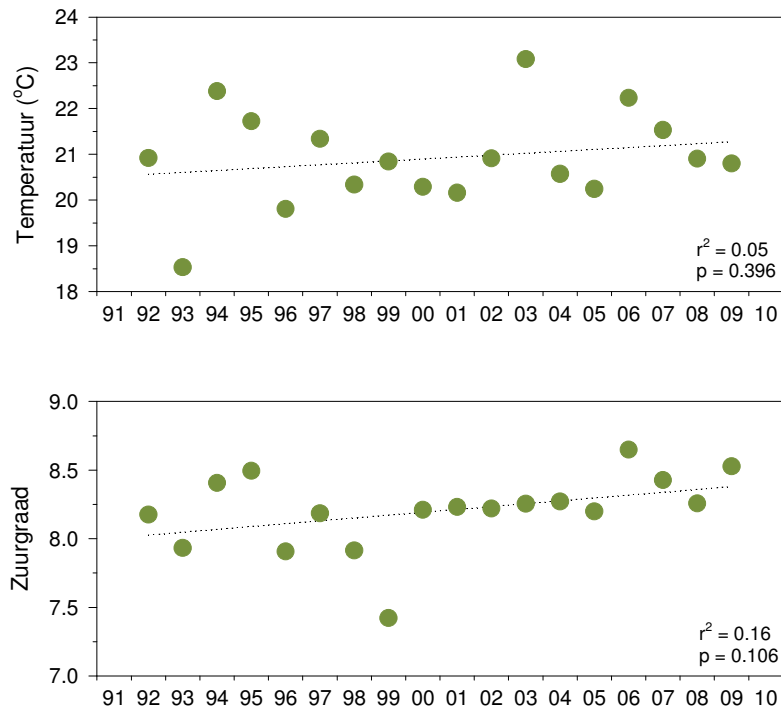


**Figuur 18** Jaarlijkse ontwikkeling en het samengevatte seizoensverloop van temperatuur en zuurgraad op het meetpunt 16-701 in Het Hulsbeek over de periode 2003 tot april 2010.

In het langjarige verloop van de gemiddelde watertemperatuur in de maanden juni-augustus zit een lichte stijging, maar deze trend is niet significant. De hoogste seizoensgemiddelde temperatuur in de periode 1992-2009 werd gemeten in 2003 en bedraagt 23.1 °C (figuur 19). Ook de zuurgraad vertoont een stijgende trend over dit tijdvak, die evenmin significant is. Dat komt vooral door de zeer lage waarde in 1999. Over 2000 tot 2010 is er een verwaarloosbaar verschil in watertemperatuur en zuurgraad tussen de het meetpunt 16-703 en de overige twee badstrandpunten (tabel 12), waarvan alleen het pH verschil significant is (Wilcoxon,  $p < 0.001$ ).

**Tabel 12** Tussen de drie strandmeetpunten bestaat een verwaarloosbaar verschil in watertemperatuur en zuurgraad; weergegeven zijn de mediane waarden over de periode 2000-2010.

Meetpunt	Temperatuur		Zuurgraad	
	°C	n	pH	n
16-701	19.5	126	8.3	126
16-702	19.5	126	8.3	126
16-703	19.6	126	8.2	126



**Figuur 19** Langjarige ontwikkeling van de seizoensgemiddelde (juni-augustus) watertemperatuur en zuurgraad (gemiddelde berekend uit  $[H^+]$ ), op het meetpunt 16-701 in Het Hulsbeek.

## 4.7 Nutriënten en chlorofyl-a

### 4.7.1 Algemeen

In hoofdstuk 2 is al opgemerkt dat er heel weinig waterkwaliteitsgegevens zijn uit de jaren vóór 2009 en alleen van het meetpunt 16-701. Hierdoor zijn trendanalyses beperkt mogelijk. Uit de metingen in 2009-2010 krijgen we een indruk van de huidige waterkwaliteit en van de ruimtelijke en seizoensvariatie in Het Hulsbeek.

De huidige gehalten van de voedingsstoffen N en P en van chlorofyl-a (als maat voor de fytoplanktonbiomassa) beschrijven we hier op basis van metingen op het punt 16-701, omdat van dit punt de meeste gegevens bekend zijn. De metingen in het NOZ-project laten, op zuurstof na, geen significante verschillen zien tussen dit punt en andere meetpunten, en voor de meetpunten 16-701 en 16-706, tussen oppervlakte (0-30 cm) en bodem (tabel 11). Hierbij moeten we opmerken dat een groot deel van de gehalten van chlorofyl-a (CHLFa) en nutriënten in de periode 2009-2010 onder de detectielimiet lag, zodat er geen echte meetwaarden beschikbaar zijn (zie paragraaf 4.7.2 en 4.7.3). Het zuurstofgehalte is op het diepe punt (16-706) nabij de bodem significant lager dan aan het oppervlak (Wilcoxon,  $p < 0.001$ ). Significant lager ten opzichte van de andere ondiepe meetpunten is het zuurstofgehalte op het meetpunt 16-703, ofschoon dit uit de mediane waarden niet naar voren komt. Het gemiddelde zuurstofgehalte over de periode

2009-2010 is echter wel verschillend: respectievelijk, 10.2, 10.1 en 9.7 mg/l op de meetpunten 16-701, 16-702 en 16-703.

**Tabel 13** Mediane waarden van enkele parameters gemeten in de periode april 2009 – mei 2010 op verschillende punten in Het Hulsbeek; significante verschillen (Wilcoxon  $p < 0.001$ ) zijn onderstreept. NB: het aantal waarnemingen per parameter is niet voor alle meetpunten gelijk.

Parameter	Eenheid				16-701		16-706	
		16-701	16-702	16-703	oppervl	bodem	oppervl	bodem
Ca	mg/l	31.0	-	-	31.0	31.5	31.5	31.0
CHLfa	µg/l	5.3	5.0	5.0	5.3	-	-	-
Cl	mg/l	36.0	36.0	37.0	36.0	37.0	37.5	37.0
N	mg N/l	0.70	0.80	0.70	0.70	0.75	0.70	0.75
NH <sub>4</sub>	mg N/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
N <sub>Kj</sub>	mg N/l	0.60	0.80	0.70	0.60	0.60	0.60	0.65
NO <sub>3</sub>	mg N/l	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
O <sub>2</sub>	mg/l	<u>10.20</u>	<u>9.80</u>	<u>9.80</u>	10.20	10.95	<u>10.35</u>	<u>9.10</u>
P	mg P/l	0.030	0.050	0.045	0.030	0.035	0.035	0.040
SO <sub>4</sub>	mg/l	31.0	-	-	31.0	30.5	31.0	31.0

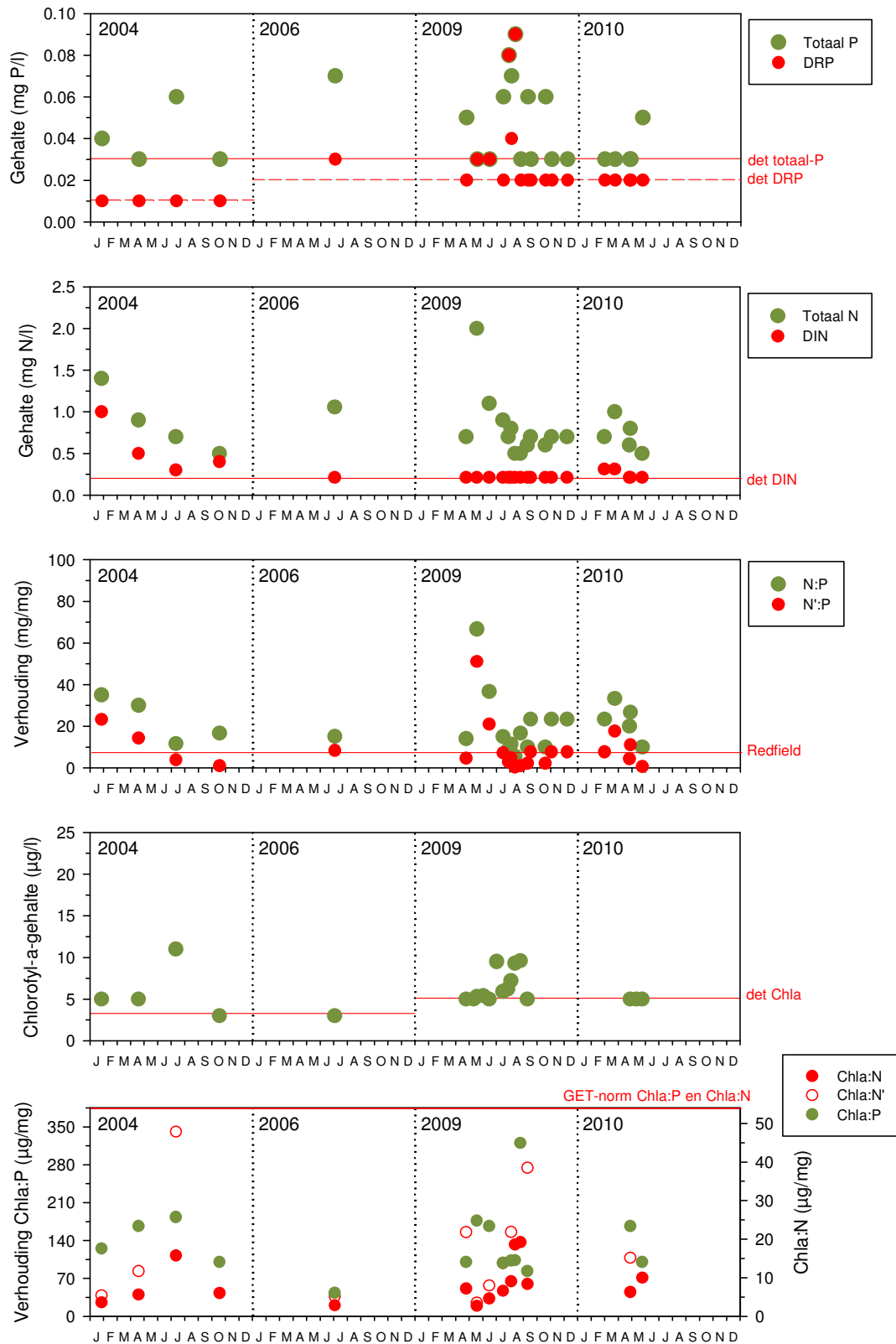
- = niet geanalyseerd

#### 4.7.2 Fosfaat

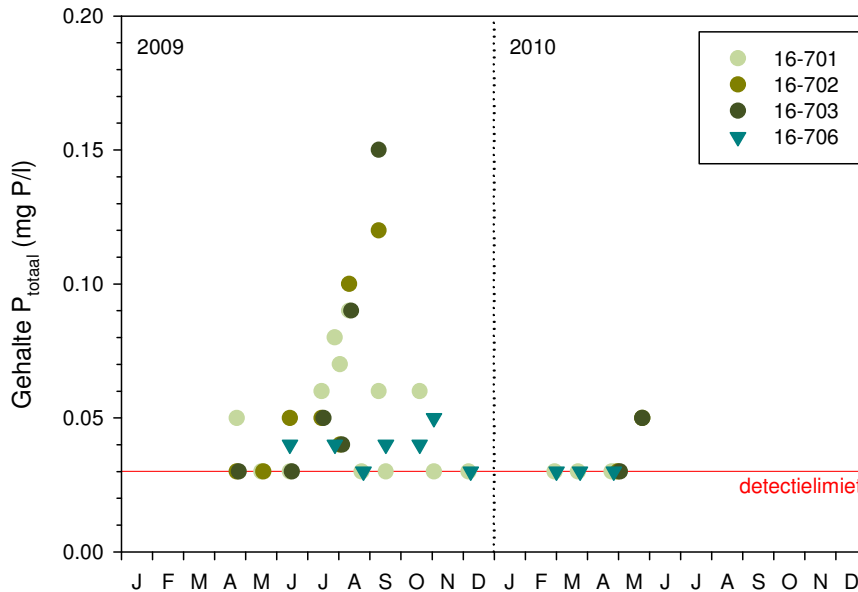
In de waarnemingsperiode 2004-2010 schommelt het gehalte totaal-fosfaat op het meetpunt 16-701 tussen de detectielimiet van 0.03 mg P/l en 0.09 mg P/l (figuur 20). De hoogste gehalten doen zich voor in de zomermaanden: uitschieters tot 0.15 mg P/l zijn gemeten in begin september 2009, op de ondiepe meetpunten 16-702 en 16-203 (figuur 21). Op het diepe punt 16-706 zijn deze verhoogde gehalten niet gemeten. In het vroege voorjaar van 2010 zijn de gehalten totaal-fosfaat overal lager dan de detectielimiet.

Het zomergemiddelde totaal-fosfaatgehalte in 2009 is op de ondiepe punten hoger dan 0.04 mg P/l, maar op het diepe punt lager, als we gehalten beneden de detectielimiet gelijk stellen aan de detectielimiet en het fosfaatgehalte in mei op het diepe punt schatten (tabel 14). Daarmee voldoet dit zomergemiddelde op de ondiepe punten niet, maar op het diepe punt wél aan de milieukwaliteitseisen van het waterschap (tabel 18). Op het diepe punt voldoet het fosfaatgehalte ook aan de 'werknorm' voor de goede ecologische toestand (GET) wat betreft chlorofyl-a, van natuurlijke wateren van het type M16 (Heinis & Evers 2007; zie tabel 19 in hoofdstuk 5); deze norm markeert de grens tussen de goede en de matige ecologische toestand.

Het gehalte opgelost reactief fosfaat (DRP of 'orthofosfaat') is meestal iets lager dan dat van totaal-fosfaat, zoals gebruikelijk. Alleen in augustus 2009, wanneer relatief hoge gehalten worden gemeten, lijkt alle fosfaat in opgeloste toestand aanwezig.



**Figuur 20** Nutriënten en chlorofyl-a met detectielimieten en verhoudingen op meetpunt 16-701 (0-30 cm onder het wateroppervlak); zie paragraaf 4.7 voor een verklaring van de afkortingen).



**Figuur 21** Gehalte van totaal-fosfaat op 0-30 cm diepte op de drie ondiepe en het diepe meetpunt.

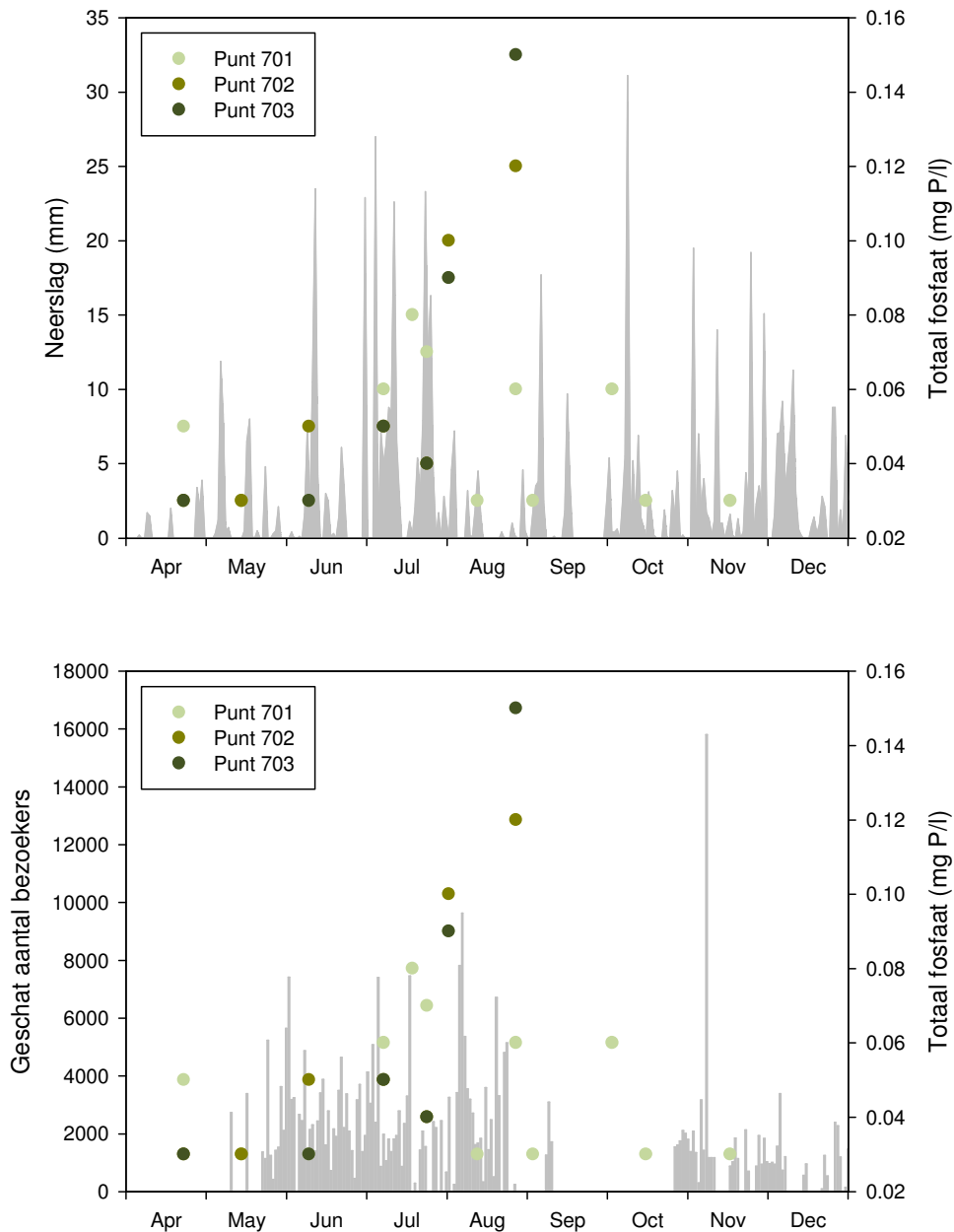
Dit betekent dat er op deze momenten geen detecteerbare hoeveelheid aan deeltjes gebonden fosfaat (zoals fytoplankton en detritus) in het monster aanwezig is. Deze verhoogde DRP-gehalten zijn ook gemeten op de twee andere ondiepe strandmeetpunten, 16-702 en 16-703, maar niet op het diepe meetpunt 16-706. Uit figuur 22 blijkt geen duidelijke relatie met de hoeveelheid bezoekers (niet noodzakelijkerwijs ook zwemmers), of de hoeveelheid neerslag. Uitscheiding door zwemmers of af- en uitspoeling van meststoffen van de zonneweides lijkt als oorzaak daarom niet voor de hand te liggen. Een derde mogelijke oorzaak voor de verhoogde fosfaatgehalten is het maai-beheer; met het maaien van waterpest kunnen nutriënten uit de planten vrijkomen. Over de omvang en frequentie van de maaiactiviteiten zijn ons geen gegevens bekend.

Van alle metingen van totaal-fosfaat en DRP uit de periode 2009-2010 ligt respectievelijk 35% en 55% beneden de detectielimiet van beide parameters ('det totaal P' en 'det DRP' in figuur 20). De monitoring geeft hier dus niet altijd een goed beeld van de actuele fosfaatgehalten. Opvallend is dat het DRP-gehalte in 2009 juist in het zomerhalfjaar vaak hoger is dan de detectielimiet en niet in de wintermaanden; in de zomer verwacht men een hogere primaire productie dan in de winter en een hogere fosfaatopname.

#### *Ruimtelijke verschillen*

In april 2009 – mei 2010 zijn op negen à tien tijdstippen metingen gedaan op andere punten, maar niet altijd op dezelfde data. Uit deze metingen komen geen significante verschillen in het fosfaatgehalte naar voren, tussen de vier verschillende meetpunten afgebeeld in figuur 1 en tussen de bodem- en de oppervlaktemonsters op de punten 16-701 en 16-706 (tabel 13). Gemiddeld over de zomer van 2009 zijn de fosfaatgehalten op het diepe punt duidelijk lager dan op de ondiepe punten (tabel 14). Op de ondiepe strandpunten neemt het gemiddelde toe van 16-701 naar 16-703. De verhoogde gehalten op deze punten zijn het gevolg van enkele uitschieters in juli-september (figuur 21).

Op het diepe meetpunt 16-706 zijn de gehalten vlak boven de bodem in zestig procent van de gevallen iets hoger dan aan het oppervlak, en op het ondiepe meetpunt 16-701 in veertig procent van de gevallen. Het verschil tussen bodem en oppervlak is niet significant.



**Figuur 22** Gehalte van totaal-fosfaat (groene bolletjes) op de drie ondiepe punten tegen de hoeveelheid neerslag (grijze pieken bovenste grafiek; bron KNMI) en de geschatte hoeveelheid bezoekers (grijze pieken onderste grafiek; bron: Logboek Het Hulsbeek).

**Tabel 14** Zomergemiddelde gehalten van totaal-fosfaat en totaal-stikstof op alle bemonsterde meetpunten in 2009.

Meetpunt		Totaal-fosfaat (mg P/l)		Totaal-stikstof (mg N/l)	
		Oppervlak	Bodem	Oppervlak	Bodem
Stranden	16-701	0.048	0.045	0.98	0.57
	16-702	0.058	-	0.93	-
	16-703	0.059	-	0.56	-
Open water	16-706	0.036	0.038	0.58	0.87

#### Achtergrondgehalte

Uit de alkaliniteit in meq/l en de gemiddelde diepte van een plas in m, kunnen we een schatting maken van het natuurlijke achtergrondgehalte van fosfaat (in µg/l) met behulp van de regressievergelijking van Vighi en Ghiaudani (1985):

$$\log [P] = 1.48 + 0.33 \log (\text{alkaliniteit} / \text{diepte}).$$

De gemiddelde diepte van Het Hulsbeek (zwem- en surfgedeelte) is niet precies bekend. Als we een diepte van 3.5 m veronderstellen komen we bij een gemiddelde alkaliniteit van 1.05 meq/l (op basis van het bicarbonaatgehalte) uit op een achtergrondgehalte van 0.020 mg P/l. Bij een gemiddelde diepte van 3 m is dat 0.021 mg P/l en bij 4 m is dat 0.019 mg P/l. Dat betekent dat Het Hulsbeek in natuurlijke toestand mesotroof zou zijn (totaal-fosfaatgehalte lager dan 0.025 mg P/l) en dat de gehalten op dit moment verhoogd zijn.

Op grond van de veel kleinere diepte van circa één meter zouden we voor de schaatsvijver een achtergrondgehalte van 0.031 mg P/l kunnen berekenen, als we uitgaan van eenzelfde alkaliniteit als in de zwemvijvers. Daarmee zou deze schaatsvijver van nature eutroof zijn.

#### 4.7.3 Stikstof

Het totaal-stikstofgehalte schommelt in de periode 2004-2010 meestal tussen 0.5 en 1.0 mg N/l met af en toe een hogere waarde tot 2.0 mg N/l (totaal N in figuur 20). Relatief hoge gehalten zijn gemeten in het voorjaar, relatief lage midden in de zomer. Het zomergemiddelde gehalte ligt in 2009 op alle meetpunten eveneens tussen 0.5 en 1.0 mg N/l (tabel 14). Het gehalte totaal-stikstof voldoet daarmee wel of net niet aan de kwaliteitseisen van het waterschap voor M16 en aan de norm voor de goede ecologische toestand wat betreft chlorofyl-a (dat hangt af van het meetpunt; tabel 18 en 19).

Het gehalte opgeloste anorganische stikstof (DIN) is het totaal van NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> en NH<sub>4</sub>. Het geeft de hoeveelheid stikstof die voor algen direct opneembaar is. Van ammonium (NH<sub>4</sub>) en nitriet (NO<sub>2</sub>) liggen alle meetwaarden in 2009 en 2010 beneden de detectielimiet, van nitraat (NO<sub>3</sub>) ligt 76% hieronder. Alleen in december-april is het gehalte van nitraat iets

hoger dan deze limiet met een waarde van 0.1 of 0.2 mg N/l. In 2004 lagen alle waarnemingen boven deze limiet (zie figuur 20).

#### *Ruimtelijke verschillen*

In april 2009 – mei 2010 zijn op negen à tien tijdstippen metingen gedaan van stikstofparameters op meerdere meetpunten. Uit deze waarnemingen komen geen significante verschillen naar voren tussen de vier verschillende meetpunten afgebeeld in figuur 1 en tussen de bodem- en de oppervlaktemonsters op de punten 16-701 en 16-706 (tabel 13). Het zomergemiddelde gehalte van totaal-stikstof verschilt in 2009 wel tussen de meetpunten (tabel 14). De grootte van dit verschil is echter ook een gevolg van de onderzoeksopzet: de hoge gehalten op 16-701 en 16-702 zijn deels veroorzaakt door hoge meetwaarden in mei, op een moment dat er niet bemonsterd is op de andere twee meetpunten.

#### **4.7.4 Chlorofyl-a en doorzicht**

##### *Chlorofyl-a*

Het gehalte van chlorofyl-a (Chla) is een maat voor de biomassa van het fytoplankton. Vrijwel alleen in juli/augustus komt dit gehalte in 2009-2010 uit boven de detectielimiet van 5 µg/l (det Chla in figuur 20); dit geldt voor alledrie de ondiepe meetpunten. Op het diepe meetpunt 16-706 is geen chlorofyl-a-gehalte gemeten. Uit het biovolume van fytoplankton blijkt dat de hoeveelheid algen hier op de meeste tijdstippen wat lager is dan op het ondiepe meetpunt 16-701 (zie paragraaf 4.1). Er is echter geen significant verschil aantoonbaar tussen beide meetpunten.

De chlorofyl-a-piek van eind augustus 2009, een waarde van 9 à 10 µg Chla/l, vinden we ook terug in het verloop van het biovolume van het fytoplankton (figuur 10). Groenwieren domineren op dat moment.

Het zomergemiddelde chlorofyl-a-gehalte loopt op de drie ondiepe meetpunten uiteen van 5.5 tot 6.1 µg Chla/l. Hiermee voldoet Het Hulsbeek wat chlorofyl-a betreft ruimschoots aan de goede ecologische toestand (GET) en net wel of net niet aan de zeer goede (ZGET) (de grens tussen GET en ZGET voor M16 bedraagt 5.8 µg/l (Van der Molen & Pot 2007)).

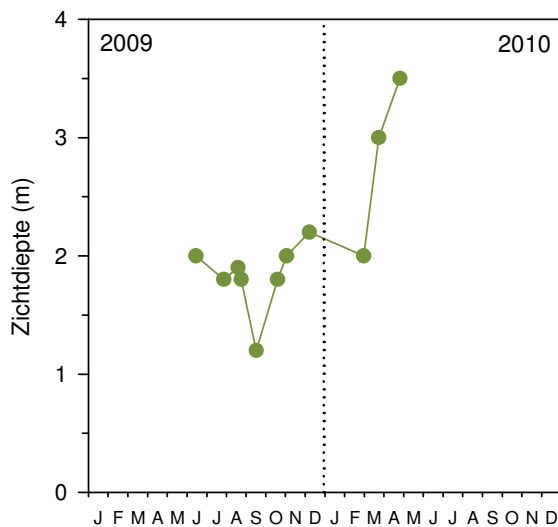
##### *Doorzicht*

De doorzichtmetingen op de ondiepe meetpunten geven aan dat er in de zwemzone vrijwel altijd sprake is van bodemzicht. Deze metingen kunnen dus niet gebruikt worden om de zichtdiepte in Het Hulsbeek te beschrijven. Dit kan wel met de metingen op het punt 16-706, uitgevoerd in 2009 en 2010. Het water is hier dieper dan drie meter. Alleen zijn hier in april en mei 2009 geen metingen verricht. De eerste meting is gedaan op 15 juni en het doorzicht bedroeg toen 2 m (tijdens de vegetatieopname tien dagen later maten wij 3 m, maar deze waarde hebben wij hier buiten beschouwing gelaten). Gaan we er vanuit dat de zichtdiepte in april 2009 gelijk was aan die in april 2010 en het doorzicht in mei 2009 een tussenliggende waarde had, dan komen we op een zomergemiddelde zichtdiepte van circa 2.2 m. Dit komt overeen met onze schatting uit de maximale diepte



waarop waterplanten zijn gevonden (paragraaf 4.2). Hiermee voldoet het doorzicht ruimschoots aan de milieukwaliteitseis van het waterschap (tabel 18).

Het verloop van de zichtdiepte over de periode juni 2009 tot april 2010 doet vermoeden dat de troebelheid van het water na mei/juni snel toeneemt, waardoor het doorzicht daalt tot waarden beneden twee meter (figuur 23). Deze zeer snelle daling in de loop van de voorzomer van 2009 en de snelle stijging in de loop van het vroege voorjaar van 2010, kan niet worden verklaard uit het chlorofyl-a-gehalte; het verschil tussen minimale en maximale chlorofyl-a-gehalten bedraagt immers slechts 5 µg/l. Vermoedelijk is de sterk gestegen troebelheid daarom eerder het gevolg van de opwerveling van bodemdeeltjes door zwemmers en wellicht maai-activiteiten.



**Figuur 23** Verloop van de zichtdiepte op het punt 16-706 in de periode 15 juni 2009 tot 26 april 2010.

#### 4.7.5 Nutriëntenlimitatie en fytoplanktonopbrengst

##### *Inerte fractie stikstof*

De primaire nutriënten voor algengroei zijn koolstof, stikstof en fosfor. In zoete gebufferde wateren is van nature meestal fosfor (fosfaat) limiterend. Door denitrificatie kan 's zomers stikstof beperkend worden.

Uit de Vierde Eutrofiëringsevenquête bleek dat een deel van het totaal-stikstof in oppervlaktewateren vaak niet beschikbaar is voor algengroei. Hierdoor overschat men de trofiegraad wat betreft stikstof en kan stikstof eerder beperkend zijn dan men op grond van het totaal-stikstofgehalte zou verwachten. De grootte van deze zogenaamde inerte fractie is geschat op 0.67 mg N/l (Portielje & Van der Molen 1998), op basis van een dataset van 231 overwegend ondiepe meren. Voor Het Hulsbeek lijkt dit aan de hoge kant, aangezien meerdere keren 0.4 en 0.5 mg N/l als laagste gehalte van totaal-stikstofgehalte is gemeten. Toch moeten we rekening houden met de aanwezigheid van een inerte fractie. Het totaal-stikstofgehalte bestaat voor een groot deel van het jaar uit organisch gebonden stikstof ( $N_{Kjeldahl}$ ). De variatie in deze fractie vertoont echter geen relatie met de hoeveelheid fytoplankton, dus bestaat hij voor een onbekend deel ook uit detritus en dierlijk plankton.

We kunnen geen precieze schatting maken van de grootte van de inerte stikstoffractie in Het Hulsbeek, maar wel een range aangeven. Dit doen we met behulp van de Chla:N-verhouding die Heinis en Evers (2007) hebben berekend als 90-percentiel van de zomergemiddelden van 67 M16 meren (de GET-norm; tabel 19). Wat chlorofyl-a betreft voldoet Het Hulsbeek immers ruimschoots aan de goede ecologische toestand, dus is de kans groot dat de zomergemiddelde Chla:N-verhouding hoogstens deze GET-normwaarde bezit. De zomergemiddelde Chla:N-verhouding die we in Het Hulsbeek hebben gemeten, in 2009, bedraagt 7.5 µg/mg en de GET-norm 54.1 µg/mg. Om aan deze normverhouding te komen moeten we een inerte fractie veronderstellen van 0.47 mg N/l. De werkelijke grootte van de inerte stikstoffractie zal dus naar alle waarschijnlijkheid tussen 0 en 0.47 mg N/l liggen.

#### *Nutriëntenlimitatie*

De verhouding tussen de hoeveelheid stikstof en fosfaat geeft een aanwijzing of er kans is op stikstof- dan wel fosfaatbeperking van de algengroei. De optimale verhouding, de zogenaamde Redfield-ratio, is een N:P-verhouding van 7 mg/mg. Als de verhouding veel groter is dan 7, is er kans op fosfaatlimitatie. Is de N:P-verhouding veel kleiner dan is er kans op stikstoflimitatie. Een reële nutriëntenlimitatie kan zich vervolgens uiten in een plotselinge toename van het gehalte DIN (bij fosfaatlimitatie), dan wel DRP (bij stikstoflimitatie), en relatief lage verhoudingen van respectievelijk Chla:N, dan wel Chla:P.

Voor Het Hulsbeek hebben we de N:P-verhouding zonder (N:P) en met (N':P) inerte stikstoffractie berekend (figuur 20). De werkelijke verhouding zal hier ergens tussenin liggen. Alleen medio augustus 2009 zijn zowel de N:P- als de N':P-verhouding op het meetpunt 16-701 lager dan de Redfield ratio. Dit is ook het enige moment dat de Chla:N- en de Chla:N'-verhouding dicht bij de norm liggen dan de Chla:P-verhouding (deze norm geeft de 'maximale' hoeveelheid chlorofyl-a die men bij de heersende gehalten van N en P kan verwachten, als 95-percentiel van alle in M16 meren waargenomen verhoudingen; zie ook hieronder *Fytoplanktonopbrengst*). Voorts zien we een duidelijke toename van de Chla:N-verhouding in de loop van mei-augustus, gevolgd door een daling in september. Op grond hiervan vermoeden we een slechts kortstondige, potentiële stikstoflimitatie in augustus en een potentiële fosfaatlimitatie in de overige maanden. Het geringe biovolumeaandeel van stikstoffixerende blauwalgen (groep H1 in figuur 11) wijst eveneens op de geringe rol van stikstoflimitatie.

#### *Fytoplanktonopbrengst*

De biomassa van fytoplankton, uitgedrukt in chlorofyl-a, heeft een maximum dat bepaald wordt door het gehalte van de groeilimiterende voedingsstof. Voor een algemene situatie kan men deze maxima berekenen uit de 95-percentielen van de Chla:P- en de Chla:N-verhoudingen in een grote dataset van meren (Portielje & Van der Molen 1998). Als men vervolgens een Chla:P- of Chla:N-verhouding meet die veel lager is dan de 95-percentielwaarde, is er dus minder algenbiomassa aanwezig dan men maximaal zou verwachten. Dit kan een drietal oorzaken hebben: (1) fosfaat, respectievelijk stikstof zijn niet groeilimiterend, maar bijvoorbeeld licht of anorganische koolstof, (2) een deel van het fosfaat of stikstof is niet beschikbaar voor algengroei, en (3) er treedt een sterke begrazing van algen op door zoöplankton.

Heinis en Evers (2007) hebben grenswaarden voor de zomergemiddelde Chla:P- en Chla:N-verhoudingen berekend, waaronder de kans groot is (90%) dat het watersysteem wat betreft fytoplanktonbiomassa (chlorofyl-a) in de goede ecologische toestand (GET) verkeert conform de KRW-maatlat (tabel 19). Uit deze grenswaarden zijn ‘werknormen’ afgeleid die we kunnen beschouwen als GET-normen. In de onderste grafiek van figuur 20 vormen deze grenswaarden de bovenste waarde van de y-assen. Duidelijk is dat in Het Hulsbeek de Chla:P- en Chla:N-verhoudingen meestal ver onder deze normwaarden liggen. NB: op tijdstippen dat het chlorofyl-a-gehalte lager was dan de detectielimiet zullen de verhoudingen in werkelijkheid nog lager zijn geweest; op tijdstippen dat (ook) het totaal-fosfaatgehalte lager was dan de detectielimiet kan de werkelijke Chla:P-verhouding hoger zijn geweest. De over het algemeen lage verhoudingen zijn mogelijk een gevolg van begrazing door zoöplankton.

#### 4.8 Waterbodempkwaliteit

Op 25 september 2009 zijn op twee plaatsen in Het Hulsbeek monsters genomen van de waterbodem, op een ondiep meetpunt in één van de zwemvijvers (16-701) en op het diepere punt in de surfvijver (16-706). De resultaten staan in tabel 15. Hieruit blijkt dat het sediment in het ondiepe deel minder geconsolideerd is dan in het diepere deel (laag percentage droge stof). Tevens blijkt het sediment weinig voedselrijk en relatief arm aan gemakkelijk afbreekbare organische stof (lage BZV<sub>5</sub>). De gemeten stikstof- en fosfaatgehalten in deze sedimentmonsters zijn aanzienlijk lager dan in de andere twee zwemplassen, Het Rutbeek en Het Lageveld.

Het fosfaatgehalte is op beide meetpunten een factor vijf lager dan de klassegrens van 1360 mg/kg, zodat de bodem niet eutroof genoemd kan worden (Tonkes 2006).

Er zijn geen gegevens bekend over het ijzer- en zwavelgehalte. Hierdoor kunnen we geen conclusies trekken omtrent de kans op fosfaalnalevering. Gezien het lage fosfaatgehalte zal de grootte van een eventuele naleveringsflux gering zijn.

**Tabel 15** Waarden van enkele kwaliteitsparameters van de waterbodem in een zwemzone (16-701) en in het diepe deel van de surfvijver van Het Hulsbeek (16-706).

Parameter	Eenheid	16-701	16-706
BZV 5	mg O <sub>2</sub> /kg ds	580	250
Droge stof	%	30.3	58.2
Stikstof Kjeldahl	mg N/kg ds	1000	530
Fosfaat	mg P/kg ds	280	260

#### 4.9 Grondwaterkwaliteit

Het Hulsbeek wordt mede gevoed door grondwater. De waterkwaliteit van de plas is daarom afhankelijk van de kwaliteit van dit grondwater. Het meest nabijgelegen grondwatermeetpunt ligt ten noordwesten van Oldenzaal (Morsweg in het Lemselerveld) op 2.5 km ten noorden van Het Hulsbeek. Het maaiveld rond het grondwatermeetpunt ligt ongeveer een meter of zeven lager als bij Het Hulsbeek. De meest recente metingen op dit punt dateren van acht jaar geleden (tabel 16).

Gezien de maximale diepte in Het Hulsbeek, hoogstens 4.5 m, zal alleen het ondiepe grondwater (van minder dan 10 m diepte) een rol spelen in de kwelstroom. De beschikbare kwaliteitsgegevens echter betreffen dieper grondwater (van 11 tot 13 m en van 28 tot 30 m beneden het maaiveld). Het ondiepere grondwater is naar verwachting armer aan ionen en wat rijker aan ammonium, maar het gehalte van fosfaat kunnen wij niet voorspellen.

Het fosfaatgehalte van het diepere grondwater bedraagt circa 0.2 mg P/l (tabel 16). Op grond van de hoge verhouding van Ca:P verwachten we dat dit fosfaat grotendeels gebonden is aan calciumzouten en daardoor weinig mobiel (Jaarsma *et al.* 2008). Het grondwater is arm aan ijzer maar rijk aan sulfaat. Hierdoor zal een groot deel van dit ijzer in het grondwater gebonden zijn als ijzersulfide en niet meer beschikbaar voor fosfaatbinding. Dit wordt beschreven door de ratio (Fe-S):P die sterk negatief is.

**Tabel 16** Chemische samenstelling van het grondwater op twee verschillende diepten in het Lemselerveld bij Oldenzaal ( $x = 257.338$ ,  $y = 483.500$ ) in de zomer van 2000-2002 (bron: WRD); ter vergelijking de huidige gemiddelden in de surfvijver van Het Hulsbeek.

parameter	eenheid	plas	grondwater: 11.1-13.1 m			28.1-30.1 m
		2009-2010	2000	2001	2002	2000
EGV	mS/m	29	89	94	87	54
ionenratio		0.60	0.80	0.81	0.80	0.84
alkaliniteit	meq/l	1.04	6.32	4.66	6.44	2.23
HCO <sub>3</sub>	mg/l	64	385	284	393	136
Cl	mg/l	37	63	67	63	29
SO <sub>4</sub>	mg/l	31	103	116	89	89
Ca	mg/l	32	142	161	139	85
K	mg/l	2	1	2	2	< 1
Mg	mg/l	6	11	12	11	6
Na	mg/l	12	50	57	54	24
Fe	mg/l	0.02	5	5	5	5
P-totaal	mg P/l	0.04	0.22	0.19	0.19	0.20
NH <sub>4</sub>	mg N/l	< 0.10	1.91	1.96	1.85	1.29
NO <sub>3</sub>	mg N/l	0.12	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Fe:P	mol/mol	1	37	47	41	45
(Fe-S):P	mol/mol	-841	-432	-557	-424	-395
Ca:P	mol/mol	2073	1548	2019	1740	1004

#### 4.10 Regenwaterkwaliteit

Ook het regenwater is een bron van nutriënten voor de plas. Uit metingen bij Eibergen in het jaar 2000 blijkt dat de natte depositie van fosfaat op Het Hulsbeek waarschijnlijk gering is (tabel 17). De hoeveelheid komt neer op een belasting van 0.017 mg P/m<sup>2</sup>/dag en dit is een factor vijftien lager dan de toelaatbare belasting vanuit alle bronnen gezamenlijk (Osté *et al.* 2010).

**Tabel 17** Jaargemiddelde chemische samenstelling van het regenwater op een punt bij Eibergen ( $x = 238.5$ ,  $y = 456.6$ ) in 2000 (bron: Stolk 2001) en 2004 (berekend uit data van het RIVM), en de jaarlijkse natte depositie in 2000 (bron: Stolk 2001); met de huidige gehalten in de surfvijver van Het Hulsbeek.

parameter	eenheid	plas	regenwater		natte depositie	
		2009-2010	2000	2004	eenheid	2000
EGV	mS/m	29	20	24	-	-
ionenratio	meq/meq	0.60	0.29	0.20	-	-
alkaliniteit	meq/l	1.04	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub>	mg/l	64	-	-	-	-
Cl	mg/l	37	1.1	1.4	mg/m <sup>2</sup> /j	887
SO <sub>4</sub>	mg/l	31	2.2	2.2	mg/m <sup>2</sup> /j	1979
Ca	mg/l	32	0.2	0.2	mg/m <sup>2</sup> /j	220
K	mg/l	2	0.1	0.4	mg/m <sup>2</sup> /j	94
Mg	mg/l	6	< 0.1	< 0.1	mg/m <sup>2</sup> /j	78
Na	mg/l	12	0.6	0.9	mg/m <sup>2</sup> /j	511
Fe	mg/l	0.02	-	-	-	-
P-totaal	mg P/l	0.04	0.02	0.04	mg/m <sup>2</sup> /j	19
NH <sub>4</sub>	mg N/l	< 0.10	1.7	1.7	mg/m <sup>2</sup> /j	1488
NO <sub>3</sub>	mg N/l	0.12	2.7	2.8	mg/m <sup>2</sup> /j	2449



## 5 Ecologisch functioneren en blauwalproblematiek

### 5.1 Ecologische kwaliteit en referentie

#### *Waterkwaliteit*

De huidige waterkwaliteit van de plas Het Hulsbeek vanuit ecologische principes kunnen we beoordelen als redelijk. Het percentage zuurstofverzadiging, het chloridegehalte, de zuurgraad en het doorzicht voldoen in 2009-2010 aan de milieukwaliteitseisen die het Waterschap Regge en Dinkel stelt aan dit type plassen (tabel 18). De nutriëntengehalten en de maximale watertemperatuur zijn in de zwemvijvers te hoog, maar voldoen in de surfvijver. Het sulfaatgehalte is overal net iets te hoog.

**Tabel 18** Toetsing van de waterkwaliteit van Het Hulsbeek (excl. schaatsvijver), 2009-2010, aan de milieukwaliteitseisen van Waterschap Regge en Dinkel (2010) voor het watertype M16.

Parameter	Toetscriterium	Eenheid	Norm	Plas 2009-2010			
				16-701	16-702	16-703	16-706
Temperatuur	Maximum dagw aarde	°C	≤ 25	26.0	26.5	25.9	21.9
Zuurstof	Zomergemiddelde	%	≥ 60 en ≤ 120	107	107	103	99
Zoutgehalte	Zomergemiddelde	mg Cl/l	≤ 40	34	34	37	37
Zuurgraad	Zomergemiddelde		≥ 6.5 en ≤ 8.5	8.4	8.4	8.2	7.9
Totaal fosfaat	Zomergemiddelde	mg P/l	≤ 0.040	0.048	0.058	0.059	0.036
Totaal stikstof	Zomergemiddelde	mg N/l	≤ 0.90	0.98	0.93	0.56	0.58
Doorzicht	Zomergemiddelde	m	≥ 1.7	nvt	nvt	nvt	2.2
Sulfaat	90-percentiel op jaarbasis	mg/l	≤ 30	32.0	-	-	31.5
Alkaliniteit	Jaargemiddelde	meq/l	-	1.05	-	-	1.04

nvt = niet van toepassing

#### *Fytoplankton*

Ofschoon het zomergemiddelde chlorofyl-a-gehalte veel lager is dan de ondergrens van het GET (de goede ecologische toestand volgens de KRW), te weten 14.5 µg/l, wordt niet op alle meetpunten voldaan aan de werknormen voor de trofieparameters fosfaat en stikstof (tabel 19). Dit komt echter vooral door een in de zomer optredende incidentele belasting in de zwemvijvers (zie paragraaf 5.2.2). Op het meetpunt in de surfvijver voldoen de N- en P-gehalten ruimschoots aan de normen.

Het zomergemiddelde chlorofyl-a-gehalte beantwoordt aan de goede tot zeer goede ecologische toestand (de grens tussen GET en ZGET bedraagt 5.8 µg/l). In de loop van 2009 en 2010 zijn bloeien waargenomen van kleine Chroococcales (*Cyanocatena imperfecta*) en kleine Chlorococcales en *Chrysochromuline parva*, het meest frequent in het zwemgedeelte (16-701). Deze bloeien moeten beoordeeld worden als ontoereikend tot matig.

**Tabel 19** Zomergemiddelde gehalten van nutriënten, chlorofyl-a en hun verhoudingen; GET 90% M16 geeft de zomergemiddelden waarbij in heldere meren (doorzicht > 0.6 m) van het type M16 de kans op het behalen van het GET voor chlorofyl-a 90% bedraagt (berekening gebaseerd op ruim zestig meren van dit type; bron: Heinis & Evers 2007). Hulsbeek 2009 geeft de zomergemiddelden op verschillende meetpunten in Het Hulsbeek in het meetjaar 2009.

	Totaal-P mg P/l	Totaal-N mg N/l	Chla µg/l	Chla:P µg/mg	Chla:N µg/mg
GET 90% M16	0.038	0.940	14.5	385	54.1
Hulsbeek 2009					
16-701	0.048	0.975	6.0	133	7.5
16-702	0.058	0.933	6.1	109	7.1
16-703	0.059	0.555	5.5	127	8.1
16-706	0.036	0.575	8.0 <sup>1)</sup>	-	-

1) Gehalte berekend uit het totale fytoplanktonbiovolume, zie paragraaf 4.1

### *Plantengroei*

De ontwikkeling van de watervegetatie is matig tot goed; het bedekkingspercentage in het begroeibare areaal is in juni nog laag maar overschrijdt in augustus net de klassegrens tussen matig en goed, die gesteld is op 25%; van der Molen & Pot 2007). Gelet op het doorzicht zou een veel groter oppervlak van de zwemvijvers begroeid kunnen zijn, maar dit wordt tegen gegaan met het oog op de zwemfunctie. De maximale diepte waarop ondergedoken waterplanten zijn aangetroffen is 2.7 meter en dit komt overeen met onze verwachting op grond van de zomergemiddelde zichtdiepte. Er komen wel karakteristieke plantensoorten voor, zoals Aarvederkruid, maar geen bijzondere uit het referentiebeeld van dit type plas, zoals Smalle waterweegbree en Naaldwaterbies. Er komen geen kranwierweiden voor.

### *Vis*

De soortenrijkdom van vis is vrij laag. Een oorzaak hiervan is de geïsoleerde ligging van de plas (gebrek aan connectiviteit). De visstand heeft kenmerken van het Blankvoorn-Brasemtype (de gemeenschap die men in deze plassen verwacht; zie het intermezzo op de volgende pagina). De gevoelige soorten uit het referentietype lijken echter te ontbreken. Voorts lijkt de sterfte onder opgroeiende vis hoog. Dit kan het gevolg zijn van predatie (Fuut, Aalscholver) en de lage voedselrijkdom van de plas.

### *Referentiebeeld*

Een referentiebeeld van het ecosysteem van Het Hulsbeek kunnen we ontleen aan het Aquatisch Supplement en de Referenties en Maatlatten (zie intermezzo op pagina 53). In levende lijve kunnen we dit type meren vinden in het Noorden en Oosten van Duitsland (bijvoorbeeld Holsteinische Schweiz en Mecklenburg). Een groot verschil tussen deze natuurlijke plassen en onze voormalige winplassen op de hogere gronden, is de connectiviteit, de open verbinding met ander oppervlaktewater.



### *Referentie voor Het Hulsbeek*

Op grond van de oppervlakte, diepte, alkaliniteit ( $> 1$  meq/l) en geleidbaarheid ( $\geq 25$  mS/m) kennen we Het Hulsbeek toe aan het KRW-type M16 (van der Molen & Pot 2007) en verwachten we hier een gemeenschap van diepe, mesotrofe, matig tot sterk gebufferde wingaten (Jaarsma & Verdonschot 2000). Bepalend voor de ecologische ontwikkeling zijn oppervlak, diepteverloop, trofiegraad, bodemtype en verblijftijd. Deze factoren sturen de helderheid en de grootte van het begroeibare areaal ondergedoken waterplanten en daarmee ook de hoeveelheid fytoplankton en de samenstelling van de macrofauna- en visgemeenschap.

Vegetaties van ondergedoken waterplanten en oeverplanten zijn beperkt tot de ondiepe zones van deze kleine meren. Indicatieve waterplanten zijn o.a.

Aarvederkruid, Naaldwaterbies, Schedefonteinkruid, Smalle waterpest, Stijve waterranonkel, Tenger fonteinkruid en Teer kransblad.

In het plankton zijn algen in het voordeel die zich, bij afwezigheid van turbulentie, boven in de waterkolom kunnen handhaven. Dit zijn algen met flagellen of een groot drijfvermogen. In het voorjaar vindt men kiezelalgen en goudalgen (*Asterionella*, *Cyclotella*, *Dinobryon*, *Mallomonas*), in de zomer dinoflagellaten (*Ceratium*), groenalgen uit de orde Volvocales (*Eudorina*, *Volvox*), *Botryococcus*, sieralgen en blauwalgen (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*).

De visstand is van het Blankvoorn-Brasem-diepwatertype. In het open water vinden we vooral eurytope soorten. Dit zijn soorten die niet heel kieskeurig zijn wat betreft hun leefomgeving en in veel biotopen kunnen leven. Baars en blankvoorn domineren. De ondiepe oeverzones met vegetatie hebben een belangrijke functie als paai- en opgroeigebied voor deze eurytope soorten, en als leefgebied voor limnofiele soorten. In deze oeverzone leeft een gevarieerde visstand met o.a. Kolblei, Ruisvoorn, Snoek en Zeelt en gevoelige soorten als Kleine modderkruiper en Kroeskarper.

## 5.2 Ecologisch functioneren

### 5.2.1 Productiviteit

Het Hulsbeek heeft in het zomerhalfjaar een zeer lage biomassa van planktonalgen. Deze hoeveelheid is minder dan men zou verwachten op grond van de hoeveelheid stikstof en fosfaat. Bij een totaal-fosfaatgehalte in april van  $< 0.03$  à  $0.05$  mg P/l (2009) verwachten we een zomergemiddeld chlorofyl-a-gehalte van ca.  $10 \mu\text{g/l}$  (Osté *et al.* 2010). We meten een gehalte van hooguit  $6 \mu\text{g/l}$  (tabel 19). Vermoedelijk is een deel van het fosfaat niet beschikbaar voor algengroei, en wordt het fytoplankton in de zomer (mei-september) sterk begraasd door dierlijk plankton. Op grond van het feit dat het aandeel van stikstoffixerende blauwalgen laag blijft lijkt het optreden van stikstofflimitatie geen grote rol in dit systeem te spelen.

De grootste hoeveelheden fytoplankton vinden we in de zwemzone in de zomer en in de surfvijver in nazomer en herfst (zie figuur 10). Dit verschil is als volgt te verklaren: in de

zwemvijvers is in de zomer sprake van een verhoogde beschikbaarheid van fosfaat, maar in de surfvijver niet. Hierdoor is de productiviteit in de zwemvijvers in de zomer net iets hoger dan in de surfvijver. Door een daling van de graasdruk na juli neemt het aandeel kleine, gemakkelijk begraasbare algen uit de W- en X-groepen toe (zie figuur 11) en daarmee de totale fytoplankton-biomassa (chlorofyl-gehalte en biovolume). De toename van het aandeel *Planktothrix* in oktober-november kan het gevolg zijn van het voordeel dat deze alg heeft bij geringere hoeveelheden licht. Hierdoor kan hij succesvol om voedingsstoffen concurreren met andere planktonalgen en met bodemalgen.

Door het redelijk hoge doorzicht (2 à 3 m) en de betrekkelijk geringe diepte (maximaal 3.5 tot 4.5 m), zal de primaire productie in Het Hulsbeek zonder ingrepen voor een belangrijk deel voor rekening komen van ondergedoken waterplanten, bodemalgen en epifytische algen. Deze leggen nutriënten vast zodat deze niet meer beschikbaar zijn voor planktonalgen. Voorts hebben waterplanten een positieve invloed op de helderheid van een plas. Door de verwijdering van waterplanten bevordert men dus de groei van planktonalgen en de troebelheid.

### 5.2.2 Nutriëntenhuishouding

De fytoplanktonproductiviteitsparameters (chlorofyl-a, Chla:P en Chla:N) liggen ruim beneden de GET-norm (tabel 19). Op het diepe meetpunt, 16-706, voldoen ook de gehalten totaal-P en totaal-N aan deze norm (uit ). De hoogste totaal-P-gehalten treden in 2009 op in de zomermaanden juli-augustus, maar alleen op de ondiepe punten treden waarden op voor ver boven 0.04 mg P/l. Mogelijke oorzaken zijn de activiteit van badgasten (uitscheiding), afspoeling van meststoffen en het maaibeheer. In de zwemplas De Berendonck bleek afspoeling van een nabijgelegen golfterrein verantwoordelijk voor een belasting van 4.2 kg P over een geheel jaar (M. Lurling pers. meded.).

De verhoogde totaal-fosfaatgehalten in de zwemvijvers gaan gepaard met even hoge gehalten opgelost reactief fosfaat (DRP), en een toename van het chlorofyl-a-gehalte. Op het meetpunt 16-701 is van juni op juli in feite sprake van een verdubbeling van zowel het fosfaatgehalte als het chlorofyl-a-gehalte.

Samenvattend is het waarschijnlijk dat de fosfaatbelasting op Het Hulsbeek vanuit het grond- en regenwater momenteel beneden de kritische waarde ligt. Preciese kwaliteitsgegevens van het ondiepe grondwater zijn niet beschikbaar, maar de gehalte in de plas voldoen aan de GET-normen. Door incidentele belasting vanuit andere bronnen zijn de gehalte van nutriënten en fytoplankton in de zwemvijvers in de zomer verhoogd. Hierdoor worden in dit deel van Het Hulsbeek de GET-normen en de milieukwaliteits-eisen van het waterschap overschreden.

Wat deze andere bronnen betreft houden we rekening met een nutriëntenbelasting vanuit de recreatie en als gevolg van het maaien van waterplanten. Daarnaast is af- en uitspoeling van meststof naar het water denkbaar en nalevering vanuit de slibrijke schaatsvijver. Het gebruik van lokvoer is toegestaan in de visvijver van Het Hulsbeek, maar voor zover wij weten niet in de zwem- en surfvijvers.

### 5.2.3 Andere processen

#### *Concurrentie van waterplanten*

Waterplanten met hun aangroei verlagen het fosfaatgehalte in het water. Het verwijderen van ondergedoken waterplanten in Het Hulsbeek speelt de groei van fytoplankton daarom in de kaart.

#### *Activiteit van vis*

De hoeveelheid vis in de zwem- en surfvijver van Het Hulsbeek is beperkt. Er zijn drie bodemwoelende soorten gevonden: Brasem, Karper en Spiegelkarper. Hun dichtheid is laag, zodat ze geen grote rol zullen spelen in de nalevering van bodemgebonden fosfaat. De hoeveelheid jonge Baars is wel aanzienlijk, zodat we een negatieve invloed op de biomassa van het zoöplankton kunnen verwachten. Dit is niet zorgwekkend aangezien er in Het Hulsbeek niet echt sprake is van overmatige algengroei.

#### *Klimaatsverandering*

Er is in Het Hulsbeek een niet significante, geringe toename te zien van de zuurgraad en de watertemperatuur (figuur 19). Een stijging van de zuurgraad kan het gevolg zijn van een toegenomen productiviteit van algen en waterplanten. Een hogere watertemperatuur kan de ontwikkeling van potentieel toxische blauwalgen langs indirecte weg bevorderen, via processen als nutriëntnalevering en begrazing van andere algen.

## 5.3 Zwemwaterproblemen in Het Hulsbeek

In tabel 20 hebben we een overzicht gegeven van problemen met de zwemwaterkwaliteit die zich in de afgelopen jaren hebben voorgedaan in Het Hulsbeek.

**Tabel 20** Problemen zwemwaterkwaliteit in Het Hulsbeek in de afgelopen jaren.

Jaar	Maand	Probleem
?		Blauwalgbloei in de schaatvijver
2006	28 juni - 7 juli	Blauwalgoverlast leidend tot zwemverbod
2007	eind mei	Drijfslag van blauwalgen langs strand 16-701 en in de schaatvijver
2009	19 mei	Drijfslag van <i>Anabaena lemmermannii</i> langs strand 16-701 en van <i>A. lemmermannii</i> en <i>Microcystis microcystiformis</i> langs strand 16-703
	16 juli	Drijfslag (6 m <sup>2</sup> ) van <i>A. lemmermannii</i> langs strand 16-703
	21 juli	Drijfslag (8 m <sup>2</sup> ) van <i>A. lemmermannii</i> langs strand 16-703
	27 juli	Drijfslag (2.5 m <sup>2</sup> ) van <i>A. lemmermannii</i> langs strand 16-702

### 5.3.1 Blauwalgproblematiek

#### *Aard en omvang*

Het aantal incidenten met blauwalgen waarbij ook daadwerkelijk een zwemverbod moest worden afgekondigd is beperkt (tabel 20). Alleen in 2006 is gedurende ruim een week in de zomer een zwemverbod ingesteld. Er zijn op 3 juli vier watermonsters onderzocht, drie

verzameld op elk van de drie ondiepe meetpunten (de zwemstrandjes) en één in de schaatsvijver. In elk van de monsters kwamen de potentieel toxische blauwalgen *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis* en *Planktothrix* voor, maar alleen van *Anabaena* was de dichtheid hoger dan één cel per milliliter. De hoogste dichtheid op 3 juli werd gemeten op het strandje bij 16-703 en bedroeg 55 cellen per milliliter (vijf filamenten per milliliter). Dit zijn zeer lage dichtheden waarbij niet gesproken kan worden van een bloei; de dichtheden liggen ook vèr onder de grenswaarde van het Risiconiveau I van het Blauwalgenprotocol 2010. Mogelijk was sprake van een drijfslag, als gevolg van een concentratie van blauwalgen aan het wateroppervlak, gevolgd door opwaaiing naar de oever. Volgens het meest recente Blauwalgenprotocol (2011) zal een drijfslag van beperkte omvang tot een waarschuwing leiden, die bij dagelijks toezicht van korte duur kan zijn als de drijfslag spoedig verdwijnt.

Ook in 2009 bleef de dichtheid van *Anabaena* in watermonsters van het punt 16-701 (strand 1) laag (maximaal 15 filamenten en 1 142 cellen per ml), terwijl hier al in mei een drijfslag werd gemeld van *Anabaena lemmermannii*. In het drijfslagmonster was naast deze *Anabaena* ook stuifmeel aanwezig, wat eveneens een groenige laag op het wateroppervlak kan veroorzaken. Deze soort was ook verantwoordelijk voor de drijfslagen langs de andere strandjes in juli (tabel 20). *Microcystis* werd in watermonsters van de punten 16-701 en 16-706 slechts een enkele keer aangetroffen.

De hoeveelheid *Planktothrix* bereikte in oktober-november dichtheden van 1 000 tot 7 000 cellen per milliliter (9 tot 36 filamenten per ml), eveneens lager dan de grens voor het Risiconiveau I en veel lager dan het bloeicriterium uit de KRW-maatlat.

#### Oorzaken

Blauwalgen uit de geslachten *Anabaena* en *Aphanizomenon* zijn in staat tot fixatie van moleculaire stikstof en moeilijker begraasbaar voor zoöplankton. Daaraan ontlene ze een voordeel ten opzichte van vele andere planktonalgen. In Het Hulsbeek lijkt echter nauwelijks sprake te zijn van stikstofbeperking en is de graasdruk vermoedelijk niet heel hoog, als gevolg van een flink bestand aan jonge Baars. Daarom blijft de hoeveelheid van *Anabaena* beperkt.

Voor *Microcystis* en in mindere mate *Aphanizomenon* geldt ook dat de fosfaatgehalten in Het Hulsbeek vermoedelijk te laag zijn om een populatie op te bouwen en in stand te houden, gelet op de concurrentie van sneller groeiende algen met een vermoedelijk hogere affiniteit voor het schaarse fosfaat. Bloeien van deze blauwalgen doen zich meestal voor bij totaal-fosfaatgehalten hoger dan 0.05 à 0.09 mg P/l (hoofdstuk 3). De kortstondige ontwikkeling van *Planktothrix agardhii* in de herfst, is vermoedelijk het gevolg van diens vermogen om succesvol te zijn onder omstandigheden met weinig licht. Voor deze alg is de gemiddelde diepte van Het Hulsbeek eigenlijk te groot en het water te helder.

### 5.3.2 Zwemmersjeuk

Wij hebben geen meldingen van zwemmersjeuk in Het Hulsbeek gehoord of gezien (Provincie Overijssel 2007).

## 6 Mogelijke maatregelen

### 6.1 Motivatie keuze maatregelen

Op grond van de dichtheid van de blauwalgpopulatie in het open water denken wij dat de blauwalgproblematiek in Het Hulsbeek beperkt is: de dichtheden bleven in 2009 ver beneden de bloeicriteria uit de KRW-maatlat en ver beneden de grenswaarde voor Risiconiveau 1 uit het Blauwalgenprotocol 2011. Toch worden haast jaarlijks drijfslagen waargenomen van *Anabaena*. De aanwezigheid hiervan zou voldoende kunnen zijn voor Risiconiveau 1 (bij drijfslag categorie 2 volgens het protocol). In dit geval zou besloten moeten worden tot een waarschuwing aan zwemmers. Er is dan duidelijk sprake van een blauwalgprobleem waar wat aan gedaan moet worden.

Het fosfaatgehalte, het groeibeperkende nutriënt voor de overlast veroorzakende blauwalgen, is in de zwemzone duidelijk verhoogd ten opzichte van het natuurlijke achtergrondgehalte en ook hoger dan de norm voor de goede ecologische toestand wat betreft fytoplanktonbiomassa. In het open water (de surfvijver), voldoet het fosfaatgehalte aan deze GET-norm. De maatregelen die wij voorstellen richten zich daarom voor een deel op het saneren van 'interne' fosfaatbronnen rond de zwemvijvers; de fosfaatlast vanuit grond- en regenwater achten wij beperkt op grond van de lagere gehalten in de surfvijver. De voorgestelde maatregelen vallen in vier categorieën:

- 1) maatregelen om de fosfaatbelasting op de zwemvijvers te verminderen;
- 2) maatregelen om de huidige ecologische toestand in stand te houden en te verbeteren;
- 3) maatregelen om het ontstaan van drijfslagen tegen te gaan;
- 4) maatregelen om de overlast van drijfslagen te beperken.

### 6.2 Vermindering fosfaatbelasting op zwemvijvers

De fosfaatgehalten in de zwemgedeelten van Het Hulsbeek zijn in juli-augustus duidelijk verhoogd ten opzichte van voor- en najaar en ten opzichte van de surfvijver. We vermoeden een verband met de recreatie en het beheer. Het is niet mogelijk om de belasting vanuit deze bron volledig tegen te gaan, maar we kunnen wel de beschikbaarheid van fosfaat verkleinen. Daarnaast kunnen we proberen om de belasting vanuit andere bronnen te minimaliseren. Dit leidt tot een aantal mogelijke maatregelen.

- **Verlagen van de beschikbaarheid van opgelost fosfaat (orthofosfaat)**  
In het zwemseizoen kan de toediening van ijzer- en calciumrijk water de beschikbaarheid van fosfaat verlagen. Daarvoor kan wellicht ondiep grondwater opgepompt worden dat vervolgens 's nachts op enkele plaatsen in de zwemzone wordt geloosd. De positieve effecten hiervan moeten worden vastgesteld op grond van een chemische analyse van het ondiepe grondwater en het effect op de water- en fosfaatbalans van de plas.
- **Voorkomen van de af- en uitspoeling van nutriëntrijk regenwater**

De gebruikte Thomaskali bevat fosfor in de vorm van fosforzuuranhydride (8%). Om inwaaiing en afspoeling van meststoffen te voorkomen raden we aan om geen kunstmest te strooien in een brede zone langs de oever. Als alternatief zouden bufferzones aangelegd kunnen worden met kruiden en struweel langs ligweiden die direct aan het water grenzen (zonder strandje).

Om de af- en uitspoeling van speciaal fosfor te beperken zou ook de toepassing van een andere meststof, bijvoorbeeld kalkammonsalpeter overwogen kunnen worden.

- **Verminderen van fosfaataflevering vanuit de schaatsvijver**

Het is voorstelbaar dat de slibrijke bodem van de schaatsvijver in het zomerhalfjaar fosfaat nalevert. Via de doorgangen kan dit bijdragen aan de fosfaatbelasting op de zwem- en surfvijver. Als de afvoer van overtollig oppervlaktewater plaatsvindt via de zwemvijvers, kan men zich voorstellen dat de fosfaatvracht vanuit de schaatsvijver groter is dan wanneer water van Het Hulsbeek via de schaatsvijver wordt afgevoerd. Om de nalevering te verminderen zou de schaatsvijver gebaggerd moeten worden. We weten niet hoe de huidige afvoer van overtollig water verloopt, maar afvoer via de schaatsvijver zou voor vermindering van de fosfaatbelasting op de zwemvijvers beter zijn dan afvoer via de zwemvijvers; in dat geval wordt de schaatsvijver 'leeggetrokken'.

### 6.3 Instandhouden en verbeteren huidige ecologische toestand

In de huidige ecologische toestand is de productiviteit van het fytoplankton matig, door de lage nutriëntengehalten en de concurrentie met bodem- en aangroei-selalgen. De nutriëntenbelasting op het meer dient zo laag mogelijk gehouden te worden en de concurrentie om nutriënten zo groot mogelijk, om te voorkomen dat de fytoplankton-productiviteit stijgt en de frequentie en omvang van blauwalgproblemen toeneemt.

- **Versoepelen maaibeheer buiten de ondiepe zwemzone**

Door een minder stringent maaibeheer buiten de ondiepe zwemzone kan men de bedekking en omvang van ondergedoken vegetatie in Het Hulsbeek vergroten. Dit remt de ontwikkeling van fytoplankton.

- **Handhaven van het verbod op het gebruik van lokvoer bij de hengelsport**

- **Voorkomen van het uitzetten van karpers**

Karpers hebben een negatieve invloed op ondergedoken waterplanten en stimuleren sportvissers tot het gebruik van lokvoer.

### 6.4 Voorkomen van drijfslagen

Blauwalgen zoals *Anabaena* en *Microcystis* hebben in diepere meren alleen concurrentievoordeel, wanneer zij hun dagelijkse verticale migratie kunnen uitvoeren (zie hoofdstuk 3). Dit wordt tegengewerkt door turbulentie in de waterkolom op te wekken, bijvoorbeeld door bellenschermen of fonteinen.

## 6.5 Bestrijden overlast drijfslagen

Drijfslagen zijn nooit helemaal uit te sluiten. Het zijn natuurlijke fenomenen die ook kunnen optreden in de schoonste plassen, maar dan altijd beperkt van omvang en tijdelijk zijn. Dat maakt drijfslagen niet minder hinderlijk. Daarom noemen we in deze paragraaf een aantal maatregelen die overlast van een drijfslaag zoveel mogelijk beperken.

- **Het opzuigen van drijfslagen**

Drijfslagen kan men opruimen door ze op te zuigen met een pomp en het materiaal af te voeren. De Gemeente Almere heeft de laatste jaren veel ervaring opgedaan met het verwijderen en bestrijden van drijfslagen (M. Lurling, pers. meded.).

- **Besproeien met waterstofperoxide**

Door drijfslagen gericht te besproeien met waterstofperoxide kan men de blauwalgen ter plaatse doen afsterven. De toepasbaarheid en risico's van deze methode zijn echter nog onvoldoende onderzocht (M. Lurling, pers. meded.). De drijfslaag zal niet meteen verdwijnen door besproeiing met peroxide en er is een geval bekend waarbij gedurende enkele dagen een stinkende, afstervende drab op het behandelde water lag. Tijdens het afsterven kan korte tijd de concentratie gifstoffen in het water verhoogd zijn.





## 7 Literatuur

- Blauwalgenprotocol (2010) Versie 10 maart 2010. Vastgesteld door het Nationaal Wateroverleg (NWO; zie [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl) thema Cyanobacteriën).
- Blauwalgenprotocol (2011) Versie 28 februari 2011. Vastgesteld door het Nationaal Wateroverleg (NWO).
- Bijkerk R (2005) Stuurbaarheid van fytoplankton. Een onderzoek naar de stuurvariabelen van fytoplanktonbloei als doelvariabelen in de Kaderrichtlijn Water. Rapport 2005-096, Koeman en Bijkerk bv, Haren. 88 pp.
- Bijkerk R (red) (2010) Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Rapport 2010-28, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- Bloemendaal FHJL & Roelofs JGM (red) (1988) Waterplanten en waterkwaliteit. Uitgeverij KNNV, Utrecht.
- Elbersen JWH, Verdonschot PFM, Roels B & Hartholt JG (2003) Definitiestudie Kaderrichtlijn Water (KRW). 1. Typologie Nederlandse oppervlaktewateren. Alterra-rapport 669, Alterra, Wageningen. 70 pp.
- Heinis F & Evers CHM (2007) Afleiding getalswaarden voor nutriënten voor de goede ecologische toestand voor natuurlijke wateren. STOWA-rapport 2007-02/RIZA-rapport 2007-001, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Utrecht.
- Jaarsma NG & Verdonschot PFM (2000) Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 8. Wingaten. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Rapport EC-LNV nr AS-08, Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Jaarsma N, Klinge M & Lamers L (2008) Van helder naar troebel... en weer terug. Een ecologische systeemanalyse en diagnose van ondiepe meren en plassen voor de kaderrichtlijn water. Rapport 2008-04, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Utrecht.
- Jöhnk K, Huisman J, Sharples J, Sommeijer B, Visser P & Stroom J (2008) Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria. *Global Change Biology* 14: 495-512.
- Klinge M, Hensens G, Brenninkmeijer A & Nagelkerke L (2003) Handboek Visstandbemonstering, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Utrecht.
- Komárková-Legnerová J & Eloranta P (1992) Planktic blue-green algae (Cyanophyta) from central Finland (Jyväskylä region) with special reference of the genus *Anabaena*. *Arch Hydrobiol/Algological Studies* 67: 103-133.
- Osté A, Jaarsma N & van Oosterhout F (2010) Een heldere kijk op diepe plassen. Kennisdocument diepe meren en plassen: ecologische systeem analyse, diagnose en maatregelen. Rapport 2010-38, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- Padisak J, Crossetti LO & Naselli-Flores (2009) Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621: 1-19.
- Paerl HW & Huisman J (2008) Blooms like it hot. *Science* 320(5872): 57-58.
- Portielje R & van der Molen DT (1998) Relaties tussen eutrofiëringsvariabelen en systeemkenmerken van de Nederlandse meren en plassen. Deelrapport IV voor de Vierde Eutrofiëringsenquête. RIZA rapport 98.007, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad. 98 pp.
- Provincie Overijssel (2007) Staat van Overijssel 2007. Team Beleidsinformatie, Provincie Overijssel, Zwolle.
- Reynolds CS, Huszar V, Kruk C, Naselli-Flores L & Melo S (2002) Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J Plankton Res* 24(5): 417-428
- Reynolds CS (2006) Ecology of phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge. 535 pp.
- Stolk AP (2001) Landelijk meetnet regenwatersamenstelling. Meetresultaten 2000. Rapport 723101 057, RIVM, Bilthoven.
- Tonkes M (2006) Handleiding sanering waterbodems. AKWA rapport 05.006, Advies- en Kenniscentrum Waterbodems, Rijkswaterstaat, Lelystad.

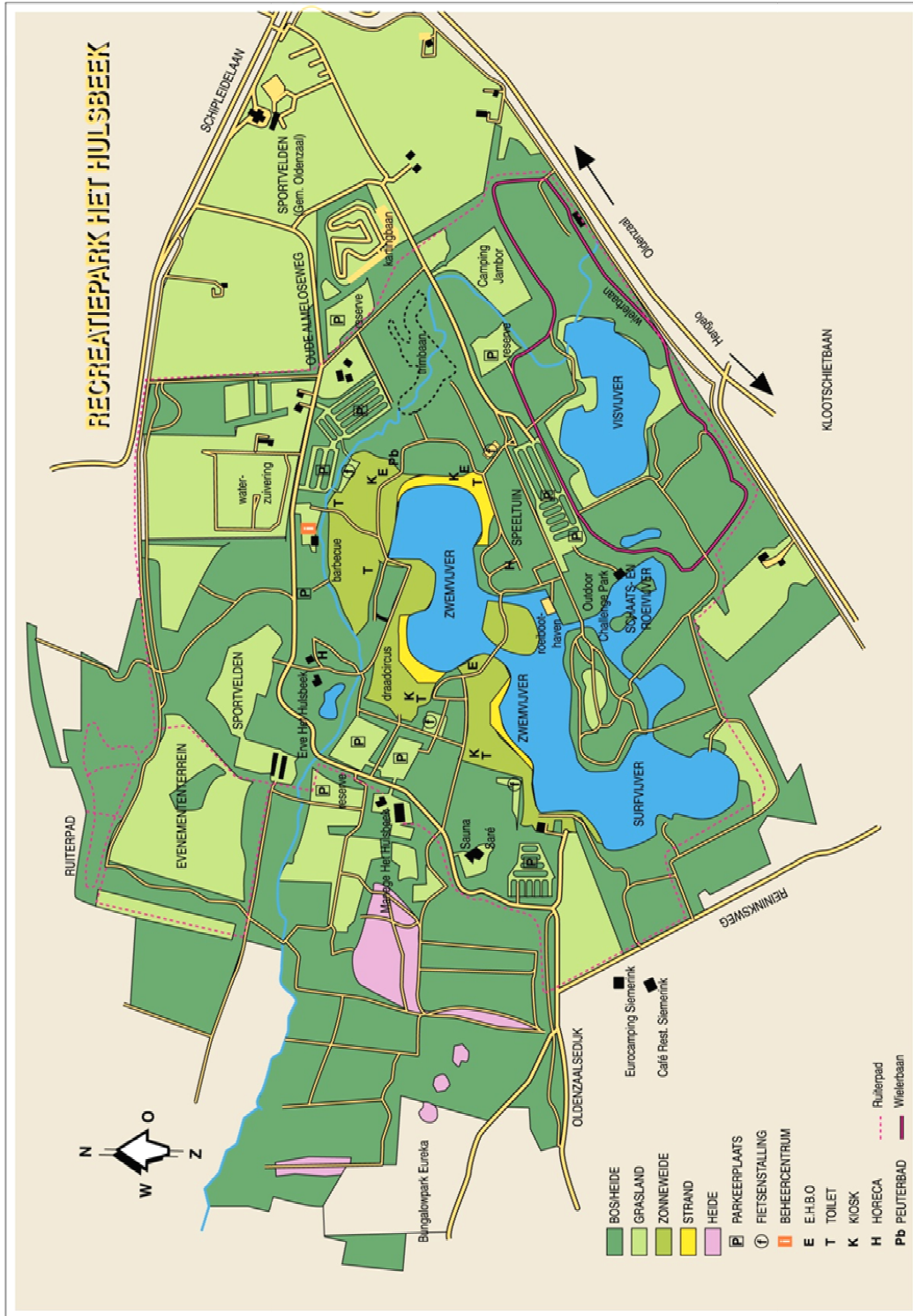
- van der Molen DT & Pot R (red) (2007) Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water. Aanvulling kleine typen. STOWA rapport 2007-032, STOWA, Utrecht.
- Vighi M & Chiaudani G (1985) A simple method to estimate lake phosphorus concentrations resulting from natural, background, loadings. *Water Res* 19: 987-991.
- Waterschap Regge en Dinkel (2009) Nader Onderzoek Zwemwater: Programma van eisen, onderzoeksopzet ecologisch, werkprotocollen. Werkgroep Monitoring, Waterschap Regge en Dinkel, Almelo.
- Waterschap Regge en Dinkel (2010) Waterbeheerplan 2010-2015. Waterschap Regge en Dinkel, Almelo.

## Verklarende woordenlijst

Abundantie	Het aantal planten of dieren van een soort of soortgroep in een bepaald gebied, doorgaans uitgedrukt per oppervlakte-eenheid of volume-eenheid.
Alkaliniteit	Maat voor de capaciteit van water om H <sup>+</sup> -ionen te neutraliseren en pH-daling tegen te gaan; in natuurlijke wateren wordt de alkaliniteit voor het grootste deel bepaald door het gehalte bicarbonaat.
Allelopatie	Uitscheiding van stoffen die de groei van andere organismen remmen.
Bedekking	Bij vegetatie: dat deel van het grondoppervlak dat bij verticale projectie van de begroeiing bedekt wordt door vegetatie, uitgedrukt als percentage.
Begroeibaar areaal	Deel van het waterlichaam waar, in de natuurlijke, ongestoorde toestand, waterplanten kunnen groeien.
Benthisch	Levend in of op (het aangroei) op de bodem van het oppervlaktewater.
Bestandsopname	Onderzoek om de hoeveelheid van een plant of dier in een gegeven gebied te bepalen.
Biovolume	Het totale volume van een organisme; bij algen inclusief een celwand, maar exclusief een eventuele lorica (huisje) of slijmmantel.
Blauwalgen	Een groep fototrofe bacteriën die in veel opzichten aan algen doen denken.
Cyanobacteriën	Blauwalgen.
Detectielimiet	De kleinste concentratie van een stof die nog met voldoende betrouwbaarheid gemeten kan worden
DIN	Opgeloste, anorganische stikstof (Dissolved Inorganic Nitrogen): het totaal van nitriet, nitraat en ammonium
Drijfslaag	Een door ophoping van algen aan het wateroppervlak ontstane, sterk gekleurde laag (blauw, groen, oranje, rood).
DRP	Opgelost, reactief fosfaat (Dissolved Reactive Phosphorus); het totaal aan opgelost, anorganisch fosfaat dat gemeten wordt met de molybdaatmethode; bestaat gewoonlijk voor het grootste deel uit orthofosfaat.
Eurytoop	Van vis: zonder duidelijke voorkeur voor een bepaald leefmilieu.
Eutrofiëring	Toename van het gehalte aan voedingsstoffen, met name van ammonium, nitraat en fosfaat.
Eutroof	Rijk aan voedingsstoffen (gehalte totaal-fosfor (Ptotaal) tussen 0,025 en 0,100 mg P/l).
Filament	Bij algen: een draad van achter elkaar geplaatste cellen, meestal in één rij.
Functionele groep	Groep organismen met één of meer gemeenschappelijke kenmerken die van ecologisch belang zijn.
Gebufferd	Met het vermogen om H <sup>+</sup> -ionen (protonen) te neutraliseren, waardoor een toename van deze ionen niet leidt tot een daling van de pH.

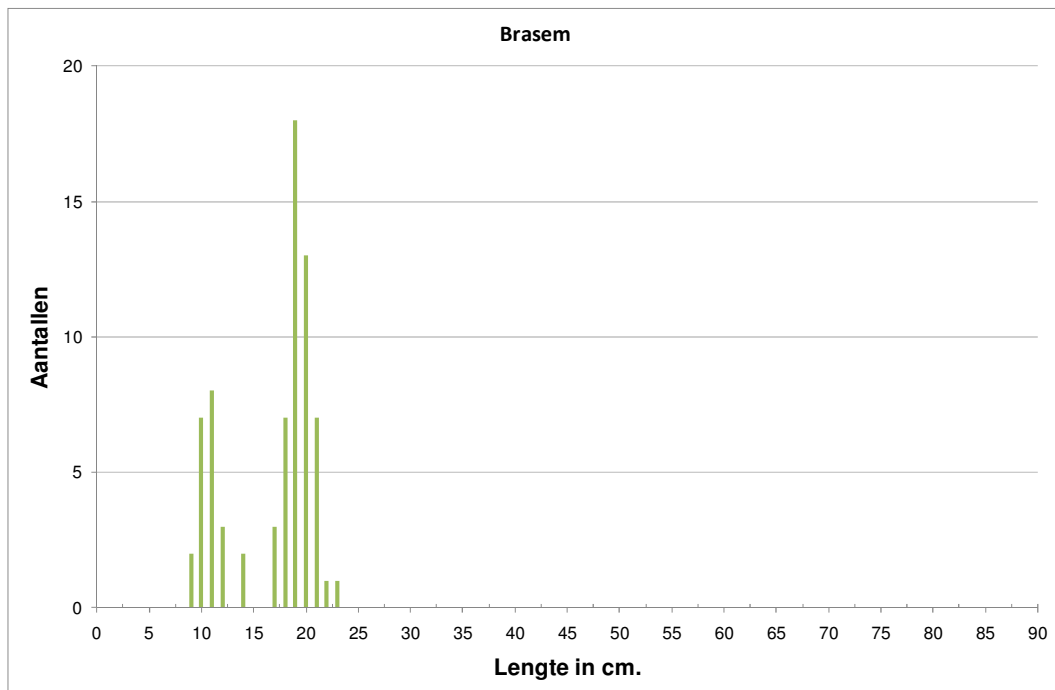
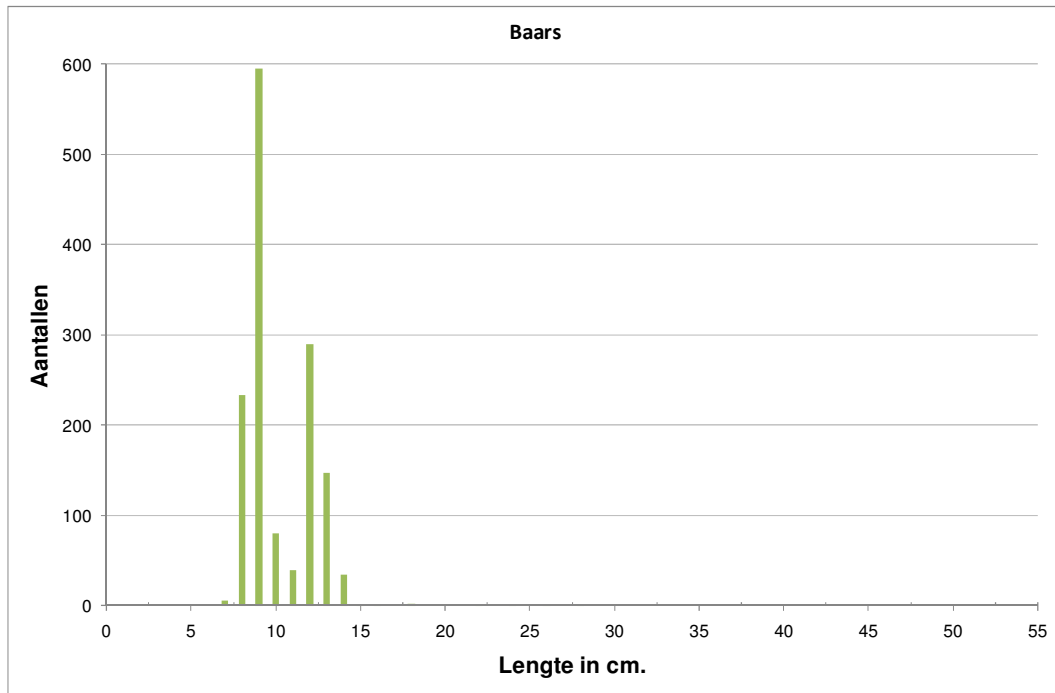
Helofyt	Oeverplant met overwinteringsknoppen onder water, die bestand is tegen meer dan vijf weken overstroming (bijvoorbeeld Riet, Grote lisdodde, Liesgras).
Hydromorfologie	Volgens het Handboek Hydromorfologie: de leer van de vormen in het landschap ontstaan door water; hydromorfologische kenmerken zijn o.a. breedte, diepte, meandering, oevervorm.
Isolatie	De mate waarin een oppervlaktewater in verbinding staat met ander oppervlaktewater.
Limnofiel	Van vis: met een voorkeur voor stilstaande, waterplantrijke wateren.
Maatlat	In de waterkwaliteitsbeoordeling een systeem om de ecologische kwaliteit van een oppervlaktewater te bepalen uit de hoeveelheid en aard van de aanwezige planten of dieren.
Mengmonster	Een monster waarin twee of meer submonsters van verschillende microhabitats of diepten zijn samengebracht.
Mesotroof	Matig rijk aan voedingsstoffen (gehalte fosfor hoger dan 0,0125 mg P/l en maximaal 0,025 mg P/l).
Oligotroof	Arm aan voedingsstoffen (gehalte fosfor lager dan 0,0125 mg P/l).
Parameter	In het hydrobiologisch onderzoek: een variabele waarvan de waarde bepalend is voor de toestand (ecologische kwaliteit) van het watersysteem. Vaak gebruikt als synoniem van variabele.
Redfield ratio	De gemiddelde verhouding tussen koolstof (C), stikstof (N) en fosfaat (P) in algen, die gezien wordt als de optimale verhouding tussen deze elementen in water voor groei van algen: C:N:P = 106:16:1 op basis van molen.
Secchi-diepte	Maximale diepte waarop een afgezonken witte Secchi-schijf nog juist zichtbaar is. De diepte wordt bepaald als het gemiddelde van de diepte waarop de neergelaten schijf uit het zicht verdwijnt en de diepte waarop hij bij het ophalen weer zichtbaar wordt. Ook wel zichtdiepte genoemd (ZSecchiof ZS).
Soortenrijkdom	Het aantal soorten in een monster of een gebied; meestal alleen de soorten van een bepaalde taxonomische of functionele groep.
Soortensamenstelling	De lijst van soorten in een monster of een gebied; meestal alleen de soorten van een bepaalde taxonomische of functionele groep.
Substraat	De vaste laag of het sediment waar een organisme zich kan bevinden.
Talud	Het schuine vlak langs een weg, watergang of dijk.
Taxon	Een groep organismen die op grond van overeenkomstige kenmerken een eenheid vormt waaraan een unieke naam is gegeven. Eenheden zijn op verschillende niveaus gedefinieerd, bijvoorbeeld soort, geslacht, familie, klasse.
Trek	Een bemonstering van het oppervlaktewater met behulp van een net dat over enige afstand door het water getrokken wordt.
Waterkolom	De watermassa tussen waterspiegel en sedimentoppervlak.
Zichtdiepte	Zie Secchi-diepte.

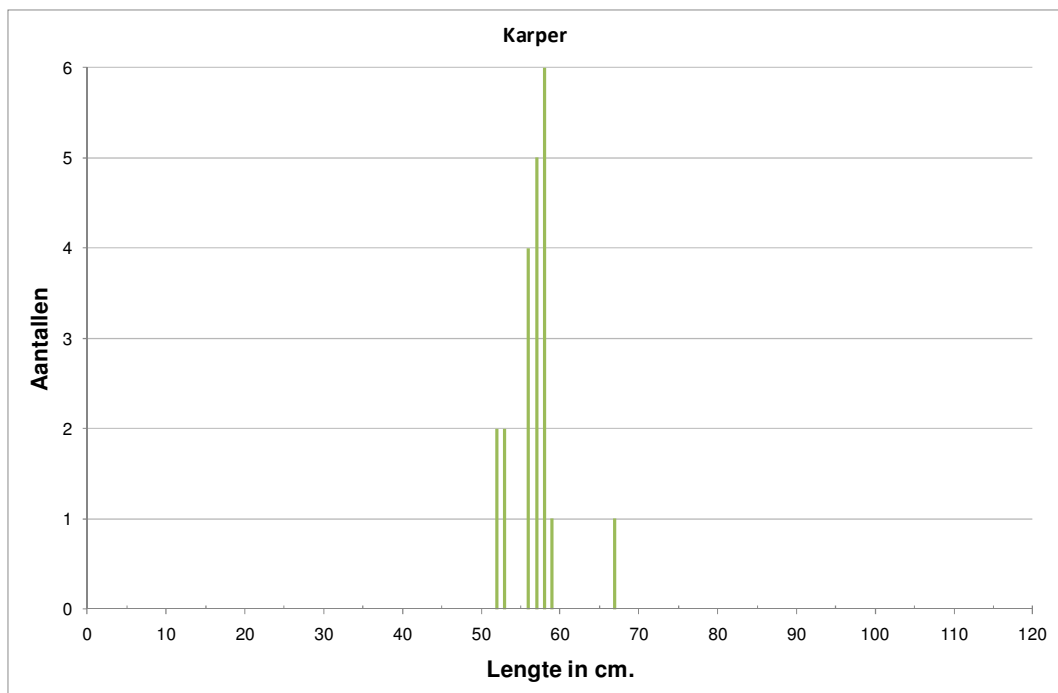
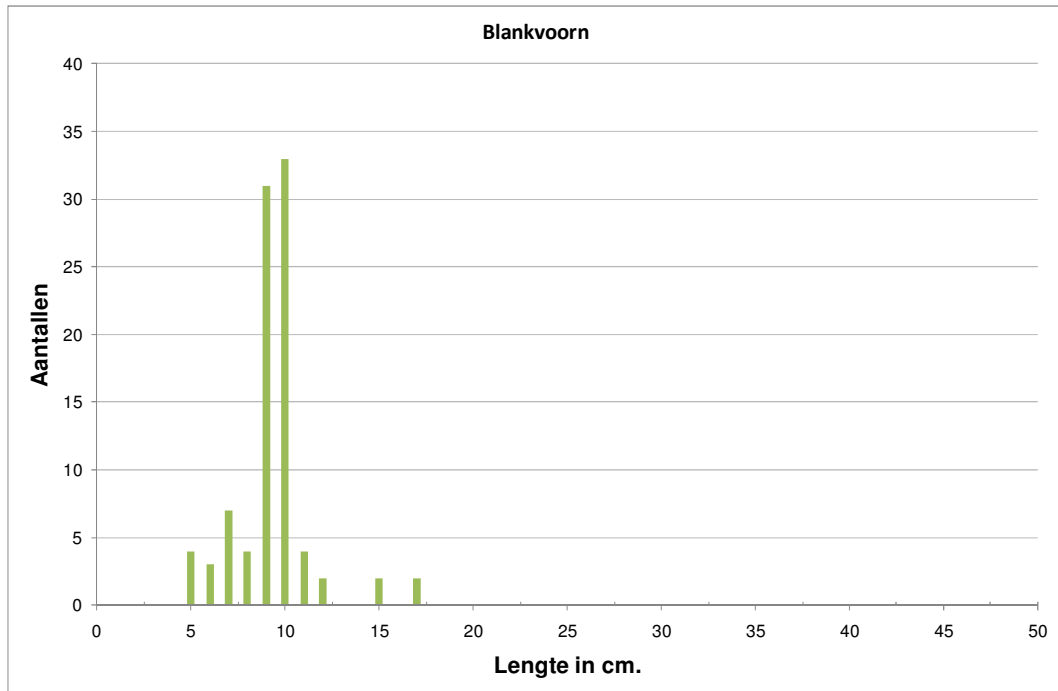
# Bijlage I Inrichting van het recreatiepark Het Hulsbeek



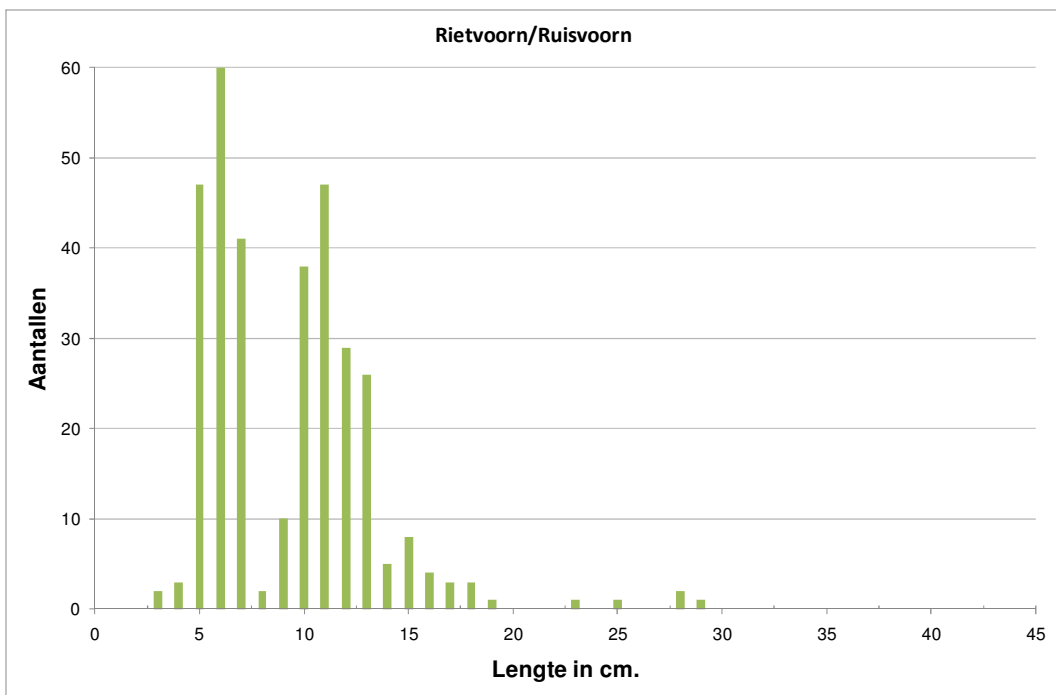
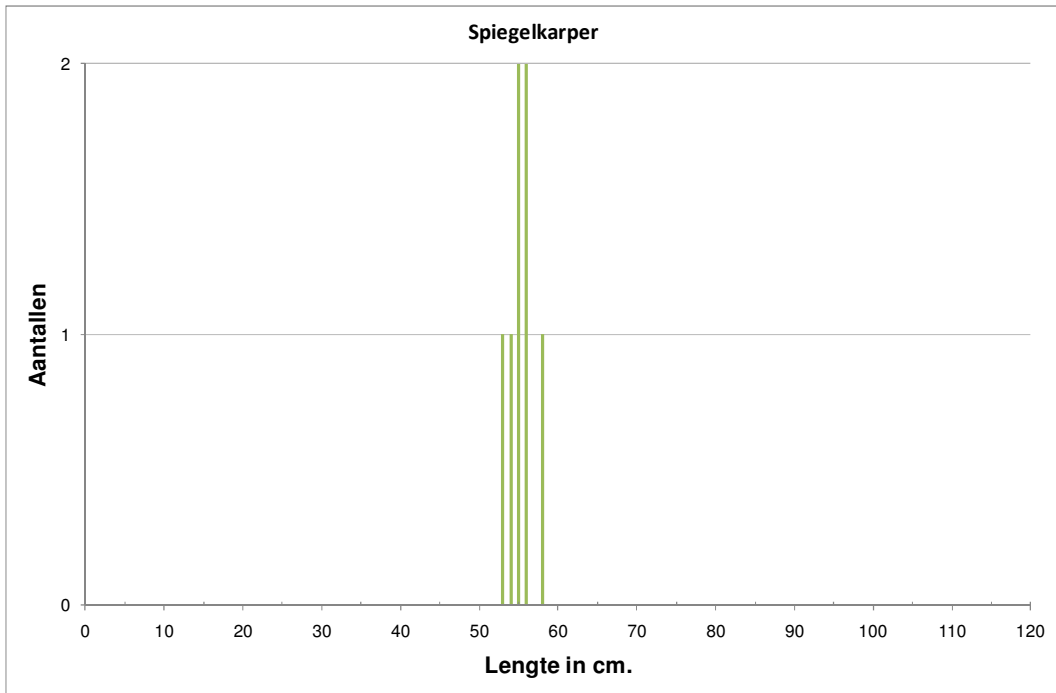


## Bijlage II Lengte-frequentieverdeling van vis in de zwem- en surfvijver, 13-14 oktober 2009











### Bijlage III Lengte-frequentieverdelingen van vis in de schaatsvijver, 13-14 oktober 2009

