

# **De ecologische toestand van de Leijen**

De resultaten van 10 jaar maatregelen en monitoring

Definitief rapport

In opdracht van Wetterskip Fryslân

Grontmij Nederland B.V.  
Amsterdam, 15 december 2010

295932-01

# Verantwoording

**Titel** : De ecologische toestand van de Leijen

**Subtitel** : De resultaten van 10 jaar maatregelen en monitoring

**Projectnummer** : 295932-01  
**Rapportnummer** : 1005; Water en Natuur

**Referentienummer** : WFN1007684

**Datum** : 15 december 2010

**Auteur(s)** : M.A.A. de la Haye, H. van Dam (Adviseur Water en natuur),  
E. van der Pouw Kraan & D. Tempelman

**E-mail adres** : Michelle.delahaye@grontmij .nl

**Gecontroleerd door** : Ir. P. Riemersma

**Paraaf gecontroleerd** : 

**Goedgekeurd door** : Ir. M.F. Wilhelm  
**Paraaf goedgekeurd** : 

**In opdracht van** : Wetterskip Fryslân (Mattie de Vries en Theo Claassen)

**Contact** : Science Park 116  
1098 XG Amsterdam  
Postbus 95125  
1090 HC Amsterdam  
T +31 20 592 22 44  
F +31 20 592 22 49  
www.grontmij.nl

# Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Algemeen.....	5
1.2	Aanleiding.....	5
1.3	Doelstelling.....	6
1.4	Leeswijzer.....	6
2	Algemene beschrijving de Leijen.....	7
2.1	Ligging, karakteristieken en ontstaansgeschiedenis.....	7
2.2	Abiotiek, geohydrologie en morfologie.....	11
2.3	Karakterisering waterkwaliteit.....	13
3	Genomen maatregelen.....	15
3.1	Inleiding.....	15
3.2	Palenrij aan zuidoever en enclosures.....	15
3.3	Aanleg zuiveringsmoeras in polder de Putten.....	18
3.4	Biomanipulatie door reductie van brasem.....	18
3.5	BCFS-proces in RWZI Drachten.....	18
3.6	Sanering erfafspoeling boerderijen.....	19
3.7	Regenwater afkoppeling de Tike en Rottevalle.....	20
3.8	Baggeren vaargeulen.....	20
3.9	Aanleg 13-tal eilandjes.....	21
4	Waterbalans.....	23
4.1	Waterhuishouding.....	23
4.2	Trends in waterbalans.....	24
4.3	Samenvatting.....	24
5	Nutriëntenbalans.....	25
5.1	Trends in stoffenbalans.....	25
5.2	Nutriëntenvracht vanuit het Opeinderkanaal.....	26
5.3	Samenvatting.....	28
6	Trends in fysisch-chemische waterkwaliteit van de Leijen.....	29
6.1	Meetlocaties.....	29
6.2	Fysisch-chemische parameters.....	30
6.3	Samenvatting.....	38
7	Trends in ecologische waterkwaliteit.....	39
7.1	Fytoplankton.....	39
7.2	Zoöplankton.....	46
7.3	Macrofyten.....	50
7.4	Macrofauna.....	58
7.5	Vis.....	60
8	Experimenten in en om de Leijen.....	65
8.1	Enclosure-experimenten.....	65
8.2	Sloten en retatiebekken in Polder De Putten.....	68

9	KRW-beoordeling integraal.....	77
10	Integraal beeld van effecten van de maatregelen.....	79
11	Aanbevelingen .....	81
11.1	Beschikbaarheid bruikbaarheid gegevens? .....	81
11.2	Welke monitoring is in de toekomst zinvol? .....	81
11.3	Welke vervolmaatregelen zijn nodig of zinvol? .....	82
11.4	Wat zijn de verwachting t.a.v. de autonome verbetering van de waterkwaliteit? .....	82
12	Literatuur .....	83
	Bijlage 1: Beheersdoelstellingen Staatsbosbeheer (uit: AquaSense 2006).....	87
	Bijlage 2: Chlorofylconcentraties en maandelijkse samenstelling fytoplanktongroepen.....	91
	Bijlage 3: Literatuur over flora en vegetatie van de Leijen door de jaren heen.....	93
	Bijlage 4: Tansley-opnamen de Leijen (hele plas) .....	95
	Bijlage 5: Bedekking, aantal soorten en EKR macrofyten De Putten .....	97
	Bijlage 6: Tansley-opnamen De Putten (zuiveringsmoeras).....	99

# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

In en om het Friese meer de Leijen zijn tussen 2003 en 2007 diverse waterkwaliteitsmaatregelen genomen, in het kader van het internationale Interreg IIIb project NOLIMP (zie kader I). Doel van deze maatregelen was de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren en daarmee een KRW haalbare aquatisch ecologische doelstelling te bereiken, en kennis over herstelmaatregelen te ontwikkelen. Voor de Leijen werd naar aanleiding van het behalen van de KRW-doelen een omgekeerde benadering gekozen. Niet eerst waterkwaliteitsdoelen formuleren, en daarna maatregelen uitvoeren, maar alle mogelijke maatregelen uitvoeren, en dan de verkregen waterkwaliteit bestempelen als KRW-doel voor dit boezemmeer.

Er is gekozen voor de Leijen vanwege de grote hoeveelheid beschikbare informatie over dit meer, de hoge potentiële natuurwaarden en omdat de Leijen ook in het uitvoeringsgebied van het Friese merenproject lag (kader II).

### *NOLIMP project (I)*

NOLIMP was een samenwerkingsproject waarin regio's uit zes Noordzeelanden gezamenlijk werkten aan de verbetering van de waterkwaliteit. NOLIMP is een afkorting van North Sea Regional and Local Implementation of the Water Framework Directive, ofwel de lokale invoering van de Kaderrichtlijn Water. In elke regio zijn pilotprojecten uitgevoerd waarin innovatieve technieken voor het verbeteren van de waterkwaliteit en het verminderen van emissies werden uitgetest. In het NOLIMP project 'De Leijen' werkten provincie Fryslân en Wetterskip Fryslân samen met onder andere Staatsbosbeheer, LTO-Noord, Marrekrite en de gemeenten Smallingerland en Tytsjerksteradiel. De provincie Fryslân verzorgde de coördinatie ten aanzien van de internationale kennisuitwisseling, gezamenlijke promotieactiviteiten, financiële afhandeling en rapportage. Het project heeft gelopen van medio 2003 tot medio 2006.

### *Het Friese merenproject (II)*

In het Friese merenproject werkten vele partijen samen aan het verbeteren van het watersportgebied. Ten behoeve hiervan werden o.a. recreatieve voorzieningen aangelegd, vaarwegen op diepte gebracht, bruggen verhoogd en de waterkwaliteit verbeterd. Het gehele project was opgedeeld in 12 trajecten, waaronder de Lits-Lauwersmeerroute. De Leijen maakte onderdeel uit van dit traject. Samenwerkende partijen waren: Provincie, Friese gemeenten, Wetterskip Fryslân, recreatieschap De Marrekrite, bedrijfsleven, It Fryske Gea, Staatsbosbeheer en maatschappelijke organisaties. Het project heeft gelopen van 2005 tot 2007.

## 1.2 Aanleiding

In de Leijen zijn tussen 2003 en 2008 veel maatregelen uitgevoerd. Tussentijds zijn van de afzonderlijke maatregelen wel rapportages, artikelen, notitie en memo's verschenen, maar nu 3 jaar na afronding van de laatste ingrepen is men benieuwd naar het effect op de waterkwaliteit: *Wat hebben al die maatregelen nu eigenlijk opgeleverd?*

### 1.3 Doelstelling

De doelstelling van deze rapportage is tweeledig. Er wordt een samenhangend overzicht gegeven van de monitoring resultaten van voor, tijdens en na uitvoering van de herstel- en inrichtingsmaatregelen. Op basis hiervan worden conclusies over de effectiviteit van de genomen maatregelen voor de KRW getrokken en wordt de bereikte waterkwaliteit in KRW-termen gepresenteerd.

### 1.4 Leeswijzer

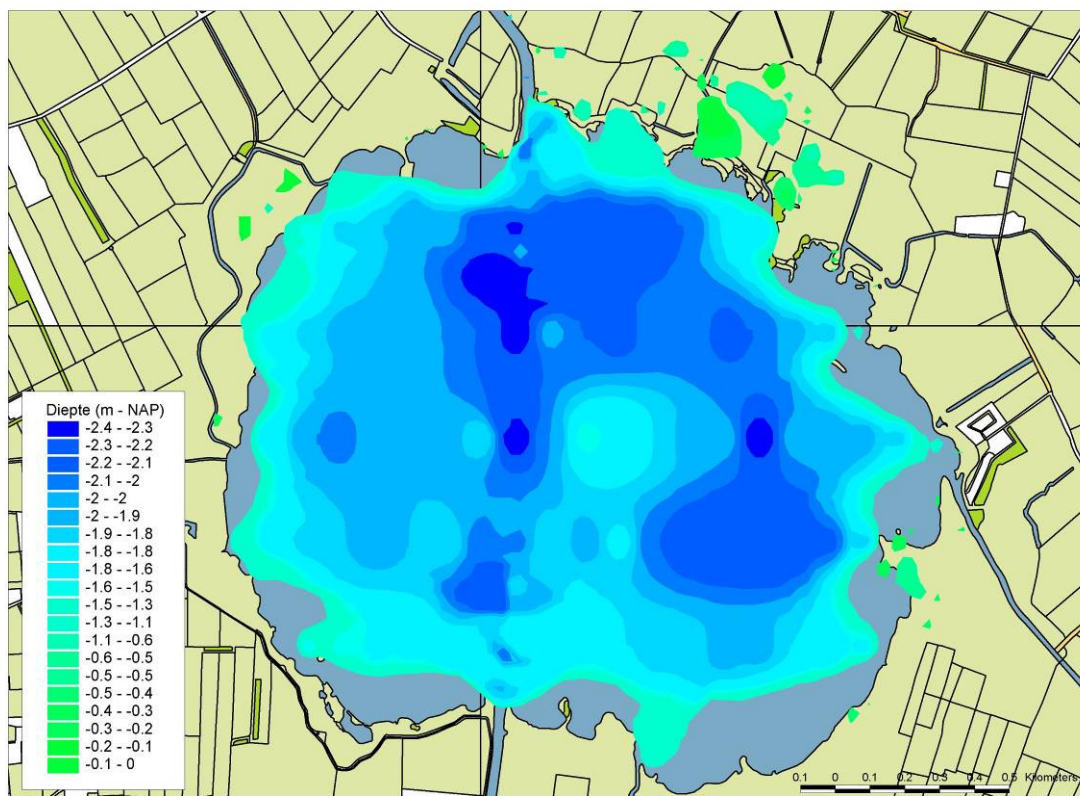
Het onderliggende rapport betreft een uitgebreid wetenschappelijk verslag waarin gegevens geanalyseerd worden van 10 jaar monitoring. Dit heeft geleid tot een lijvig redelijk inhoudelijk verhaal van een viertal experts. Om de inhoud van het rapport toch toegankelijk te maken voor een breder publiek is naast deze achtergrondrapportage ook een uitgebreide samenvatting opgesteld (de la Haye e.a. 2010).

Na dit inleidende hoofdstuk worden in hoofdstuk 2 de algemene kenmerken van de Leijen besproken: eigendom, beheer, functies en streefbeelden beschreven. Hoofdstuk 3 gaat in op de uitgevoerde maatregelen in het kader van het NOLIMP project en het Friese Merenproject'. In hoofdstuk 4 wordt de waterbalans beschreven. In hoofdstuk 5, 6 en 7 worden de resultaten van monitoring geschreven voor de nutriënten, de andere fysisch chemische parameters en de ecologie. In hoofdstuk 8 zijn de resultaten van de experimenten in het rond de Leijen weergegeven. Een integrale KRW toetsing van de metingen is te vinden in Hoofdstuk 9. De effecten van de genomen maatregelen op de waterkwaliteit van de Leijen is beschreven in hoofdstuk 10. Tot slot geeft hoofdstuk 11 aanbevelingen voor monitoring en beheer en mogelijke toekomstige verwachtingen.

## 2 Algemene beschrijving de Leijen

### 2.1 Ligging, karakteristieken en ontstaansgeschiedenis

Het meer de Leijen ligt 8 km ten noorden van Drachten en maakt onderdeel uit van de Friese boezem. de Leijen heeft een wateroppervlak van circa 300 ha. De oeverlijn is hier en daar nogal grillig (Figuur 2-1). Het meer is relatief ondiep met een gemiddelde diepte van slechts ca. 1 m. Vrijwel alle andere Friese meren zijn gemiddeld iets dieper. Het meer is ontstaan als gevolg van vervening. In de eerste fase (tussen 1200-1700) is veen afgegraven tot boven het peil van het grondwater, maar sinds het begin van de 18e eeuw zijn door de groeiende behoefte aan turf ook dieper gelegen veenlagen afgegraven. Zo ontstonden er petgaten, die na de komst van de Gieterse veenbazen (rond 1750) met hun grootschalige aanpak in korte tijd veranderden in één groot meer. Kaartbestudering leert dat sindsdien aan de westzijde landaanwas, en aan de oostzijde landverlies heeft plaatsgevonden (Joustra, 1953).



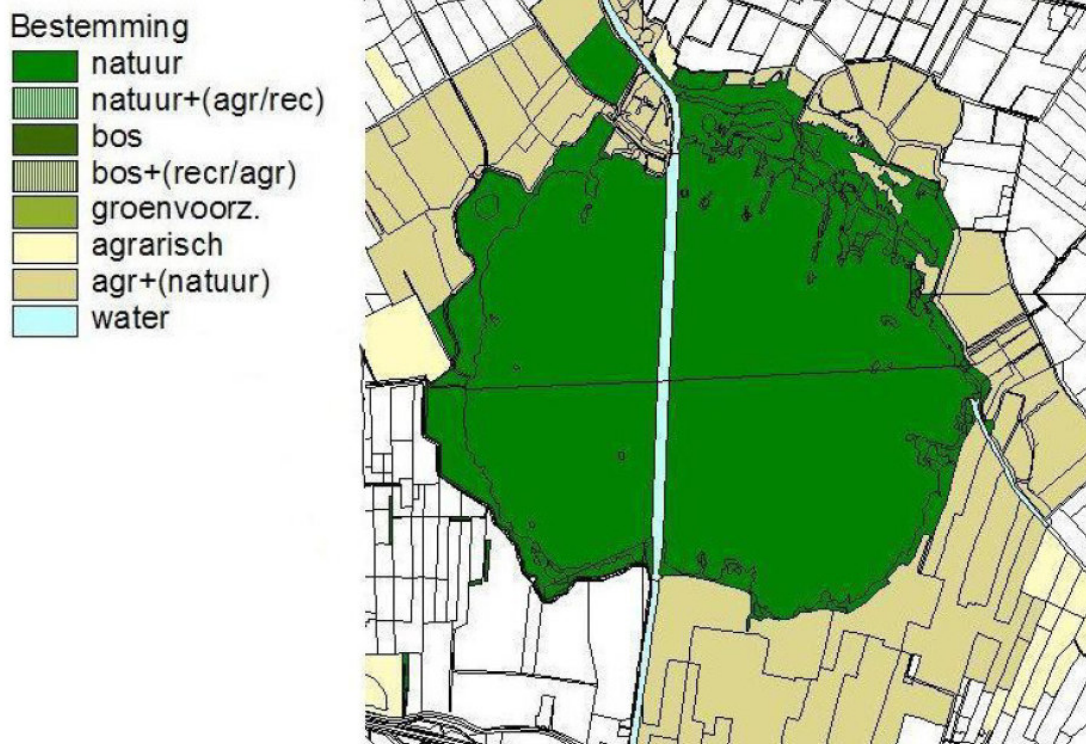
Figuur 2-1: Waterdiepte kaart van de Leijen (uit: AquaSense 2006).

Aan de noordkant van het meer is de Leijen verbonden met de boezem via het voormalige stroompje de Lits. In 1885 is aan de zuidzijde het Opeinderkanaal gegraven (van der Molen, 1978), waarmee de Leijen tweezijdig aangesloten werd op de Friese boezem. In de jaren dertig van de vorige eeuw was de brede verlandingszone aan de westzijde van het meer in beheer bij "It Fryske Gea" en in de jaren veertig bij "Domeinen", die het beide gebruikten voor de rietcultuur (Joustra, 1953). Momenteel is het gehele meer met aanliggende boezemlanden in eigendom van Staatsbosbeheer, hetgeen voor boezemwater redelijk uniek is. Staatsbosbeheer voert het terreinbeheer uit. Dit betekent voor de Leijen het maaien en afvoeren van de aanliggende

boezemlanden. Het beheer van het water is passief; daarbij wordt aangesloten bij beleid van de provincie en het waterschap.

Namens Staatsbosbeheer verhuurt het Ministerie van LNV visrechten. De visrechten zijn verhuurd aan de Federatie Friesland van Sportvisserijverenigingen (sinds medio 2010 sportvisserij Fryslân) voor alle schubvis en aan de Friese Bond van Binnenvissers voor paling. Wetterskip Fryslân is verantwoordelijk voor het waterpeilbeheer, en de provincie voor het onderhoud en beheer van de vaarweg(en) door het meer. Het meer ligt in twee gemeenten. De noordelijke helft van het meer ligt in de gemeente Tytsjerkstradiel, en de zuidelijke helft in de gemeente Smallingerland. De gemeenten dragen zorg voor het op diepte houden van de kleinere vaarwegen naar de provinciale vaarweg(en).

In het meer wordt sinds jaar en dag gevist, ook door beroepsvissers, en in de rietzone langs het meer werd riet gesneden. Om de vijftien jaar werden elzenbosjes in het riet gekapt (Joustra 1953). In de jaren vijftig van de vorige eeuw was er een toename van het recreatief gebruik (zeilen en vissen), maar zomerhuisjes en jachthavens waren nog niet aanwezig (Joustra 1953). In de tijd van het oeveronderzoek van Smittenberg & Roukema (1979) is het recreatief gebruik nog steeds van relatief bescheiden omvang, maar wordt de vaarroute van de Opeindervaart naar de Lits wel veel gebruikt, en aan de noordoostoever komen vrij veel particuliere perceeltjes voor met beschoeiingen, lig weides, tuintjes en beplantingen. In het Waterkwaliteitsplan (1990-1995) en het Waterhuishoudingsplan (1992-1995) van de provincie worden (voor het eerst) functies van wateren vastgelegd. Voor de Leijen zijn dat in 1990 zwemwater (nabij Rottevalle) en de specifieke ecologische doelstelling, in 1991 aangevuld met Transport (als onderdeel van de boezem) en Consumptie oppervlaktewater (voorlopig). Van vijf kanten van en naar de Leijen zijn natte ecologische verbindingzones aangegeven. Over de EVZ's verschijnen daarna nog twee provinciale rapporten. In het tweede Waterhuishoudingsplan van 2000 wordt de specifieke ecologische doelstelling aangeduid als 'water voor natuur' en is de voorlopige drinkwaterfunctie vervallen. De natuurfunctie is ook vastgelegd in bestemmingsplannen (Figuur 2-2). De omliggende gronden hebben vooral een agrarische functie, vrijwel allemaal met een nevenfunctie natuur.



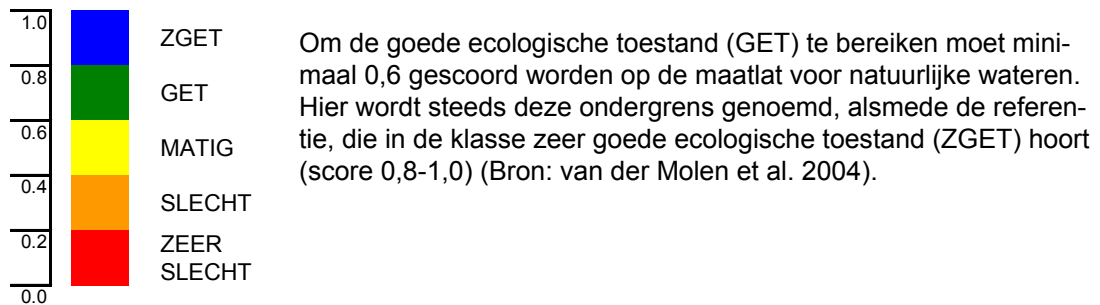
Figuur 2-2: (Indicatie van) de bestemming volgens gemeentelijke bestemmingsplannen. In de databank is zoveel mogelijk gewerkt met een interpretatie naar hoofdkenmerken. Gebruikt databestand: Ecostat, Provincie Friesland



De specifieke ecologische doelstelling is in 1995 uitgewerkt voor enkele boezemmeren samen. Een specifieke op maatregelen gerichte uitwerking voor de Leijen is in 1997 opgesteld (Grontmij 1997). In het streefbeeld voor boezemmeren zijn eisen aan het totale watersysteem opgenomen, zowel aan de morfologie, als aan de waterkwantiteit, de waterkwaliteit en de waterbodempkwaliteit.

Sinds 2000 is de Kaderrichtlijn Water van kracht geworden, waarin wordt gesteld dat alle wateren in 2015 in een goede ecologische toestand moeten zijn. Voor natuurlijke ondiepe meren (watertype M14) is al uitgewerkt wat hieronder verstaan wordt. Deze doelen zijn uitgewerkt voor de volgende biologische parameters: fytoplankton, fyto benthos, macrofyten, macrofauna en vis, (zie kader naar: Van de Molen & Pot 2007).

### GET Matig grote ondiepe gebufferde meren (M14)



### Fytoplankton

Deelmaatlat chlorofyl

Referentiewaarde (µg/l)	Klassengrens Goed-Zeer goed (µg/l)	Klassengrens Matig-Goed (µg/l)	Klassengrens Ontoereikend-Matig (µg/l)	Klassengrens Slecht- Ontoereikend (µg/l)
6,8	10,8	23,0	46,0	95,0

Deelmaatlat soortensamenstelling: positieve indicatorsoorten

Huidige maatlat staat ter discussie voor grote meren (>50ha)

Deelmaatlat soortensamenstelling: negatieve indicatorsoorten

Huidige maatlat wordt waarschijnlijk nog versimpeld

Referentie: geen algenbloeien

GET: evt. bloei van *Ankyra*, kortdurende bloei van *Aphanizomenon flos-aquae* zonder drijfblagen, drijfslag van *Aphanothece stagnina*, drijfslag van *Gloeotrichia natans*, bloei van *Asterionella formosa*, bloei van *Aulacoseira islandica*, bloei van *Chrysochromulina parva*, bloei van *Cyclotella radiosa*, bloei van *Microcystis wesenbergii*, bloei van *Woronichinia naegeliana*.

### Macrofyten en fyto benthos

Deelmaatlat abundantie groeivormen (% bedekking v.h. begroeibaar areaal)

	Submerse vegetatie	Drijfbladplanten	Oevervegetatie
Referentie	65	10	90
GET	25	1-5	60

Deelmaatlat soortensamenstelling macrofyten (% van totaal aantal soorten, tussen haakjes absoluut aantal soorten)

	Waterplanten	Oeverplanten
Referentie	70 (74)	90 (46)
GET	20 (21)	60 (31)

Deelmaatlat fyto bentos

Referentie: > 80% positieve indicatoren, < 5% negatieve indicatoren

GET: > 50% positieve indicatoren, < 30% negatieve indicatoren

### Macrofauna

Deelmaatlat: aandeel negatieve soorten (aantallen individuen)

Deelmaatlat aandeel positieve én kenmerkende soorten (aantallen individuen)

Deelmaatlat aandeel kenmerkende soorten (aantal soorten)

### Vis

Er zijn vijf deelmaatlaten, zie onderstaande tabel.

	Aantal soorten	% brasem	% baars + blankvoorn	% limnofielen	% zuurstof-tolerante vis
Referentie	19	0,5	40	80	30
GET	14	8	30	40	10

Voor sterk veranderde meren zoals de Leijen zijn de doelen hiervan afgeleid, rekening houdend met de gebruiksfuncties van het water en de omgeving.

In 2005 is een pilot uitgevoerd om hiermee ervaring op te doen (Grontmij|AquaSense 2005), als onderdeel van het project "KRW Quick scan". De opgestelde doelen zijn nog niet vastgesteld. In dit rapport is gebruik gemaakt van de Friese maatlat voor M14, hierbij is uitgegaan van de natuurlijke maatlat alleen is de schaling aangepast (Tabel 1).

**Tabel 1: Geschatte toestand van de Leijen 2004-2006, de scores bij de status MEP, GEP, ontoereikend en slecht van de Friese maatlaten. Tevens is het doelbereik voor 2015 weergegeven.**

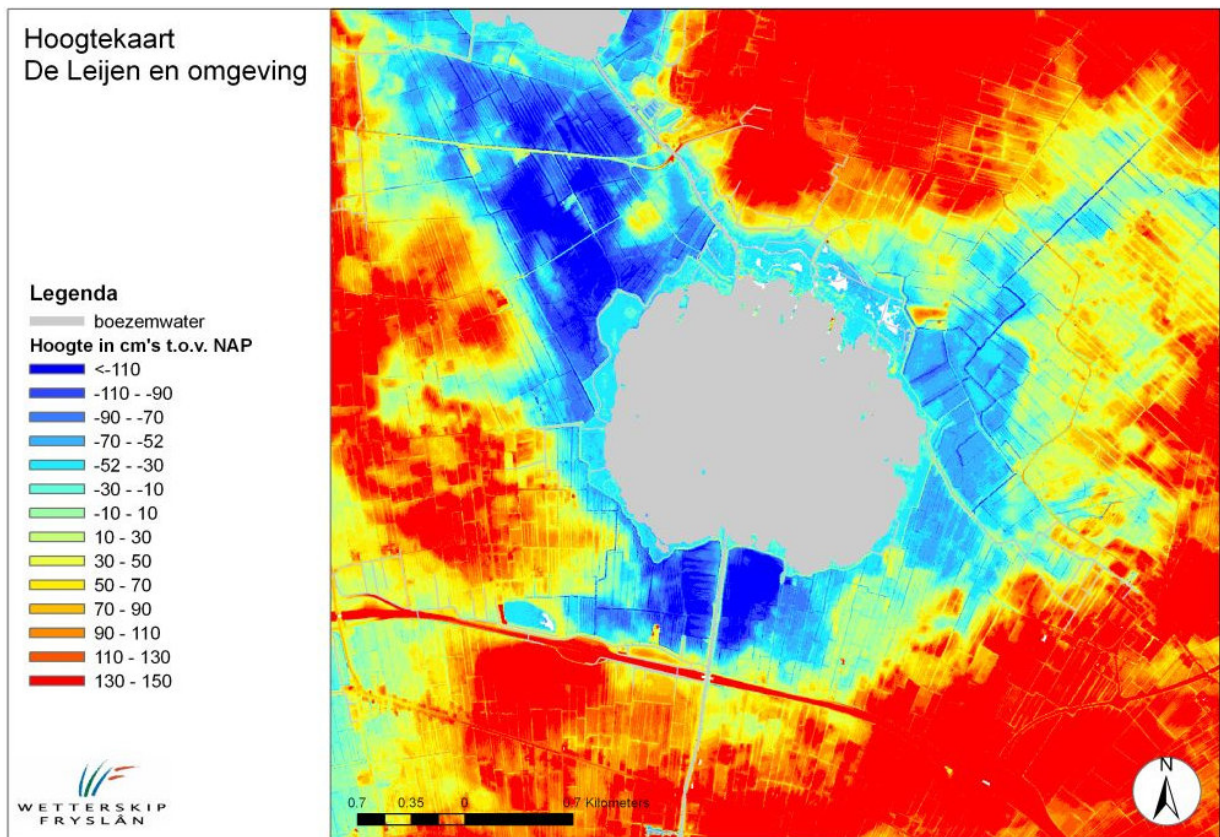
M14 de Leijen	Gemeten/ geschat 2004-2006	MEP	GEP	Matig	Ontoereikend	Slecht	Doelstelling 2015
fytoplankton	≥0,20	≥0,67	≥0,50	≥0,33	≥0,17	<0,17	≥0,30
macrofauna	≥0,32	≥0,67	≥0,50	≥0,33	≥0,17	<0,17	≥0,40
waterplanten	≥0,15	≥0,53	≥0,40	≥0,26	≥0,13	<0,13	≥0,35
vissen	≥0,15	≥0,40	≥0,30	≥0,20	≥0,10	<0,10	≥0,25

In alle gevallen is de beleidsdoelstelling 2015 < het GEP; het verschil is soms klein (0,05) soms groot (0,20).

Staatsbosbeheer heeft in haar Uitwerkingsplan De Marren verschillende doelen geformuleerd aan de hand van vegetatiegemeenschappen. Dit betreft voornamelijk terrestrische natuur. Het water in de Leijen is toegedeeld aan doeltipe 11.1: Watergemeenschappen in laagveen- en kleigebieden. Het hoofdstuk uit het uitwerkingsplan over dit doeltipe is opgenomen in bijlage 1. De provinciale natuurdoelen t.a.v. de Leijen zijn begin 2005 vastgelegd in overleg met het Ministerie van LNV. Deze doelen zijn ook vastgelegd in het concept-Streekplan, waarover in de loop van 2006 zal worden besloten.

## 2.2 Abiotiek, geohydrologie en morfologie

De Leijen ligt op de overgang van het laagveengebied in midden Friesland naar de hogere zandgronden in het oosten van de provincie (Grontmij 1997) (Figuur 2-3).



Figuur 2-3: Hoogtekaart van de omgeving van de Leijen.

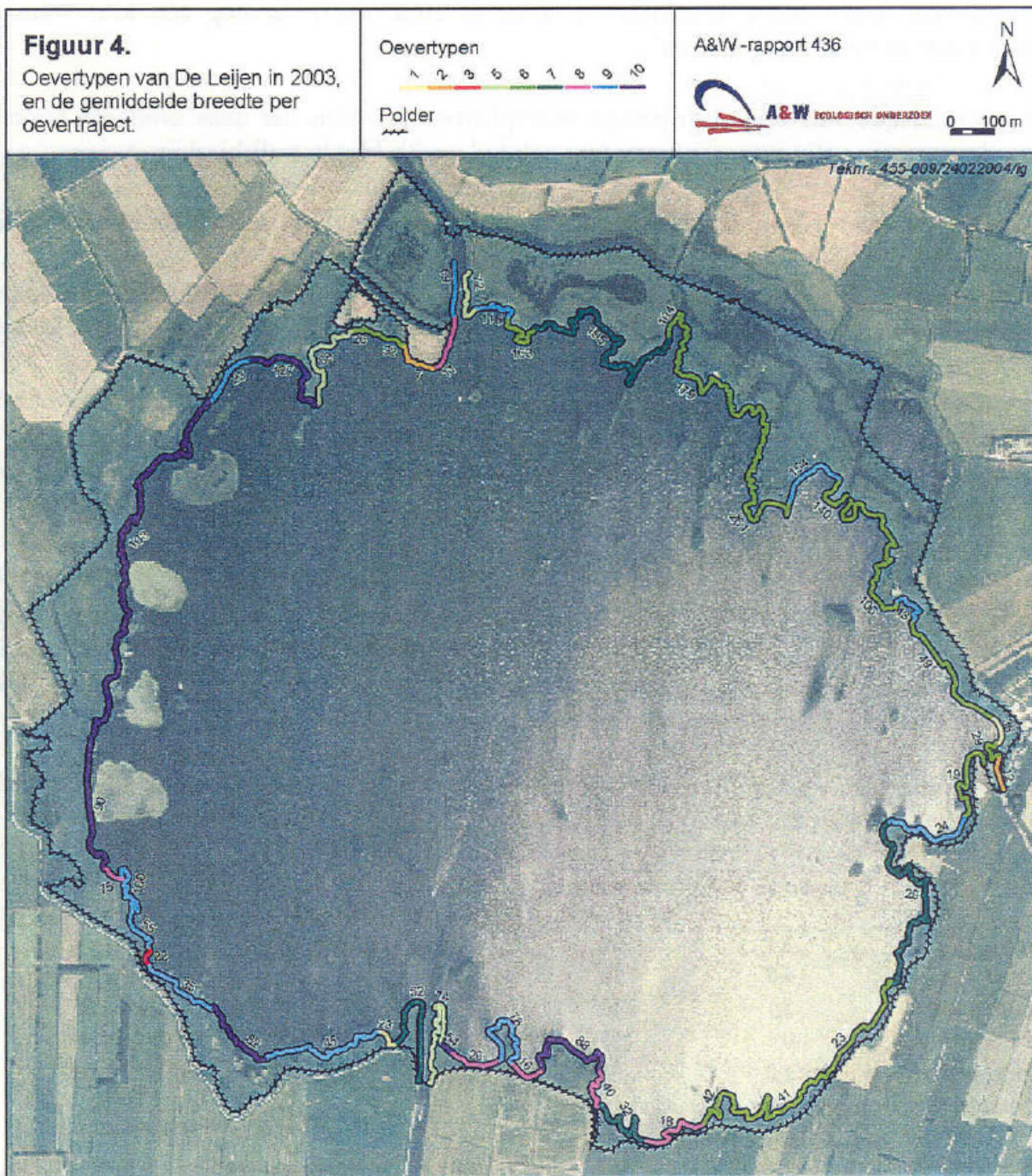
De ondiepe bodemopbouw van de Leijen bestaat uit zandige en moerige veengronden. Dieper, vanaf circa 10 tot 40 m beneden maaiveld, is een nagenoeg ondoorlatende potkleilaag aanwezig. Boven de potklei ligt een 5 tot 10 m dik pakket keileem. Dit heeft de volgende geohydrologische opbouw rond de Leijen tot gevolg (Mateman & Jansink 2002):

- deklaag boven de keileem (ca. 3 m dikke laag zand, moerig materiaal en/of veen);
- eerste watervoerend pakket tussen keileem en potklei (ca. 5 tot 10 m dikke laag matig fijne zanden);
- tweede watervoerend pakket beneden de potklei (ca. 100 m dikke laag fluviatiele afzettingen).

Het gehele meer is in de huidige situatie een infiltratiegebied: er treedt wegzijging op naar het eerste watervoerend pakket onder de keileem (Mateman & Jansink 2002). In polder de Putten is nog sprake van kwel, gestimuleerd door de bemaling, maar de intensiteit is gering (0,5 mm/dag). In de Leijen zelf treedt waarschijnlijk geen kwel meer op (Janssen & Meijer 1993). Het meer is met een gemiddelde diepte van 1 m zeer ondiep (Figuur 2-1); in het meer is een aantal eilandjes aanwezig. Wanneer het hele gebied vanaf de kade tot aan de waterlijn als oever aangemerkt wordt, kan gezegd worden dat de oever flauw is. Echter, de zone direct rond de waterlijn is juist steil, waarschijnlijk als gevolg van het jarenlange vaste streefpeil.

In 1978 heeft de provincie de oevers van verschillende Friese meren geïnventariseerd (Smitenberg & Roukema 1979). Hierbij wordt dus het hele gebied tussen de kaden en de waterlijn als oever beschouwd. Daarvoor is een typologie opgesteld waarbij een indeling is gemaakt in het type oever (afslagoever versus rietoever), het materiaal waarin oeverplanten wortelen (slappe versus vaste bodem) en de breedte van de oever. In 2003 zijn de oevertypen van de

Leijen opnieuw onderzocht, waarbij vrijwel dezelfde oevertypen werden aangetroffen (Bijkerk e.a. 2004).



*Figuur 2-4: Oevertypenkaart. Typen 1-3: Afslagoevers, typen 5-7: Rietkragen op vaste bodem, typen 8-10: Rietkragen op slappe bodem. De cijfers geven de breedte van de oever ter plaatse aan (Bron: Bijkerk e.a. 2004). De vier 'eilandjes' aan de westzijde zijn velden met vnl. watergentiaan*

In Figuur 2-4 zijn de aangetroffen oevertypen weergegeven, deze figuur toont dat de westoever grotendeels wordt ingenomen door typen van slappe bodem. Met name type 10: rietveld met lisdoddenkraag komt voor. De gemiddelde breedte van de oever bedraagt hier ca. 95 meter; dit betreft dus de 'droge' oever, die boven de waterlijn ligt. Aan de oostzijde zijn voornamelijk oevertypen van vaste bodem aangetroffen. Voornamelijk betreft dit brede rietkragen (type 6), plaatselijk grenzend aan een ruigtebegroeiing (type 7). Lokaal komen hier ook brede riet- en

lisdoddenkragen voor (type 9). Met name aan de noordoostzijde is er nu sprake van een vrij brede oeverzone omdat de boezemlanden van Polder Malen zijn vergraven waardoor de invloed van het meerwater is toegenomen. In het overige deel van de oostoever bedraagt de breedte van de riet- en ruigteoever ongeveer 20 tot 40 meter (Bijkerk e.a. 2004).

Het onderscheid tussen de slappe, verlandende westoever, en de harde oostoever is ook in de jaren vijftig al beschreven. In het vegetatie onderzoek van Joustra zijn aantekeningen over de modderlaag gemaakt. Langs de westoever werd een dikke modderlaag aangetroffen met een dikte van meestal 25-40 cm, maar soms tot 100 cm. Langs de oostoever was sprake van een harde bodem met een modderlaag van 0-5 cm (Joustra 1953).

Een voortschrijdende verlanding aan de westzijde, danwel verdere afkalving aan de oostzijde kon echter voor recente jaren niet worden vastgesteld. Uit luchtfoto's van de jaren 1969 (alleen westzijde), 1983 en 2002 konden slechts kleine verschuivingen worden waargenomen, die echter waarschijnlijk het gevolg zijn van interpretatieverschillen als gevolg van verschillen in de kwaliteit van de foto's (Bijkerk e.a. 2004).

Aan de westkant van de Leijen bevinden zich enkele grote velden van drijfbladplanten (vooral Watergentiaan en witte waterlelie) zie ook Figuur 2-4 en Figuur 2-5. Deze velden zijn in 1953 voor het eerst gerapporteerd (Joustra 1953), ze zijn wat betreft omvang vrij stabiel.



Figuur 2-5: Velden met Watergentiaan (rechts) en Witte waterlelie (links) aan westzijde van de Leijen zomer 2010 (foto's: Grontmij).

### 2.3 Karakterisering waterkwaliteit

Het meer de Leijen is ondiep, heeft flauwe oevers en een zandige bodem. Deze factoren zorgden tot halverwege de vorige eeuw voor een zeer uitgebreide en rijke water- en oevervegetatie met bijbehorende fauna in het meer. In de loop van de vorige eeuw is het meer echter steeds meer geëutrofeerd geraakt. Algen domineren en ondergedoken waterplanten ontbreken, met een soortenarme fauna tot gevolg. Als gevolg van het vaste peil ontbreekt er een brede inundatiezone. Hierdoor is er nagenoeg geen moerasvegetatie en weinig waterriet aanwezig. Het ontbreken van een goede moeraszone heeft nadelige gevolgen voor diverse soorten ongewervelden, vissen, vogels en andere soortgroepen.

Omdat alle doelen, die voor de Leijen zijn opgesteld gericht zijn op de ontwikkeling van water- en oeverplanten werd de huidige situatie in 2006 als ongewenst beschouwd. De belangrijkste knelpunten werden gevormd door de eutrofiering en het vaste streefpeil van het boezemwater. Aan de oostzijde van de Leijen ligt een zwemwaterlocatie die regelmatig kwaliteitsoverschrijdingen heeft voor blauwalgen. In 2006 (Wetterskip Fryslân 2009) en 2010 zijn er problemen met drijfblagen geconstateerd. In 2010 is er hierdoor van juli tot en met september een negatief zwemadvies geweest (pers. meded., Th. Claassen).



## 3 Genomen maatregelen

### 3.1 Inleiding

In 1997 is een actieprogramma opgesteld voor de Leijen (Grontmij 1997). Hierin zijn maatregelen geformuleerd in verschillende aandachtsgebieden die elk op hun eigen manier de waterkwaliteit van het meer beïnvloeden en daarmee de ontwikkelingsmogelijkheden voor de Leijen. Deze aandachtsgebieden waren het omliggende poldergebied, het boezemwater, de oevers en het meer zelf. Bij het opstellen van het maatregelenpakket lag de nadruk op het creëren van een samenhangend pakket van realiseerbare maatregelen in elk van de aandachtsgebieden.

Het actieprogramma bestond uit de volgende maatregelen:

- optimalisatie rioolzuiveringsinstallatie (RWZI) Drachten;
- aanpak riooloverstorten in afstromingsgebied;
- instellen evenwichtsbemesting op agrarische gronden in afstromingsgebied;
- instellen bemestingsvrije en spuitvrije bufferzones op agrarische gronden in afstromingsgebied;
- baggeren van de waterbodem;
- verbetering ecologische verbindingszones;
- instellen natuurlijker peilbeheer in gehele Friese boezem;
- inundatie van laaggelegen delen in de deelgebieden De Putten en Zwartveen tot boezempeil;
- verwerven van agrarische gronden en extensiveren van het landgebruik;
- uitzetten submerse waterplanten;
- voorkomen van verdere verstoring en versnippering van het leefmilieu door geleiding recreatie.

Tussen 2003 en 2007 zijn verschillende maatregelen genomen in en om de Leijen met als doel de waterkwaliteit te verbeteren (zie ook paragraaf 1.1). In de onderstaande Tabel 2 is een chronologisch overzicht gegeven van de maatregelen, met links (oranje) de maatregelen die om het meer en rechts (groen) de maatregelen die in de Leijen zijn genomen.

In de volgende paragrafen worden de afzonderlijke maatregelen kort besproken.

### 3.2 Palenrij aan zuidoever en enclosures

In het kader van het Interreg project de Leijen (NOLIMP) is aan de zuid(oost) kant van de Leijen een deel van de oever afgeschermd voor de wind (en golfslag) middels een open palenrij, dit om te zien of de oevervegetatie zich daarachter herstelt. Deze palenrij met een lengte van ca 400 meter, is eind 2003 aangebracht tussen twee restanten van legakkers.

De palen zijn geslagen met een onderlinge afstand van ca 10 cm. Op enkele plekken zijn vaaropeningen gecreëerd door parallel in twee rijen palen te plaatsen, waardoor de mogelijkheid bestaat er tussendoor te varen (Figuur 3-1).

**Tabel 2: Overzicht van maatregelen die in het kader van het NOLIMP- en Friese merenproject in de Leijen.**

maatregelen om de Leijen	jaartal	maatregelen in de Leijen
riooloverstort Burmania sloot van 96% uitstoot naar 40%  aanleg zuiveringsmoeras in polder De Putten (winter)  30 maart 2005 opening fiets- en wandelroute start aanleg nieuwe jachthaven in Oostmeer ( Friese merenproject List Lauwersmeerroute) 1juli riooloverstort de Tike gesaneerd (najaar) (1%) afronding afkoppeling regenwater van riool in Tyke (reductie emissie van RWZI naar oppvl. water 95%)  afronding afkoppeling regenwater van riool in Rottevalle (reductie emissie van RWZI naar oppvl. water 65%) riooloverstort Rotteval gesaneerd (najaar) (4%) RWZI Drachten BCFS-proces* met voorbezinking (nov)  plaatsing IBA's bij twee boerderijen	1997-2002	uitgangssituatie vastgelegd (diepte, waterbodem, SOBEK, stage onderzoeken)
	2000-2010	
	2003	palenrij aan zuidoever (400 m) + aanleg enclosures (winter)
	2003/2004	
	2004	uitzetten potamogeton (los) en substraat voor driehoeksmossels (september)
	2004	uitzetten driehoeksmossels (november)
	2004/2005	1ste uitdunning visstand (winter) 35.000 kg Brasem weggevangen
	2005	
	2005	
	2005	uitzetten rekjes met potamogeton (juli)
	2005	op 13-11-2005 worden 300 spiegelkarpers in de Leijen uitgezet (door projectgroep herintoductie spiegelkarpers)
	2005/2006	2de uitdunning visstand (winter)
	2006	
	2006	
	2006/2007	vaargeulen uitgebaggerd*
2006/2007	aanleg 11 eilandjes bij ingang Opeinder kanaal (3 met steiger)	
2008	boerderij (Oostmeer) lozing op droge sloot. Geen emissie op oppervlaktewater, voldoet aan normen.	
2008	boerderij (Drachtstercompagnie) was een grote bende, ver boven de normen, Agrowadi was verstopt met mest!	
2008	Voorlichtingsavond gehouden met naderhand bedrijfsbezoeken bij een groep van 13 veehouders.	
2008	voorjaar enten driehoeksmosselen bij eilandjes (mei)	
*BCFS-proces = Biologische Chemische Fosfaat- en Stikstofverwijdering		*14-10-2005 er wordt druk gebaggerd op de Leijen: de vaargeulen, waarvan nieuwe eilandjes worden gemaakt. (krantenbericht, dus zal wel bij aanvang van dit werk zijn geweest).



Figuur 3-1 Overzicht palenrij met opening aan de oost oever van de Leijen zomer 2010 (foto: Grontmij).





### 3.3 Aanleg zuiveringsmoeras in polder de Putten

Eén van de bronnen met een negatieve invloed op de waterkwaliteit van de Leijen is het water wat vanuit de polders op de Leijen wordt geloosd. Om de belasting van de Leijen met nutriënten en zwevende stof te verminderen is in Polder De Putten ten noorden van het gelijknamige gemaal een zuiveringsmoeras aangelegd (Figuur 8-5 en Figuur 8-6). Van januari tot april 2004 zijn graafwerkzaamheden uitgevoerd, waarbij voor het gemaal (locatie 449) de sloot voor de helft van de lengte is verbreed en verdiept. Hierbij zijn brede plasbermen ontstaan, waarop rietwortels/stronken zijn neergedrukt. De noordelijke helft van deze sloot is gelijk gebleven (locatie 928). In oostelijke en westelijke richting zijn twee zijsloten verbreed en drie dwarschotten in het oude profiel aangebracht, de bestaande stuwen in de sloten zijn gehandhaafd.

Door deze verbreding en vlak voor het gemaal ook verdieping neemt ook de stroomsnelheid af en maalt het gemaal op een rustiger niveau. Hierdoor kan ook de uitslag van het zwevende stofgehalte verminderen.

### 3.4 Biomanipulatie door reductie van brasem

Als gevolg van jarenlange eutrofiëring is de Leijen een door brasem gedomineerd watersysteem geworden. Deze dominantie heeft een negatieve invloed op een verbetering van de waterkwaliteit. Planktivore vis onderdrukt de zoöplanktongraas op fytoplankton. Benthivore vis wroeten in de bodem op zoek naar voedsel en wervelen daarbij sediment op, dat het water vertroebelt, waardoor waterplanten niet meer tot ontwikkeling kunnen komen. Daarom is biomanipulatie uitgevoerd in de periode van 2004 tot 2006. Door vis te verwijderen worden ook nutriënten (in de vis) verwijderd. In de periode van december 2004-maart 2005 en december 2005-maart 2006 is een grote hoeveelheid brasem uit het meer verwijderd. In de eerste winterperiode is bijna 34.692 kilogram brasem verwijderd. Dit komt overeen met 115,6 kg brasem per hectare, wat ongeveer de helft is van de biomassa brasem op dat moment. In de volgende winter is 17.800 kilogram brasem, ofwel 59,3 kg brasem per hectare, verwijderd (Claassen 2006).

In aanvulling op de verwijdering van brasem is ook een merk-terugvangexperiment uitgevoerd om te onderzoeken of er uitwisseling was met het aangesloten Bergumermeer en Smalle Eesterzanding. In maart 2005, nadat voor de eerste keer vis verwijderd was, zijn duizend brasem in het Bergumermeer en 500 brasems in het Smalle Eesterzanding gemerkt als twee verschillende groepen gemerkt (Claassen 2006).

Tevens is in samenwerking met de Federatie Friesland van sportvissersverenigingen aan het einde van 2005 een spiegelkarperproject gestart. Het schubbenpatroon van een spiegelkarper is als een vingerafdruk. Dit experiment had als doel de niche van brasem in te vullen en het vervulde een behoefte van de hengelsport. Het experiment had tevens tot doel het draagvlak bij de hengelsportfederatie voor de maatregelen te verhogen (Claassen 2006).

### 3.5 BCFS-proces in RWZI Drachten

In november 2006 is bij de RWZI Drachten (Figuur 3-4) het Biologische Chemische Fosfaat- en Stikstofverwijdering met voorbezinking in gebruik genomen, het zgn. BCFS-proces. Deze installatie moest wel even afgeregeld worden voordat de resultaten optimaal waren.

Bij deze installatie bezinkt slib en zand in een voorbezinktank, waarna het bezonken slib naar het midden van een trechtervormige tank wordt geschoven, waarvandaan de verzamelde slibmassa naar de zandvanger wordt gepompt. Het afvalwater gaat na de voorbezinktank naar het anaërobie compartiment in de biologische reactor. In de biologische reactor vindt het BCFS-proces plaats. Op biologische wijze worden organische stoffen, fosfaat en stikstof verwijderd.



Figuur 3-4: RWZI Drachten (bron: (zie ook [http://www.wetterskipfryslan.nl/infotype/presspeil/popup\\_default.asp?ObjectID=2192](http://www.wetterskipfryslan.nl/infotype/presspeil/popup_default.asp?ObjectID=2192))).

### 3.6 Sanering erfafspoeling boerderijen

Bij enkele boerderijen rondom de Leijen de erfafspoeling gesaneerd door Individuele Behandeling van Afvalwater (IBA) te realiseren, dit zijn:

- Veehouderij bedrijf 't Oerset (Eastermar);
- Melkveehouderij VOF Bijma (Goudberch 2, Drachtstercompagnie).

De erfafspoeling van deze boerderijen loosden op de omringende sloten en grasstroken (Agrotransfer 2005<sup>1</sup>, Agrotransfer 2005<sup>2</sup>). Door de bouw van de IBA-systemen neemt deze belasting af. Het relatief schone regenwater wordt afgevoerd naar een droge berm-sloot, waardoor de vuil-last voor het zuiverende systeem gereduceerd wordt (Figuur 3-5). Deze maatregel heeft echter nauwelijks invloed op waterkwaliteit van de Leijen.



Figuur 3-5: Links IBA tank op boerenbedrijf 't Oerset te Eastermar,, rechts nieuwe dakgoten en regenpijpen voor de afvoer van schoon regenwater naar een droge berm-sloot zomer 2010 (foto's: Grontmij).

### 3.7 Regenwater afkoppeling de Tike en Rottevalle

Om het aantal overstort momenten van het riool te verminderen is in 2005 en 2006 in twee dorpen langs de Leijen het regenwater afgekoppeld van het riool.



Figuur 3-6: Graafwerkzaamheden voor het afkoppelen van regenwater (uit: Claassen 2006).

In De Tike is in totaal 60% van het verharde oppervlak afgekoppeld. In Rottevalle een veel groter dorp is hiervoor naast afkoppeling van het verhard oppervlak (29%) ook regenwater van daken afgekoppeld (zie ook Tabel 3).

Tabel 3: Enkele getallen met betrekking tot de regenwater afkoppeling in De Tike and en Rottevalle.

Dorp	De Tike	Rottevalle
verhard oppervlak dat met afvoer naar riool (ha)	1,33 ha	7,39 ha
afgekoppeld verhard oppervlak (ha;%)	0,8 ha; 60%	2,16 ha; 29%
reductie emissie van riool naar het oppervlaktewater (%)	95%	65%

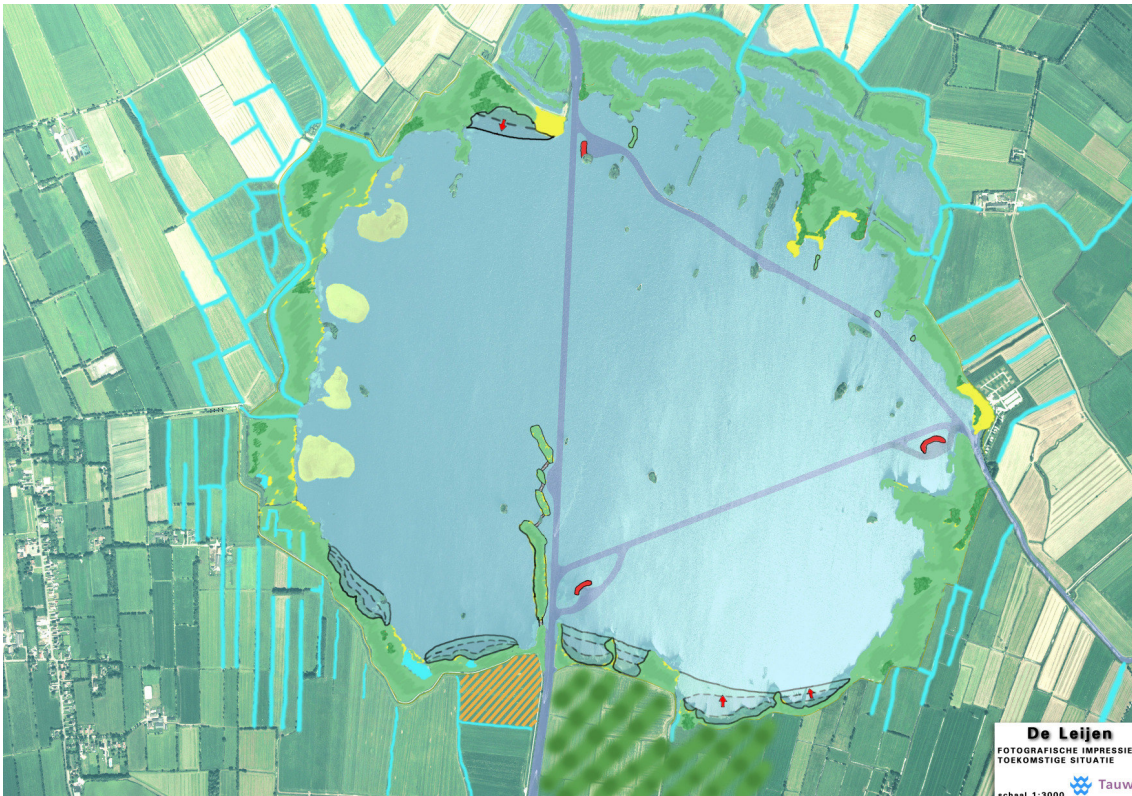
Door deze maatregel is het aantal keren dat een riooloverstort loost op het oppervlaktewater drastisch verminderd. De invloed van deze maatregel op de waterkwaliteit van de Leijen is niet gemeten en ook zeer moeilijk vast te stellen. Het resultaat is een afname van de externe belasting.

### 3.8 Baggeren vaargeulen

Om de interne belasting van het meer te reduceren in de winter van 2005/2006 de vaargeul van Opeinde naar Oostermeer in de Leijen gebaggerd. Tevens zijn hiervoor kleinere vaargeulen in de Leijen op diepte gebracht, die lopen van Opeinde (zuidelijke ingang) naar Rottevalle, en van Oostermeer (noord ingang) naar Rottevalle. Deze ingreep is in combinatie met de aanleg van eilandjes (zie onderstaande paragraaf) bedoeld om de recreatievaart beter te geleiden. Deze vaargeulen zijn ongeveer 20 m breed. De werkzaamheden zijn eind of september 2006 afgerond. In totaal zijn de volgende hoeveelheden slib verwijderd en is de diepte toegenomen met:

- Noord-zuid 10.900 m<sup>3</sup>, toename diepte 0,35 m,
- Zuid-oost 21.850 m<sup>3</sup>, toename diepte 0,55 m,
- Noord-oost 19.600 m<sup>3</sup>, toename diepte 0,50 m.

Er zijn geen directe metingen gedaan om de invloed van deze maatregel op de waterkwaliteit van de Leijen te meten. Door het baggeren is een afname van de interne belasting te verwachten.



Figuur 3-7: Overzicht van de Leijen met de ligging van de vaarwegen, ook is de geplande ligging van de eilandjes weergegeven (uit: Tauf 2002).

### 3.9 Aanleg 13-tal eilandjes

Om verdere versterking van de aquatische ecosystemen in de Leijen te beperken is besloten de pleziervaart te geleiden door de aanleg van een aantal eilandjes. De eilanden zouden daarnaast zorgen voor meer luwte in het water, waardoor de vertroebeling en golfslag afneemt, wat de mogelijkheden voor de vestiging van water- en oeverplanten zou doen vergroten. Bij het ontwerp is uitgegaan van historische informatie en gekozen voor legakker-achtige eilanden, wat betreft ligging en vorm. Voor de aanleg is gebruik gemaakt van de vrijgekomen grove fractie van de bagger voor het verdiepen van de vaargeulen.



Figuur 3-8: Aanleg van de eilandjes in de Leijen (uit: Claassen 2006).

In totaal zijn 13 eilandjes aangelegd, waarvan er drie begaanbare zijn, twee onbegaanbare en zeven submers. De begaanbare eilanden zijn uitgerust met aanleg mogelijkheden. De onbegaanbare zijn omringd door een vooroeververdediging van breuksteen (zie Figuur 3-9). De effecten van de eilandjes op de waterkwaliteit van de Leijen zijn niet gemeten. Op lokale schaal kunnen ze aanzienlijk zijn, ze creëren luwte en schuilgelegenheid voor vogels, maar ook voor onderwaterfauna zijn ze een belangrijke aanwinst.



*Figuur 3-9: Twee typen eilandjes in de Leijen, rechts met aanleg mogelijkheid en links met breukstenen vooroeverdam (foto's: Grontmij).*

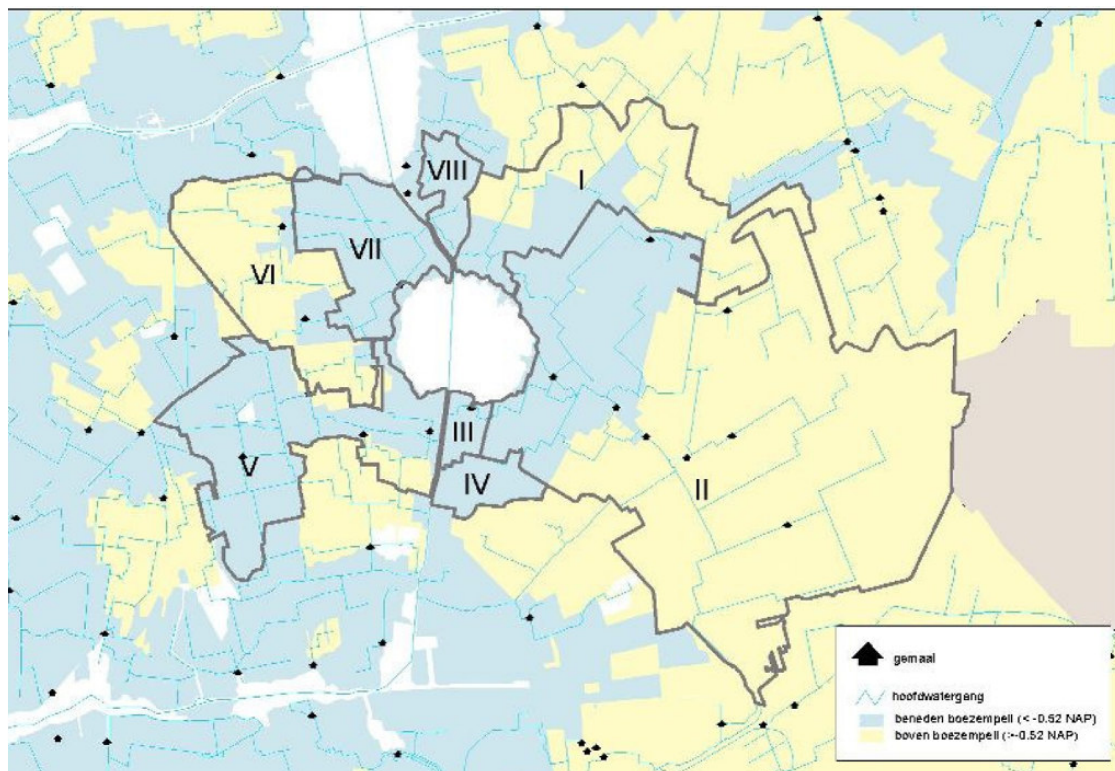
## 4 Waterbalans

### 4.1 Waterhuishouding

De Leijen maakt deel uit van de Friese boezem. Twee watergangen vormen de fysieke verbinding met de andere delen van de Friese boezem:

- de Opeindervaart loopt in de richting van Drachten en maakt verbinding met de Wijde Ee en de Smalle Ee;
- de Lits maakt verbinding met het noordelijker gelegen Bergumermeer.

Zoals de gehele Friese boezem heeft het meer een vast streefpeil: -0,52 m NAP. In de winter wordt het overtollige water van omliggende gebieden via gemalen op het meer uitgeslagen of stroomt vrij af naar dit boezemmeer. 's Zomers vindt inlaat van water vanuit de Leijen plaats. Er liggen acht watersystemen rond de Leijen, die afwateren op de Leijen (Figuur 4-1).

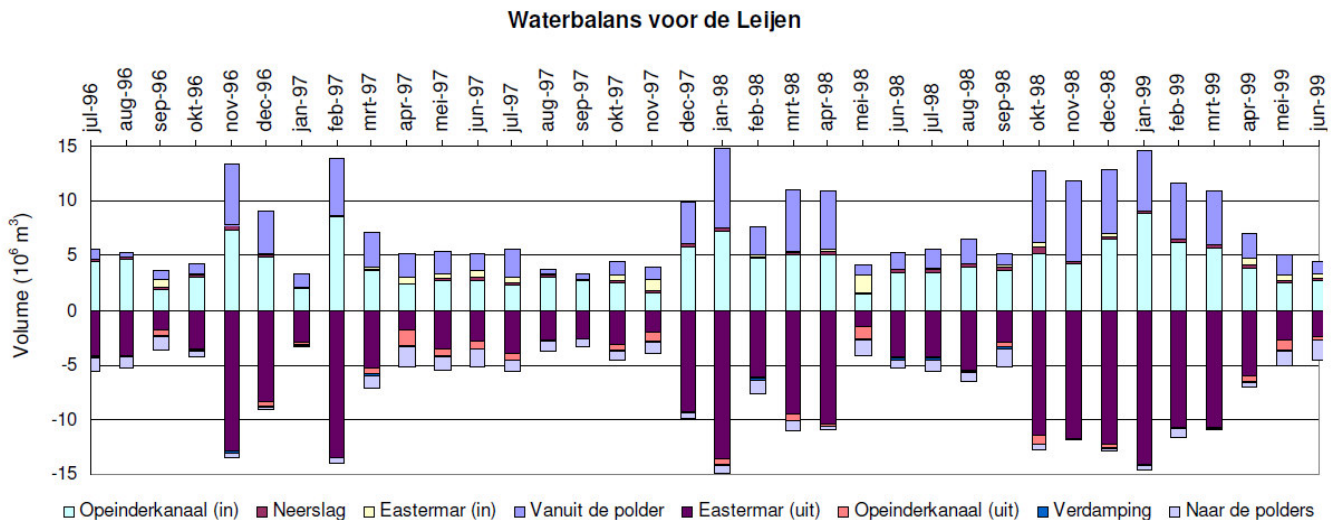


Figuur 4-1: Watersystemen rond de Leijen (I t/m VIII). De gele gebieden zijn vrij afstromend (AquaSense, 2006).

De waterbeweging in het meer wordt bepaald door aanvoer vanuit de Opeindervaart en de afvoer via de Lits. Hierdoor is de waterstroming overwegend van zuid naar noord. Het aangevoerde water vanuit de Opeindervaart volgt daarbij niet de kortste weg, maar waaiert als het ware uit over het meer, mede afhankelijk van de overheersende windrichting (Grontmij, 1997).

## 4.2 Trends in waterbalans

Voor de periode medio 1996 tot medio 1999 is een waterbalans opgesteld, waarmee inzicht wordt verkregen in de belangrijkste waterstromen die de Leijen in en uit gaan (Figuur 4-2: AquaSense, 2006). De belangrijkste posten op de waterbalans worden gevormd door de aan- en afvoer uit het boezemsysteem. De aanvoer vanuit het Opeinderkanaal vormt 50-60% van de totale instroom van het meer. De uitstroom gaat vooral via de Lits, 60% (in de zomer) tot 95% (in de winter). Lokale bijdragen vanuit de polders vormen ook een behoorlijk aandeel van de instroom (30-50%), vooral in de winter. In de zomer stroomt er juist relatief veel 'naar de polders'. Neerslag en verdamping dragen beide weinig bij aan de balans, slechts enkele procenten. Bij het berekenen van deze waterbalans is de infiltratie buiten beschouwing gelaten, maar het is bekend dat dit ongeveer 2% van de totale waterbalans uitmaakt (Grontmij, 1997).



Figuur 4-2: Waterbalans op maandbasis voor de Leijen. Het Opeinderkanaal is de belangrijkste aanvoerpost, Eastermar (de Lits) is de belangrijkste uitstroompost (AquaSense, 2006).

De periode van juli 1996 tot en met juni 1999 is de enige 'langdurige' periode waarvan gegevens bekend zijn van vrijwel alle posten van de waterbalans, die op vergelijkbare wijze zijn verkregen. Van de Opeindervaart zijn gegevens bekend uit 1995 maar niet van de andere posten (Grontmij, 1997). Met behulp van SOBEK heeft Wetterskip Fryslân het debiet in de Leijen voor 1993 doorgerekend (Grontmij, 1997). Deze gegevens laten een vergelijkbaar jaarlijks verloop zien. Van de periode na juni 1999 zijn geen gegevens over de waterbalans bekend.

In de winter 1998/99 is de wateraan- en -afvoer groter dan de beide jaren daarvoor. Dit geldt enigszins ook voor de aanvoer vanuit de polders. De grotere aan- en afvoer en het vaste peil betekent dat de verblijftijd gedurende deze periode afneemt. Dit heeft tot gevolg dat het effect van de interne chemische en ecologische processen op de waterkwaliteit en ecologische toestand van de Leijen minder invloed heeft in die periode.

## 4.3 Samenvatting

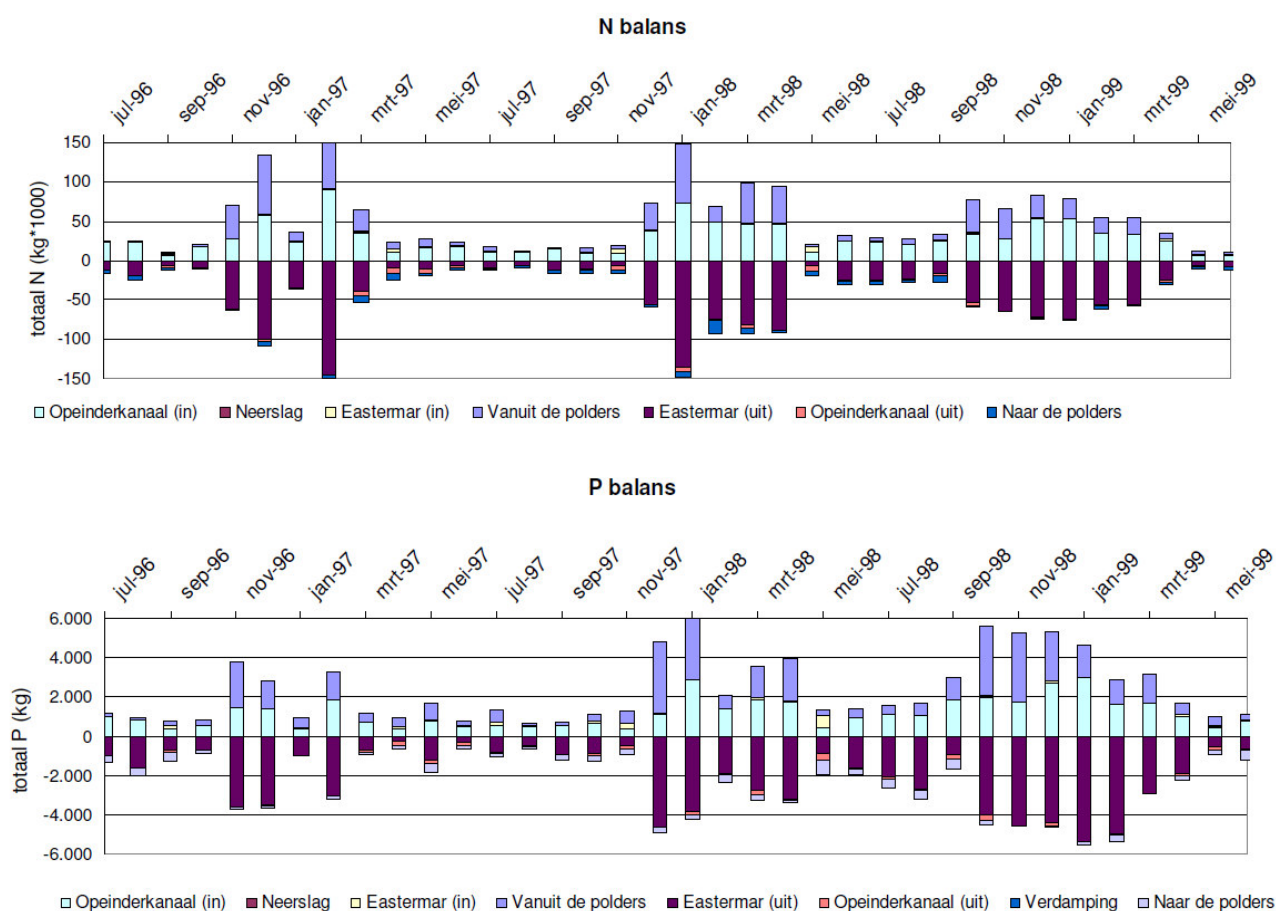
De jaarlijkse wateraanvoer bedraagt circa 90 miljoen kubieke meter water en als gevolg van het vaste streefpeil is de waterafvoer gelijk hier aan. Circa 60 procent van de totale instroom van het meer is afkomstig vanuit het Opeinderkanaal. Via de Lits stroomt het meeste water weg, namelijk circa 60 procent in de zomer en circa 95 procent in de winter. Lokale bijdragen vanuit de polders vormen ook een behoorlijk aandeel van de instroom (30-50%), vooral in de winter. In de zomer stroomt er juist relatief veel 'naar de polders'. Neerslag en verdamping dragen beide weinig bij aan de balans, slechts enkele procenten. Trends in de waterbalans kunnen als gevolg van een veranderde verblijftijd van invloed zijn op de waterkwaliteit in het meer. Als gevolg van beperkte informatie was het niet mogelijk deze trends naar voren te brengen.



## 5 Nutriëntenbalans

### 5.1 Trends in stoffenbalans

De nutriëntenbalans van de Leijen is vergelijkbaar met de waterbalans; alleen de verdamping speelt natuurlijkergoos geen rol in de nutriëntenbalans. Afgezien van dit verschil lijken de maandelijksse stoffenbalansen voor stikstof en fosfaat (Figuur 5-1) op de waterbalans, doordat de concentratieverschillen tussen de verschillende posten niet erg groot zijn.



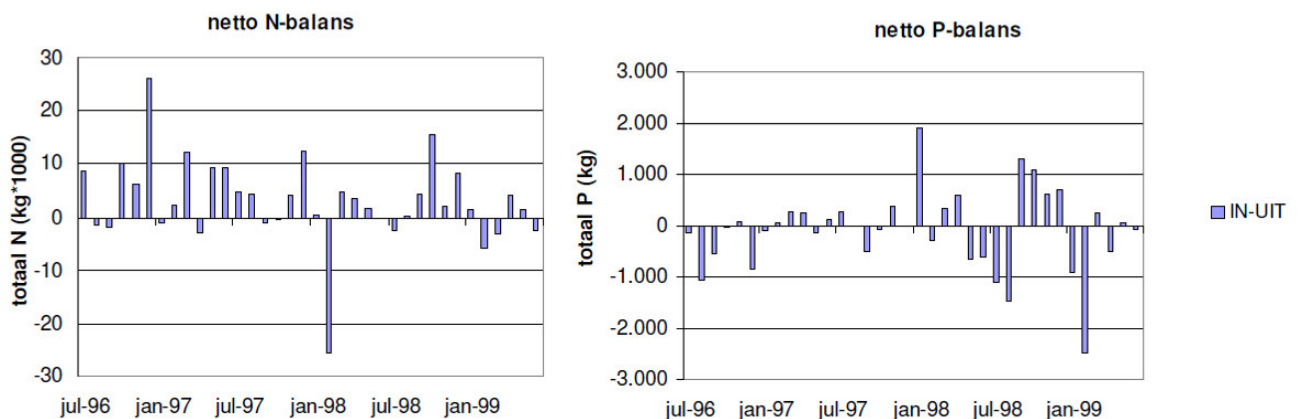
Figuur 5-1: Stoffenbalans voor de Leijen voor stikstof (N) en fosfor (P) (AquaSense, 2006)

Evenals bij de waterbalans geldt bij de aanvoer van nutriënten dat zowel het Opeinderkanaal als de aanvoer vanuit de polders beide een belangrijke bijdrage leveren (zie Figuur 5-1). De bijdrage van stoffen vanuit de neerslag is verwaarloosbaar; dit geldt ook voor de factor wegzijging/kwel. Ook kan worden geconcludeerd dat de uitstroom van stoffen naar de polders niet groot is. Netto komen er veel meer nutriënten vanuit de polders het meer in, dan dat er vanuit het meer naar de polders gaan. Dit geldt ook voor de zomermaanden, terwijl er dan relatief meer water wordt aangevoerd naar de polders. De nutriëntenafvoer wordt voor het overgrote deel opgevangen door het 'uitstroomkanaal' de Lits (=Eastermar).

De sterke overeenkomst met de waterbalans als gevolg van een geringe concentratieverschillen tussen de verschillende posten zorgt ervoor dat dezelfde fluctuaties in de nutriëntenbalans te zien zijn. Dus in de nutriëntenbalans is de hoeveelheid aangevoerde nutriënten via het Opeinderkanaal gedurende de periode groter, evenals de aanvoer vanuit de polders en afvoer via de Lits bij Eastermar.

Als gekeken wordt naar het netto verschil tussen de in- en uitposten op de balans lijkt het alsof er per jaar minder stikstof (N) het systeem uitgaat, dan dat er inkomt. Deze hoeveelheid ligt in de orde van grootte 30.000 kg, ofwel 100 kg/ha per jaar (Figuur 5-2). Aangezien de concentratie stikstof in het water niet toeneemt moet het verschil verklaard kunnen worden door andere factoren. Er wordt niet verwacht dat het ophoopt in de bodem, omdat N niet sterk gebonden wordt aan bodemdeeltjes. Het zou bijv. door denitrificatie kunnen komen, fixatie door blauwalgen en opname in planten zijn processen die in de balans niet meegenomen zijn, maar wel stikstof uit het systeem kunnen doen verdwijnen. Dit zou ook de verschillen in de Leijen kunnen verklaren. Denitrificatie speelt vooral een grote rol in moerasachtige oeverzones, zoals bij waterriet. In de Leijen is vanwege het vaste streefpeil slechts een beperkte moeraszone aanwezig, maar er staan toch nog redelijk grote velden met waterriet. In het open water kunnen ook processen als N-fixatie door blauwalgen een rol spelen: orde van grootte 100-300 kg N/ha per jaar.

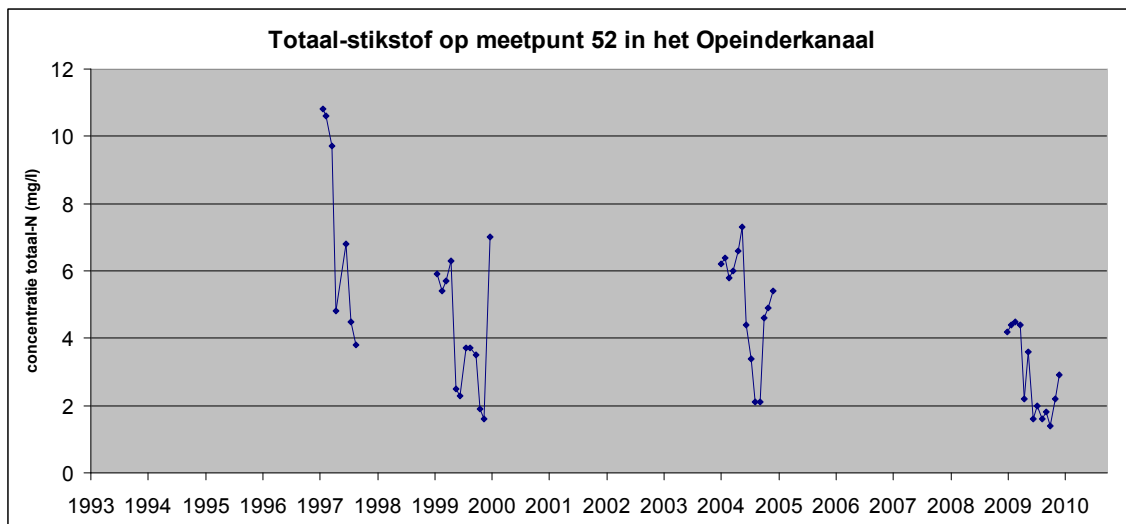
Voor fosfor (P) is er geen duidelijke trend. In de balansjaren 1996 tot 1999 is er netto afgifte (Figuur 5-2), maar dit ligt in de grootte van slechts 4% van de instroom. De uitstroomvracht in de Lits is berekend op basis van de P-concentraties in het meer zelf, en niet op basis van de P-concentraties in het uitstroomkanaal. Wanneer deze getallen gebruikt worden, zou er netto retentie zijn, ook 4% van de instroom. Het verschil wordt veroorzaakt doordat in het meer vaak hogere P-concentraties worden gevonden dan in het uitstroomkanaal. Al met al is dit te interpreteren als netto nauwelijks uitwisseling van P.



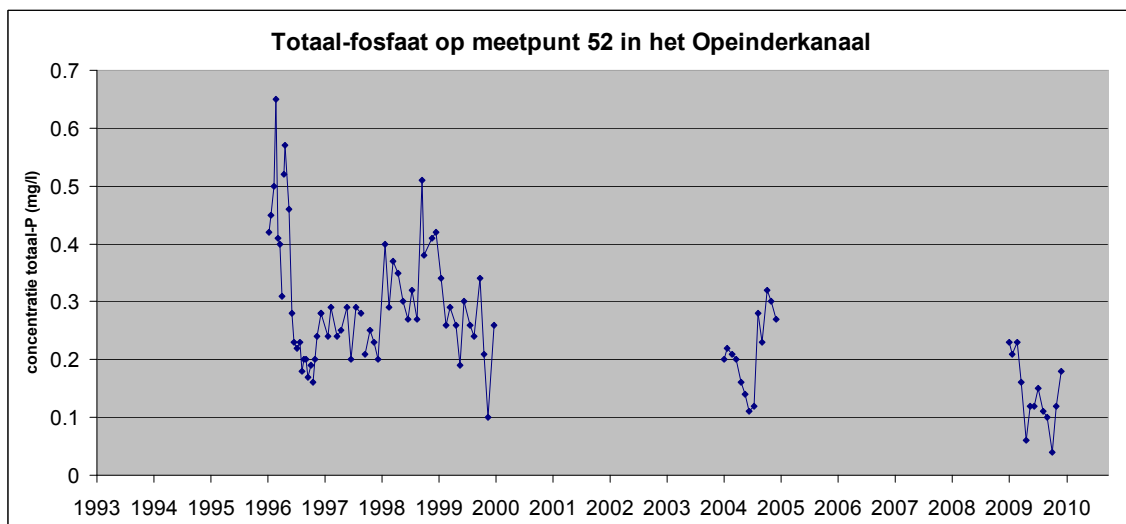
Figuur 5-2: Netto stoffenbalansen voor de Leijen voor stikstof (N) en fosfor (P) (AquaSense, 2006).

## 5.2 Nutriëntenvracht vanuit het Opeinderkanaal

Het Opeinderkanaal is een belangrijke aanvoerpost in de nutriëntenbalans. Hoewel de gegevens enigszins beperkt zijn, komt uit Figuur 5-3 en Figuur 5-4 naar voren dat concentraties van totaal-stikstof en totaal-fosfaat vanaf 2004 gemiddeld gezien zijn afgenomen. Dit lijkt, zeker bij totaal-fosfaat, ook al te gebeuren vanaf de periode 1996-2000. Ervan uitgaande dat de hydrologische situatie vanaf 1999 niet veranderd is, betekent dit dat ook de nutriëntenvracht vanuit het Opeinderkanaal vanaf 2004 is afgenomen. De concentratie van totaal-stikstof in het Opeinderkanaal is in 2009 hoger dan de concentratie in de Leijen; het verschil bedraagt circa tien procent (Figuur 6-7). Bij de concentratie van totaal-fosfaat is er nauwelijks verschil tussen het Opeinderkanaal en de Leijen (Figuur 6-12).

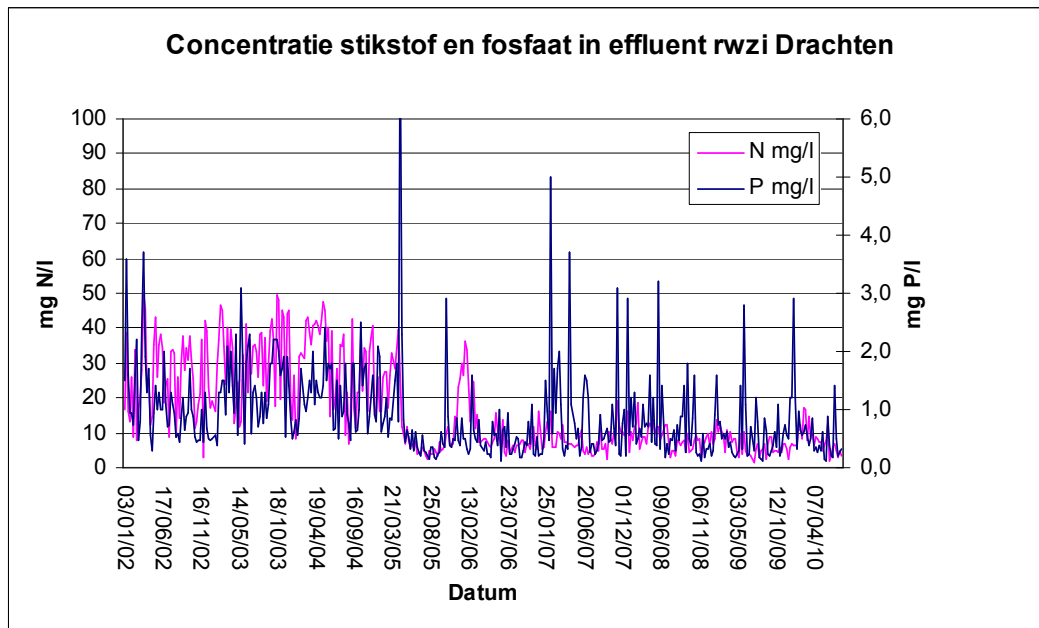


Figuur 5-3: Concentratieverloop van totaal-stikstof op meetpunt 52 in het Opeinderkanaal gedurende de periode 1993-2010.

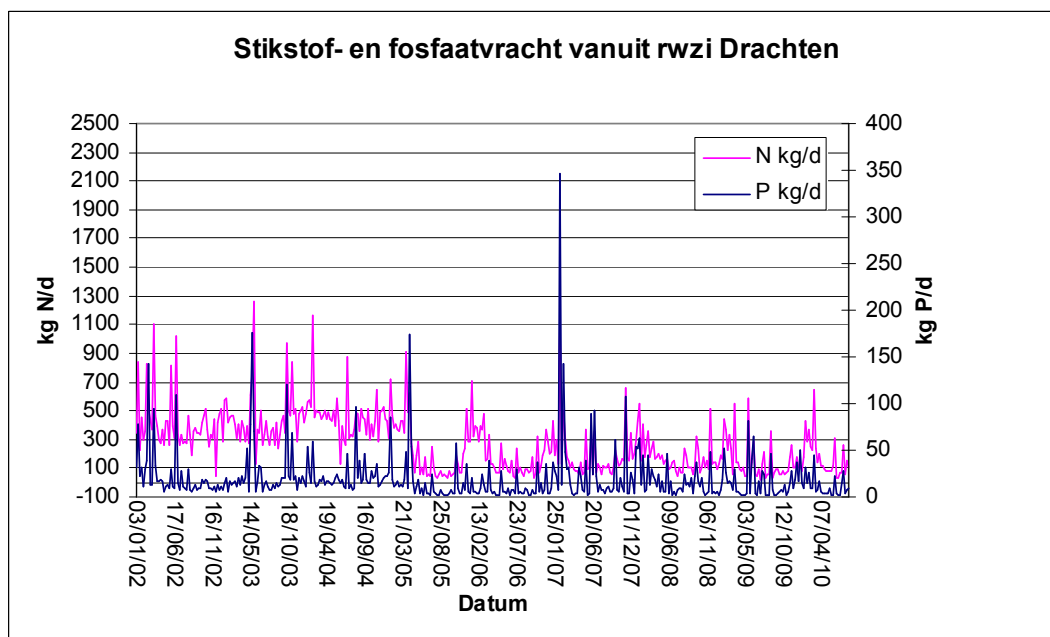


Figuur 5-4: Concentratieverloop van totaal-fosfaat op meetpunt 52 in het Opeinderkanaal gedurende de periode 1993-2010.

De rioolwaterzuiveringsinstallatie Drachten lost op het Opeinderkanaal en daarmee indirect op de Leijen. Het concentratieverloop van totaal-stikstof en totaal-fosfaat in het effluent en de vracht van beide stoffen vanuit RWZI Drachten zijn weergegeven in Figuur 5-5 en Figuur 5-6. Opvallend is de trendbreuk vanaf maart 2005. Vanaf dat moment zijn de concentraties van beide parameters en de vrachten in het algemeen lager dan ervoor. Dit geldt vooral voor stikstof. Deze afname is het gevolg van de verbeteringen van de RWZI. De nieuwe RWZI is in november 2006 officieel in gebruik maar de RWZI werkte al voor die tijd volgens het vernieuwde, geïnstalleerde principe.



Figuur 5-5: Concentratie totaal-stikstof en totaal-fosfaat in het effluent van RWZI Drachten in de periode 2002-2010.



Figuur 5-6: Vracht van totaal-stikstof en totaal-fosfaat vanuit RWZI Drachten in de periode 2002-2010.

### 5.3 Samenvatting

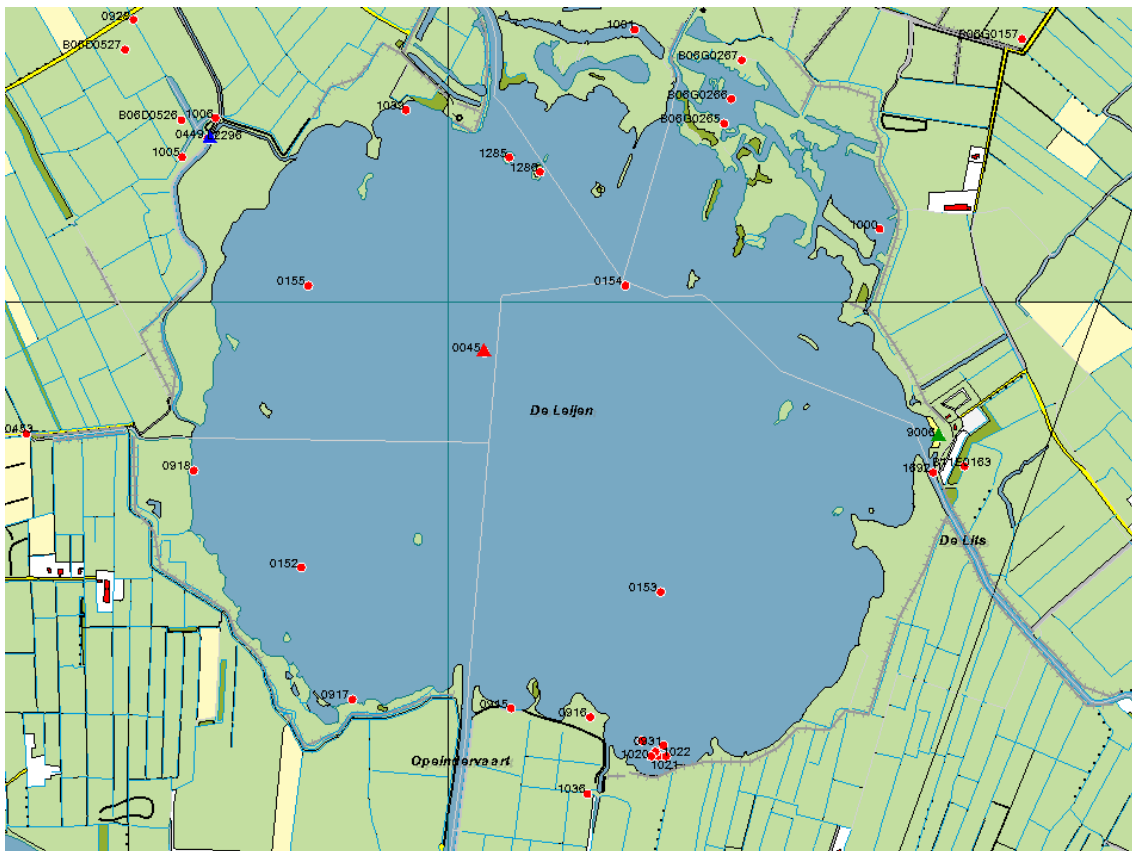
Op basis van de gegevens uit 1996 en 1997 ontvangt de Leijen circa 626 ton stikstof en 30 ton fosfaat per jaar. Voor nutriënten geldt eveneens dat het Opeinderkanaal en de polders de belangrijkste aanvoerposten zijn. De bijdrage van neerslag, wegzijging en kwel in de nutriëntenbalans is verwaarloosbaar. Netto komen er veel meer nutriënten vanuit de polders het meer in, dan dat er vanuit het meer naar de polders gaan. Dit geldt ook voor de zomermaanden, terwijl er dan relatief meer water wordt aangevoerd naar de polders. Het overgrote deel van de nutriënten gaat via de Lits het meer uit. Als gevolg van denitrificatie is de afvoer van stikstof circa 5 procent lager. Bij fosfaat is er nauwelijks verschil tussen de in- en uitstroom. De nutriëntenconcentraties in het Opeinderkanaal lijken vanaf 2004 te zijn gedaald. Dit is onder andere het gevolg van de aanpassingen bij RWZI Drachten die op het Opeinderkanaal loost.

## 6 Trends in fysisch-chemische waterkwaliteit van de Leijen

### 6.1 Meetlocaties

In de Leijen heeft het Wetterskip Fryslân meerdere meetpunten waar het verschillende parameters bemonstert. In Figuur 6-1 zijn de meetpunten in de Leijen weergegeven. De trendanalyse van de fysisch-chemische parameters in de volgende paragrafen baseert zich op de meetgegevens van het meetpunt 45. Dit meetpunt ligt vrijwel in het open water van de Leijen. Dit geldt ook voor de meetpunten 152 t/m 155. Wat betreft de fysisch-chemische parameters bestaan van meetpunt 45 meetreeksen vanaf 1984. De meetreeksen van de meetpunten 152 t/m 155 beslaan slechts enkele jaren, waarmee een trendanalyse en een goede analyse van de ruimtelijke variatie niet mogelijk zijn. Daarom is in de trendanalyse van de fysisch-chemische parameters alleen uitgegaan van de meetgegevens van meetpunt 45.

Tot 1993 zijn op meetpunt 45 de fysisch-chemische parameters alleen in het zomerhalfjaar bemonstert. Waarden die gemeten zijn in de winter, geven echter ook indruk over het fysisch-chemisch en ecologisch functioneren van het watersysteem. De trendanalyse baseert zich daarom op de waarden vanaf 1993.



Figuur 6-1: Meetpunten voor fysische chemie en ecologie in de Leijen.

## 6.2 Fysisch-chemische parameters

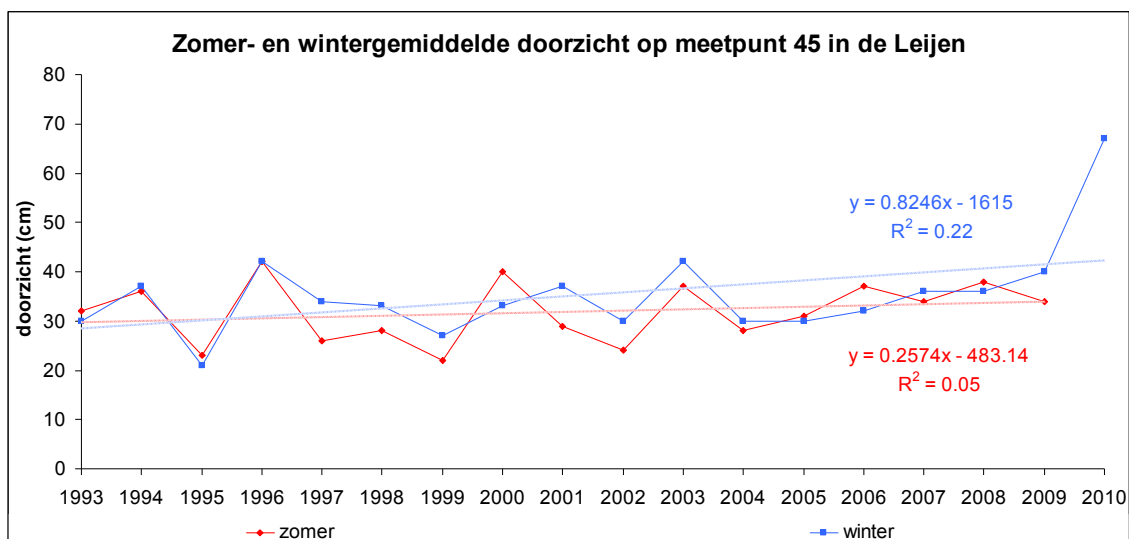
### 6.2.1 Doorzicht, algen en zwevend stof

#### 6.2.1.1 Trends

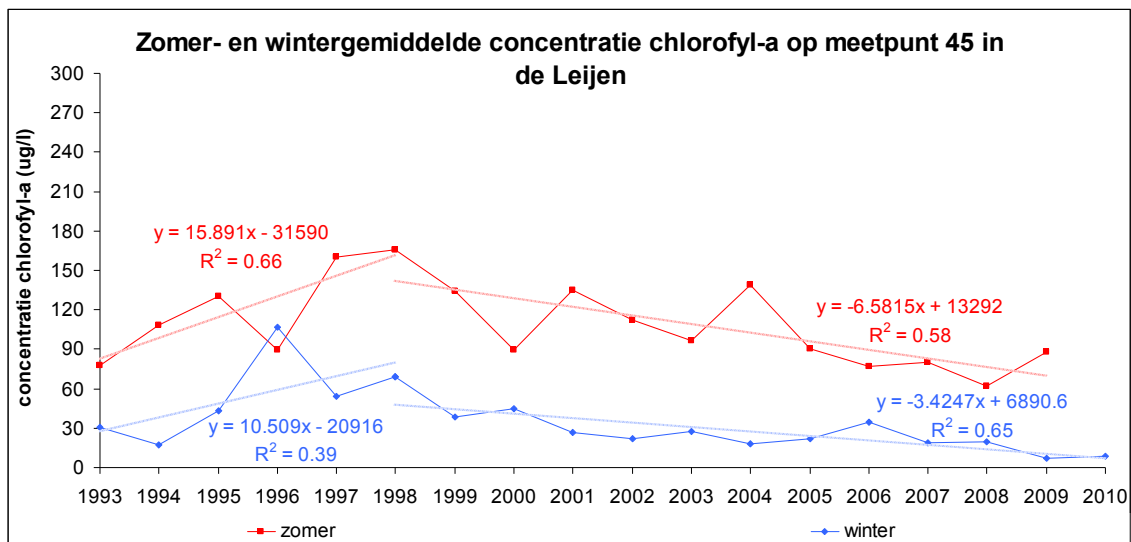
Het doorzicht is in ondiepe meren een bepalende factor voor het ecologisch functioneren. Het doorzicht bepaalt of ondergedoken waterplanten tot ontwikkeling komen. Ondergedoken waterplanten concurreren met vrij zwevende algen en voorkomen dat bodemmateriaal wordt opgewerveld, tevens bieden ze schuilplaats aan jonge snoek die op benthivore en planktivore vis jaagt. In Figuur 6-2 is het verloop van het zomer- en wintergemiddelde doorzicht in het midden van de Leijen (meetpunt 45) weergegeven voor de periode 1993 t/m 2010. Het verloop van het zomer- en wintergemiddelde van chlorofyl-a en zwevende stof, beide parameters die bepalend zijn voor het doorzicht, is weergegeven in Figuur 6-3 en Figuur 6-4.

Gedurende de hele periode is er sprake van een lichte toename van het doorzicht, zowel in de zomer- als winterperiode. Een duidelijke trendbreuk in het verloop van het doorzicht is in deze periode niet opgetreden. Een uitschieter is het wintergemiddelde van 2009-2010. Dit gemiddelde is gebaseerd op in totaal twee metingen in oktober en december 2009, toen een doorzicht van respectievelijk 80 en 60 centimeter is gemeten. Desondanks is het doorzicht in de Leijen gedurende de periode 1993-2010 zeer beperkt. Het gemiddelde doorzicht over de gehele periode bedraagt circa 35 centimeter. Dit betekent dat ondanks de geringe waterdiepte (ca. 1 m) weinig licht tot op de bodem doordringt.

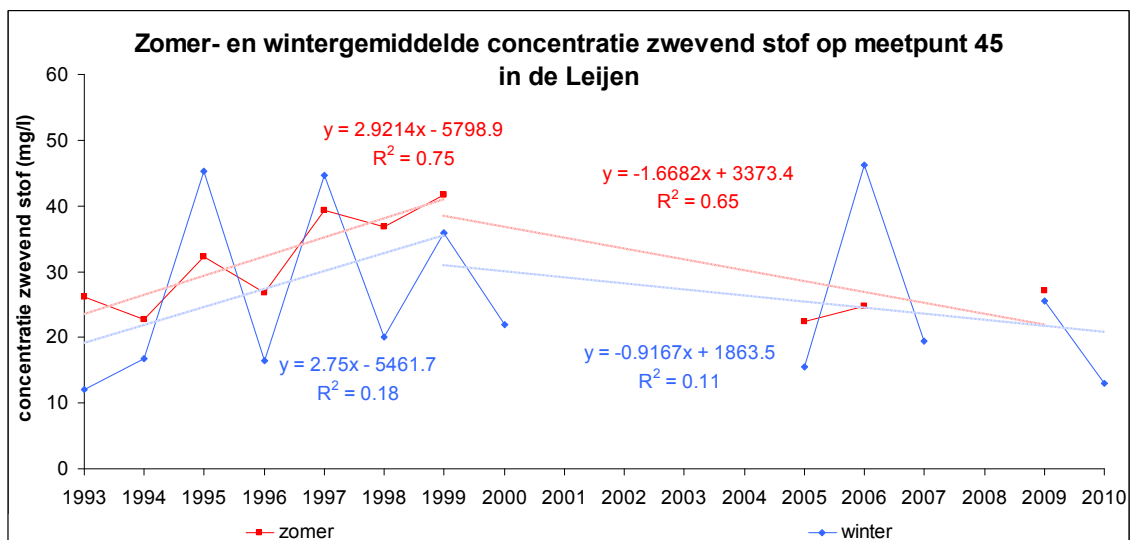
Dat er in het verloop van het doorzicht geen duidelijke trendbreuk optreedt, is opmerkelijk. Zowel bij het zomer- en wintergemiddelde van chlorofyl-a als bij het zomer- en wintergemiddelde van zwevend stof is namelijk omstreeks 1998/1999 een duidelijke verandering van het verloop zichtbaar. De verandering in het verloop van de concentratie van zwevend stof is geheel of deels het gevolg van chlorofyl-a (zie ook Figuur 7-1), aangezien het zwevend stof naast anorganisch en moeilijk afbreekbaar organisch materiaal ook de algen omvat. Daarmee lijkt het doorzicht in de Leijen te voornamelijk te worden bepaald door zwevend materiaal anders dan algen. Dit blijkt ook uit het feit dat zomer- en wintergemiddelde waarden van het doorzicht nauwelijks verschillen. In de winterperiode is de algenconcentratie veel lager dan in de zomerperiode, zoals uit Figuur 6-3 ook naar voren komt. Het verschil in de algenconcentratie tussen de zomer en winter komt echter niet tot sterk uiting in het doorzicht.



Figuur 6-2: Zomer- en wintergemiddelde doorzicht op meetpunt 45 in de Leijen gedurende de periode 1993 tot en met 2010. Het wintergemiddelde baseert zich op de gegevens uit de eerste winterperiode van het betreffende jaar en/of tweede winterhelft van het voorgaande jaar.



Figuur 6-3: Zomer- en wintergemiddelde concentratie chlorofyl-a op meetpunt 45 in de Leijen gedurende de periode 1993 tot en met 2010. Het wintergemiddelde baseert zich op de gegevens uit de eerste winterperiode van het betreffende jaar en/of tweede winterhelft van het voorgaande jaar.



Figuur 6-4: Zomer- en wintergemiddelde concentratie zwevend stof op meetpunt 45 in de Leijen gedurende de periode 1993 tot en met 2010. Het wintergemiddelde baseert zich op de gegevens uit de eerste winterperiode van het betreffende jaar en/of tweede winterhelft van het voorgaande jaar.

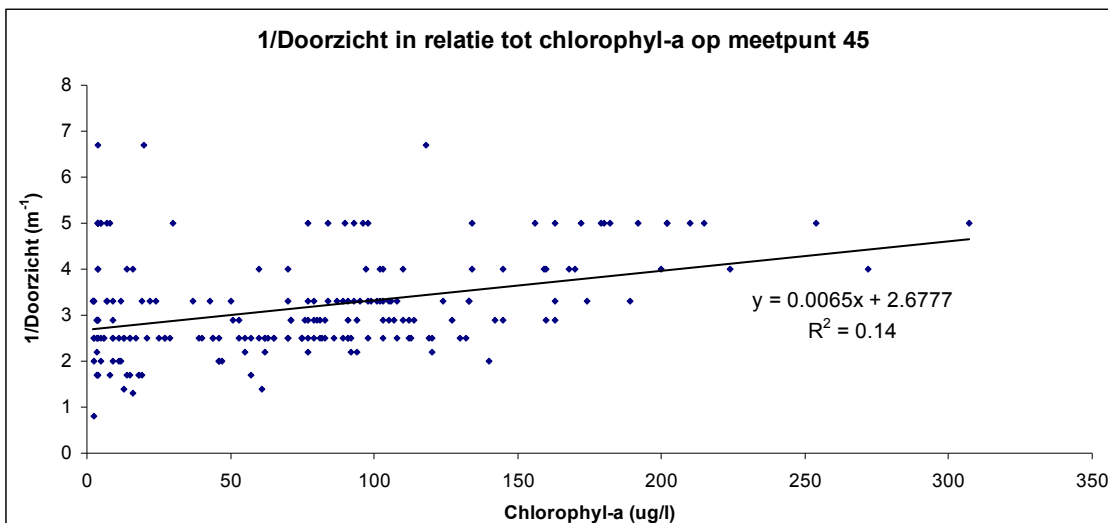
De rol van zwevend stof in het doorzicht van de Leijen komt ook naar voren in de afname van de wintergemiddelde concentratie van zwevend stof en de toename van het wintergemiddelde doorzicht. Een groot effect van de afname van zwevend stof op het doorzicht is ook mogelijk doordat de concentratie van de andere doorzicht bepalende parameter, chlorofyl dus, al laag was. Grafieken met daarin doorzicht uitgezet tegen chlorofyl-a en zwevend stof, geven aanvullend inzicht in de rol van chlorofyl-a en zwevend stof in het doorzicht.

#### 6.2.1.2 Doorzicht versus chlorofyl-a en zwevend stof

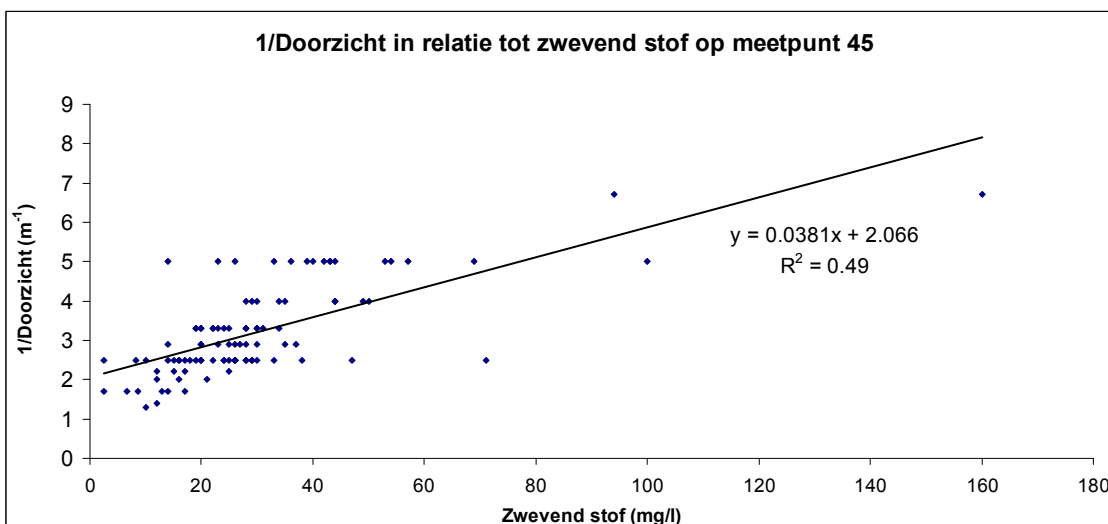
De inverse waarde van het doorzicht kent een lineaire relatie met de concentraties van chlorofyl-a en zwevend stof (Scheffer, 2004). In Figuur 6-5 en Figuur 6-6 is de inverse waarde van het doorzicht uitgezet tegen de concentratie van respectievelijk chlorofyl-a en zwevend stof. In beide figuren is de trendlijn die op basis van de gepresenteerde waarden berekend is, weergegeven, evenals de verklaarde variantie ( $R^2$ ).

In het geval van de Leijen vertoont het inverse doorzicht in overeenkomst met de theorie een lineair verband met de concentratie van chlorofyl-a en zwevend stof. De verklaarde variantie is

voor beide parameters in absolute zin niet sterk, maar voor zwevend stof is deze sterker dan voor chlorofyl-a. Ofwel, de variatie in het doorzicht wordt voor een groter deel verklaard door zwevend stof dan door chlorofyl-a.



Figuur 6-5: Doorzicht in relatie tot chlorofyl-a op meetpunt 45.



Figuur 6-6: Doorzicht in relatie tot zwevend stof op meetpunt 45.

Van het punt achter de palenrij (punt 931) is de meetreeks een stuk korter dan van punt 45, nl van 2004-2009 en voor chlorofyl van 2004-2007. Na een screening van deze gegevens bleek dat het doorzicht niet beter was dan op punt 45, ook het chlorofyl vertoont hetzelfde beeld als midden in de Leijen. Door de openingen tussen de palen treedt blijkbaar toch menging van het water op.

#### 6.2.1.3 Achterliggende processen

De wind is één van de processen die in de Leijen van invloed is op de concentratie van zwevende stof. De plas is ondiep en de strijklengte van de plas is groot genoeg om golven te genereren die bij de bodem voor opwerveling van bodemmateriaal zorgen. De geringe diepte en grote strijklengte zorgen ervoor dat dood organisch materiaal en/of anorganisch materiaal vrijwel contant in suspensie is.

Het effect van de wind is ook enigszins terug te zien in het diepteprofiel van de Leijen. De noordoosthoek van de plas is, met buiten beschouwing gelaten van de uitgegraven vaargeul, relatief het diepst. Dit is mogelijk een gevolg van de overheersende zuidwestenwind die het water in het noordoostelijk deel opstuwt, waardoor een onderstroom ontstaat die bodemmateriaal



opwervelt. De onderstroom is weliswaar een ander fenomeen dan de orbitaalbewegingen door golven maar het geeft aan dat wind invloed heeft op het watersysteem.

Opwerveling van bodemwoelende vis speelt waarschijnlijk een ondergeschikte rol. Doordat visen koudbloedige organismen zijn, foerageren zij in de winter nauwelijks. De opwerveling van bodemmateriaal door benthivore vis als gevolg van hun foeragegedrag zal daardoor ook gering zijn en mogelijk alleen daar waar de vis geclusterd ligt. Het doorzicht is in de winter nog echter nog steeds beperkt, wat duidt op een gering effect van opwerveling door benthivore vis.

Naast de opwerveling door wind speelt ook de oppervlakkige aanvoer van dood organisch materiaal en/of anorganisch materiaal een rol. Het water in de Leijen heeft een korte verblijftijd, namelijk twee maanden. Dit zou betekenen dat vrij snel alle bodemmateriaal dat in de Leijen wordt opgewerveld, wordt afgevoerd, waardoor de plas "uitgeput" raakt. Afbraak van de bodem kan plaatsvinden maar dan zou in de loop der jaren de plas dieper waarschijnlijk dieper zijn geweest. Daarom lijkt het erop dat ook zwevend materiaal van buiten af wordt aangevoerd.

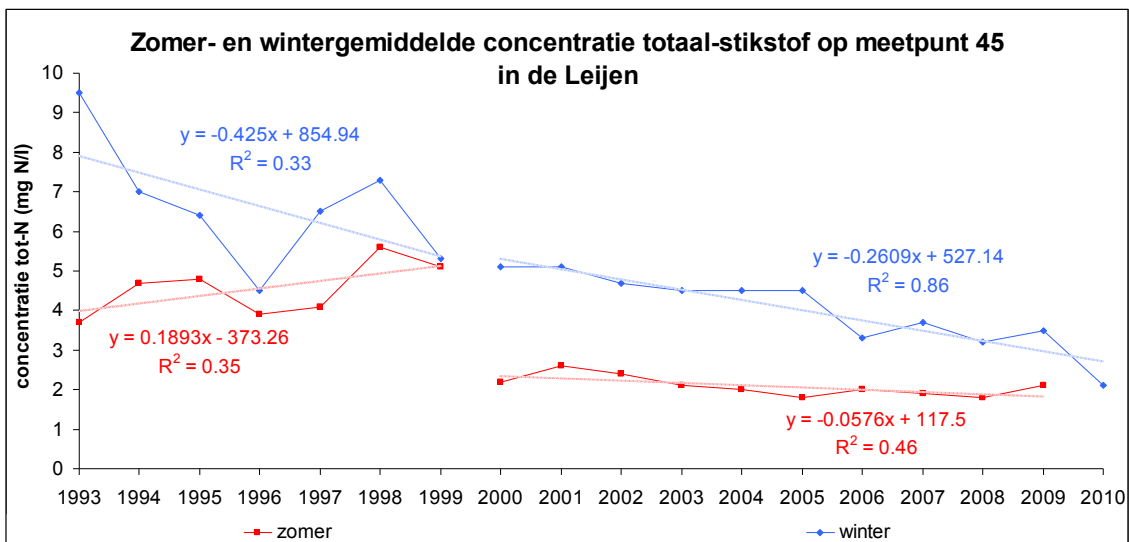
### 6.2.2 Stikstof

In Figuur 6-7 is het verloop van de zomer- en wintergemiddelde concentratie van totaal-stikstof op meetpunt 45 weergegeven. Daarin zijn de zomer- en wintergemiddelde waarden vóór 2000 gebaseerd op concentraties van totaal-stikstof die berekend zijn als de som van Kjeldahl-stikstof, nitriet en nitraat. De waarden vanaf 2000 baseren zich op de gemeten concentraties van totaal-stikstof. In Figuur 6-8 tot en met Figuur 6-11 is het verloop van de verschillende stikstof fracties weergegeven.

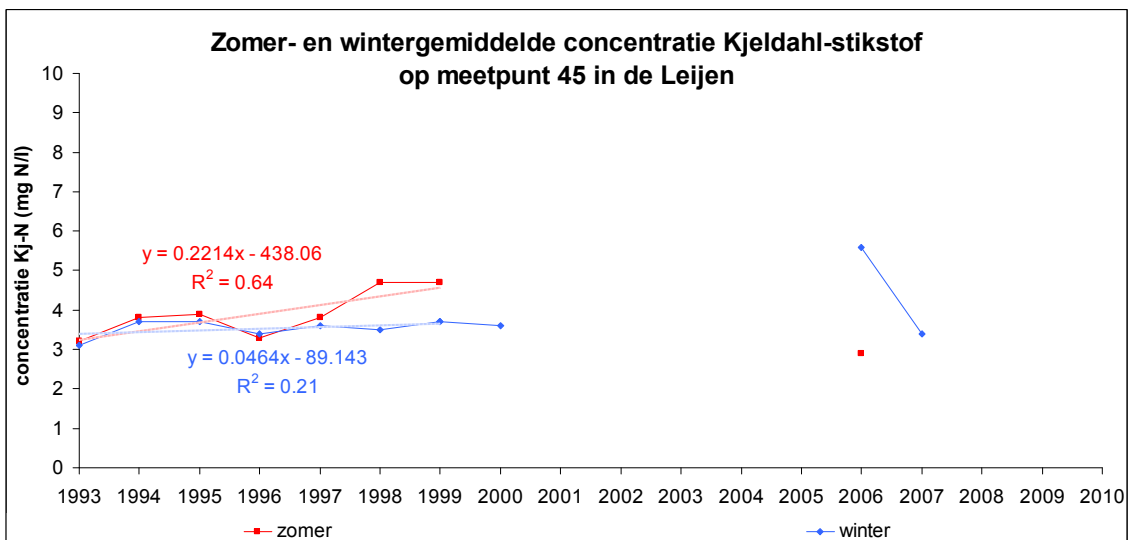
In het verloop van de zomergemiddelde waarden van totaal-stikstof is een trendbreuk herkenbaar. In de periode 1993-1999 neemt de concentratie toe, waarna deze geleidelijk afneemt. Een vergelijkbaar verloop is ook bij chlorofyl-a te zien. Dat de waarden na 1999 behoorlijk lager zijn, heeft te maken met de wijze waarop de gegevens van totaal-stikstof verkregen zijn. Dit doet echter geen afbreuk aan de geconstateerde trends. Het veranderde verloop van totaal-stikstof in de zomer is waarschijnlijk een gevolg van veranderingen in de zomergemiddelde concentratie van Kjeldahl-stikstof. Deze neemt tot en met 1999 ook toe. De gegevens over Kjeldahl-stikstof na 1999 zijn erg beperkt. Het zomergemiddelde van 2006 is lager dan die van 1999. Daarmee lijkt het erop dat ook de concentratie van Kjeldahl-stikstof na 1999 in de zomer is afgenomen. Bij de waarden van 2006 van Kjeldahl-stikstof dienen wel vraagtekens te worden geplaatst, aangezien de waarde hoger is dan die van totaal-stikstof (wat overigens ook voor de wintergemiddelde waarde geldt). Nitriet en nitraat, evenals ammonium, zijn als gevolg van het denitrificatieproces in de zomer slechts in lage concentraties aanwezig. Het verloop van de zomergemiddelde waarden van deze parameters is daardoor tamelijk vlak. Uitgaande van de gegevens over Kjeldahl-stikstof in 2006 lijkt het erop dat de zomergemiddelde concentratie van deze stikstof fractie is afgenomen. De afname van Kjeldahl

De gemiddelde concentratie van totaal-stikstof in de winter laat over de gehele periode van 1993-2009 een dalende trend zien. Dit is het gevolg van nitraat waarvan de wintergemiddelde concentratie over de gehele periode eveneens afneemt, en, maar in mindere mate, van ammonium. De concentratie van ammonium neemt opvallend genoeg tot ongeveer 2003 in de winter nog toe maar neemt daarna sterk af. De concentratie van Kjeldahl-stikstof in de winter blijft gedurende de gehele periode vrij constant, waardoor deze fractie waarschijnlijk niet verantwoordelijk is voor de afname van de concentratie van totaal-stikstof in de winter. De concentraties van nitriet zijn ook in de winter erg laag, waardoor deze fractie nauwelijks bijdraagt in de concentratie van totaal-stikstof.

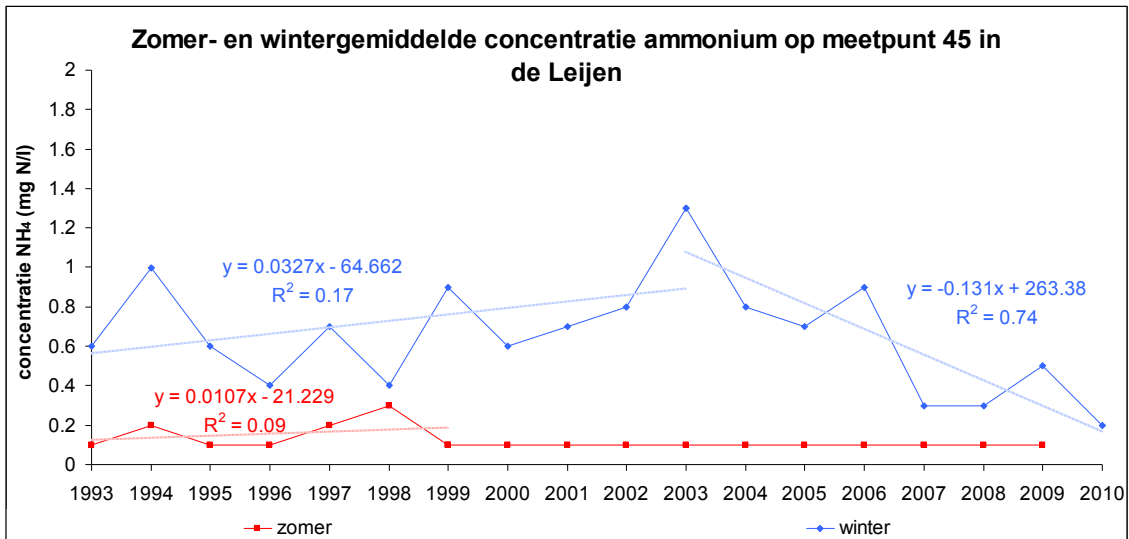
Gedurende de periode 1999-2009 ligt de concentratie van totaal-stikstof in de zomer rond of onder de MTR-waarde van 2,2 milligram per liter (welke als een zomergemiddelde wordt berekend). De zomergemiddelde concentratie van totaal-stikstof is in deze periode evenals ervoor nog wel hoger dan de doelen die in verband met de Kaderrichtlijn Water aan de Leijen gesteld zijn. Voor de zomergemiddelde concentratie van totaal-stikstof in de Leijen geldt als doel 1,3 milligram per liter (Provinciale Staten van Fryslân, 2009).



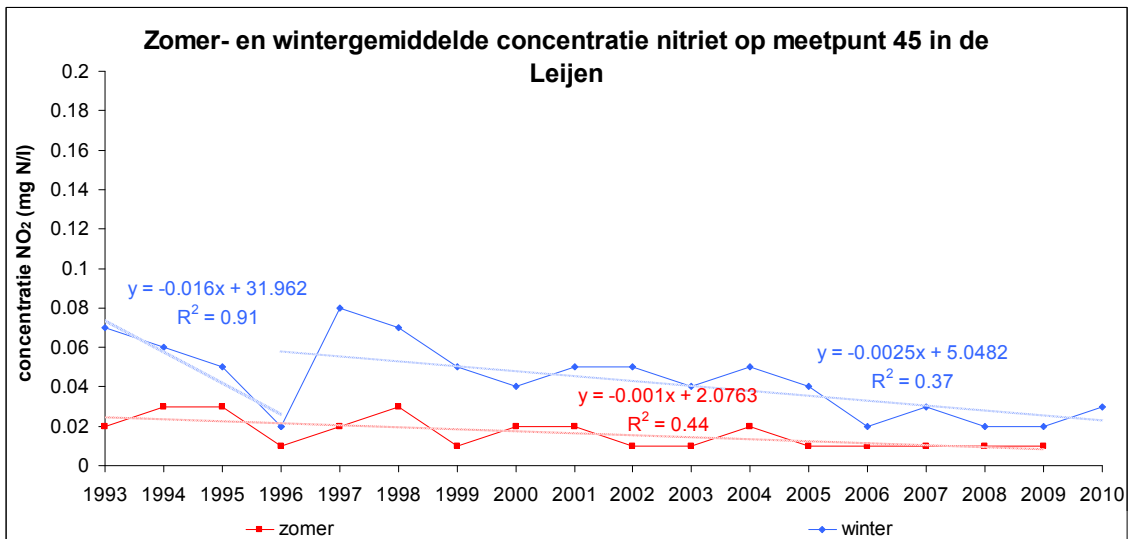
Figuur 6-7: Zomer- en wintergemiddelde totaal-stikstof op meetpunt 45 in de Leijen gedurende de periode 1993 tot en met 2010. De waarden vóór 2000 zijn gebaseerd op totaal-N-concentraties die berekend zijn als de som van de Kjeldahl-N, nitriet en nitraat. De waarden vanaf 2000 zijn gebaseerd op de gemeten concentraties van totaal-N.



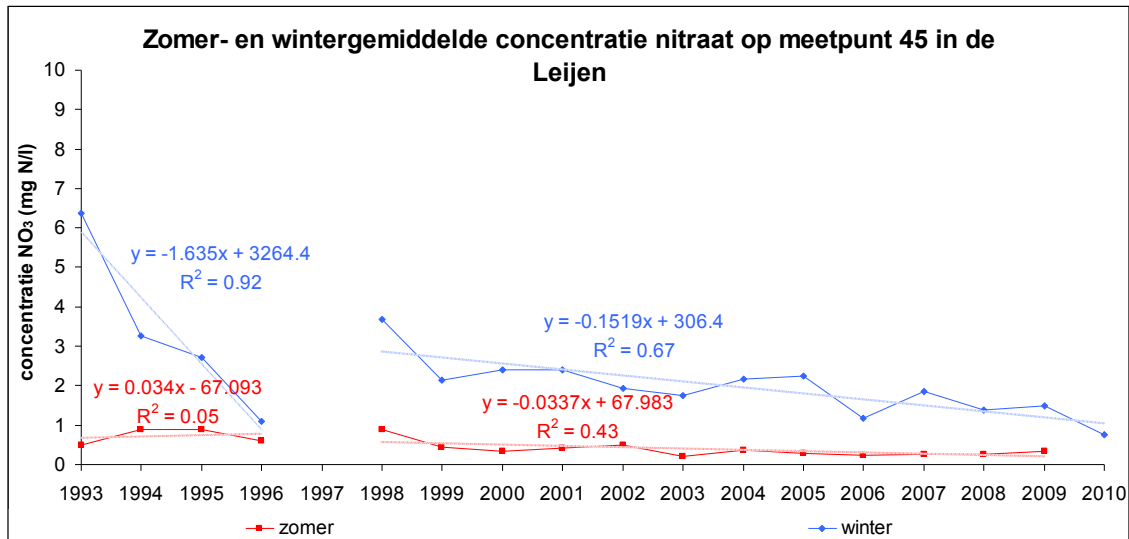
Figuur 6-8: Zomer- en wintergemiddelde concentratie Kjeldahl-stikstof op meetpunt 45 in de Leijen gedurende de periode 1993 tot en met 2010. Het wintergemiddelde baseert zich op de gegevens uit de eerste winterperiode van het betreffende jaar en/of tweede winterhelft van het voorgaande jaar.



Figuur 6-9: Zomer- en wintergemiddelde concentratie ammonium op meetpunt 45 in de Leijen gedurende de periode 1993 tot en met 2010. Het wintergemiddelde baseert zich op de gegevens uit de eerste winterperiode van het betreffende jaar en/of tweede winterhelft van het voorgaande jaar.



Figuur 6-10: Zomer- en wintergemiddelde concentratie nitriet op meetpunt 45 in de Leijen gedurende de periode 1993 tot en met 2010. Het wintergemiddelde baseert zich op de gegevens uit de eerste winterperiode van het betreffende jaar en/of tweede winterhelft van het voorgaande jaar.



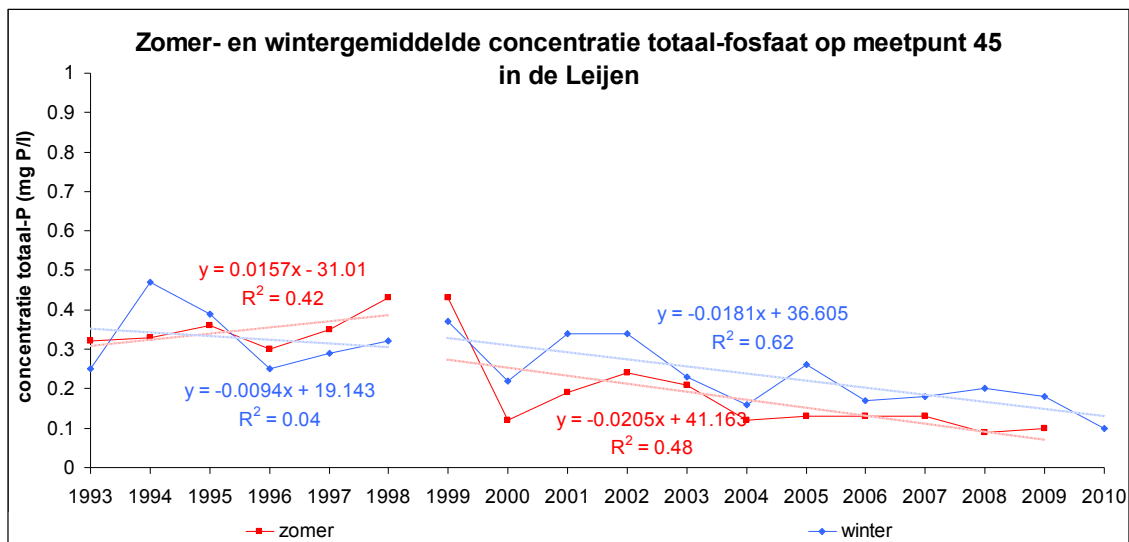
Figuur 6-11: Zomer- en wintergemiddelde concentratie nitraat op meetpunt 45 in de Leijen gedurende de periode 1993 tot en met 2009. Het wintergemiddelde baseert zich op de gegevens uit de eerste winterperiode van het betreffende jaar en/of tweede winterhelft van het voorgaande jaar.

### 6.2.3 Fosfaat

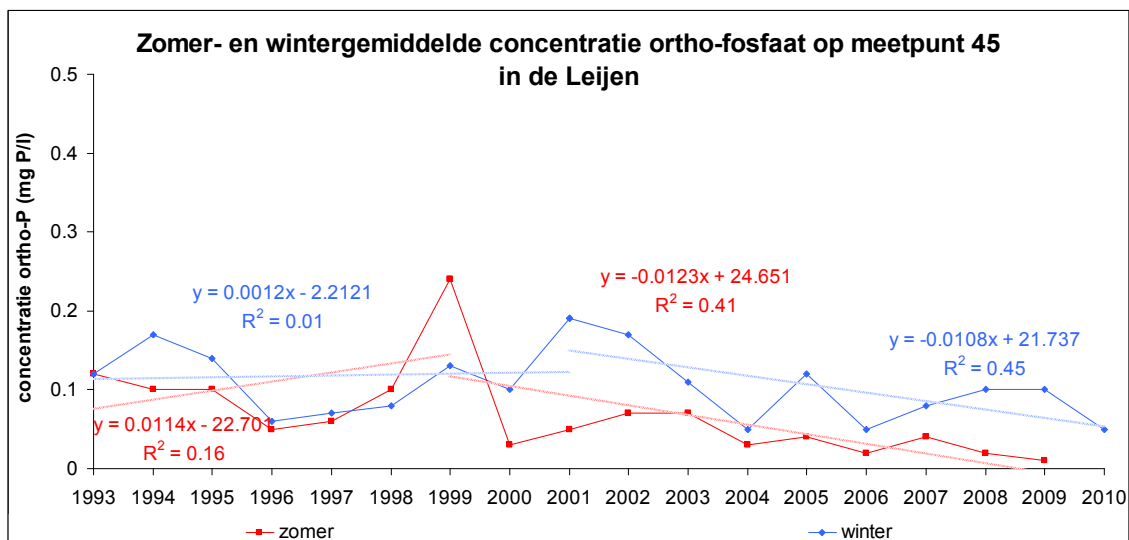
In Figuur 6-12 is het verloop van de zomer- en wintergemiddelde concentratie van totaal-fosfaat gedurende de periode van 1993 tot en met 2009 op meetpunt 45 weergegeven. In 1999 is de analysemethode van fosfaat veranderd (Grontmij | AquaSense & Koeman en Bijkerk B.V., 2007). Het is niet mogelijk hier een correctiefactor voor te berekenen. De waarnemingen voor en na die tijd zijn daardoor in absolute zin niet zonder meer vergelijkbaar; eventueel aanwezige trends daarentegen wel. Voor de bepaling van totaal-stikstof is vanaf 1999 ook een andere analysemethode gehanteerd. Alleen de gepresenteerde waarden van totaal-fosfaat uit de periode vóór 1999 zijn in deze studie berekend op basis van Kjeldahl-stikstof, nitraat en nitriet.

Het jaar 1999 vormt in het concentratieverloop van totaal-fosfaat in de zomer, net als bij de concentratie van totaal-stikstof, een duidelijk omslagpunt. In de periode vóór dat jaar neemt de concentratie van totaal-fosfaat in de zomer licht toe en daarna neemt de concentratie af. Dit geldt ook voor het verloop van ortho-fosfaat, hoewel dit beeld sterk bepaald wordt door de hoge waarde in 1999. Net als totaal-stikstof neemt de wintergemiddelde concentratie van totaal-fosfaat over de gehele periode af. Dit geldt echter niet voor de wintergemiddelde concentratie van ortho-fosfaat. Deze lijkt tot en met 2001 nog toe te nemen, waarna deze afneemt.

Vanaf 2000, en dan vooral in 2000 zelf en na 2004, zijn de gemeten waarden van totaal-fosfaat in de zomer lager of gelijk aan de MTR-waarde van 0,15 milligram per liter, welke als een zomergemiddelde wordt berekend. De doelwaarde die het Wetterskip Fryslân vanuit de Kaderrichtlijn Water voor het zomergemiddelde van de concentratie totaal-fosfaat heeft vastgesteld, bedraagt 0,09 milligram per liter (Provinciale Staten van Fryslân, 2009) en is daarmee lager dan de MTR-waarde. In 2008 bedroeg de zomergemiddelde concentratie 0,09 milligram per liter; in de andere jaren werd het doel niet bereikt.



Figuur 6-12: Zomer- en wintergemiddelde concentratie totaal-fosfaat op meetpunt 45 gedurende de periode van 1993 tot en met 2010. Het wintergemiddelde baseert zich op de gegevens uit de eerste winterperiode van het betreffende jaar en/of tweede winterhelft van het voorgaande jaar.



Figuur 6-13: Zomer- en wintergemiddelde concentratie ortho-fosfaat op meetpunt 45 in de Leijen gedurende de periode 1993 tot en met 2010. Het wintergemiddelde baseert zich op de gegevens uit de eerste winterperiode van het betreffende jaar en/of tweede winterhelft van het voorgaande jaar.

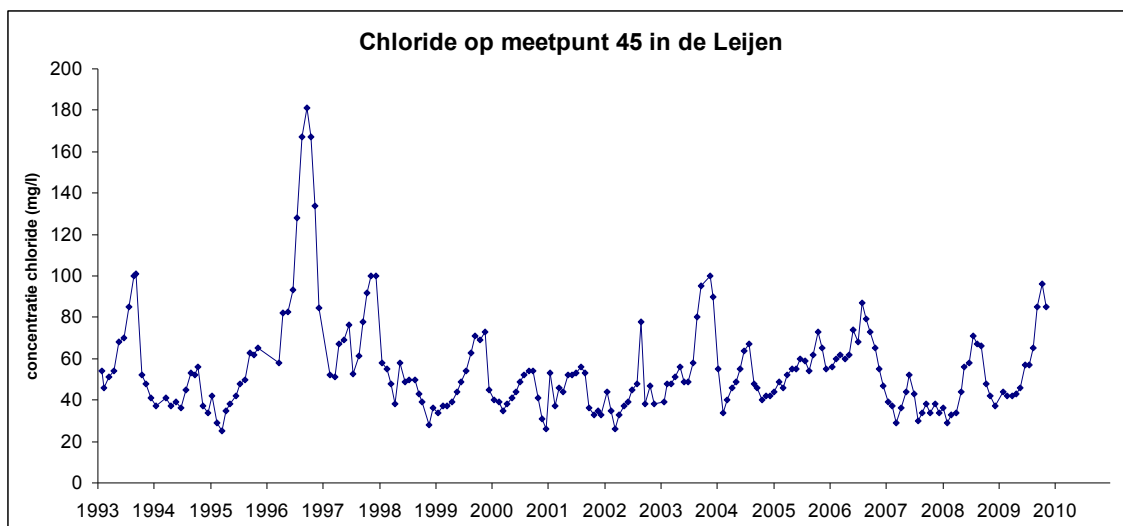
#### 6.2.4 Achterliggende processen stikstof en fosfaat

De daling van de concentratie van totaal-stikstof en totaal-fosfaat in de Leijen geeft aan dat de voedselrijkdom van de Leijen en aantakende wateren afneemt. De daling lijkt voornamelijk in gang te zijn gezet door autonome ontwikkelingen, doordat de daling, uitgaand van de wintergemiddelde concentratie, al voor de uitvoering van de maatregelen begon. De toename van de zomergemiddelde concentratie van totaal-stikstof en totaal-fosfaat tot 1998/1999 duidt op een verhoogde nutriëntenbelasting van buitenaf. In het geval van fosfaat kan de waterbodem een belangrijke bron zijn, die vooral in de zomer fosfaat nalevert aan de waterkolom. Stikstof wordt in mindere mate opgeslagen in de bodem. Alleen in slibrijke bodems is stikstof in de vorm van onafgebroken organisch materiaal in de bodem aanwezig, wat in het geval van de Leijen goed mogelijk is. Het verloop van de zomergemiddelde concentratie van totaal-stikstof en totaal-fosfaat over de gehele periode toont een sterke overeenkomst met het verloop van de zomergemiddelde concentratie van chlorofyl-a en met Kjeldahl-stikstof. Daarom is de veronderstelling dat in de zomer nutriënten in de vorm van algen de Leijen binnenstromen en mogelijk ook als organisch dood materiaal dat in de Leijen verder wordt afgebroken en waarvan de vrijgekomen

nutriënten worden opgenomen door algen. Het veranderde verloop van de zomergemiddelde concentratie van totaal-stikstof en totaal-fosfaat na 1999 lijkt vooral te wijzen op een veranderde lokale belasting van nutriënten in de vorm van algen en dood organisch materiaal als gevolg van een tot nu toe nog onbekende ingreep stroomopwaarts van de Leijen rond het einde van 1998. Gunstige weersomstandigheden in de periode voor 1998/1999 kunnen bijgedragen hebben aan de hogere chlorofylconcentraties in deze periode.

### 6.2.5 Chloride

In Figuur 6-14 is het concentratieverloop van chloride weergegeven voor de periode van 1993 tot en met 2009. Daaruit komt naar voren dat de concentratie jaarlijks sterk kan fluctueren. Aangezien chloride niet deelneemt in biologische reacties, duiden deze fluctuaties op veranderingen van de aandelen van de verschillende wateraanvoerstromen in de totale wateraanvoer. Lage chlorideconcentraties wijzen op een sterkere invloed van regenwater en hoge concentraties op de aanvoer van gebiedsvreemd water. Vooral in 1996, dat een warme zomer kende, lijkt veel water te zijn aangevoerd. Het verloop van de zomergemiddelde concentratie van chlorofyl-a kent in 1996 ook een "dip". Het gebiedsvreemde water had vermoedelijk een lager concentratie aan chlorofyl-a dan de aanvoerende stromen en de Leijen normaal hebben, waardoor verdunning optreedt.



Figuur 6-14: Chloride op meetpunt 45 in de Leijen gedurende de periode 1993 tot en met 2009.

## 6.3 Samenvatting

De concentratie totaal fosfaat heeft met een gemiddelde van 0,10 mg P/l op een haar na het de doelconcentratie van 0,09 mg P/l bereikt. De concentratie van totaal-stikstof in de Leijen bevindt zich altijd nog boven het doel dat vanuit het Kaderrichtlijn Water gesteld is, namelijk 1,3 milligram stikstof per milliliter. Vanaf 2006 neemt de hoeveelheid stikstof in de Leijen wel enigszins af. Dit is geheel of deels een gevolg van de verminderde aanvoer via het Opeinderkanaal. Het doorzicht in de Leijen bedraagt gemiddeld circa 35 centimeter. Het doorzicht neemt vanaf 2007 iets toe. Het doorzicht in de Leijen wordt bepaald door zwevend stof en in mindere mate door levende, vrij zwevende algen. De geringe diepte en grote strijklengte zorgen ervoor dat de wind dood organisch materiaal en/of anorganisch materiaal vrijwel contant in suspensie is. Opwerveling van bodemwoelende vis speelt waarschijnlijk een ondergeschikte rol. Naast de opwerveling door wind en vis speelt ook de oppervlakkige aanvoer van dood organisch materiaal en/of anorganisch materiaal een rol in het doorzicht.

## 7 Trends in ecologische waterkwaliteit

In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de metingen die op meetpunt 45 zijn uitgevoerd aan biologisch kwaliteitselementen sinds 1994.

**Tabel 4: Aantal biologische metingen per jaar in de Leijen op punt 45 (bij het vissen en macrofyten gaat het om inventarisaties van het hele meer).**

jaar	vis	zoöplankton	fytoplankton	macrofyten	macrofauna
1994		3	1	1	
1995			7	1	
1996			8	1	
1997			8	1	
1998	1		8	1	
1999		3	8	1	
2000		3	8	1	
2001		3	9		
2002	1	3	9	1	
2003					
2004	1		3		
2005			6	1	2
2006	1	3	18	1	
2007					
2008					
2009	1			1	

### 7.1 Fytoplankton

#### 7.1.1 Methoden

De methoden van bemonstering en analyse worden hier slechts kort omschreven. Zie Grontmij | AquaSense & Koeman en Bijkerk (2007) voor een uitgebreidere beschrijving en een overzicht van de belangrijkste determinatieliteratuur.

##### 7.1.1.1 Veld en laboratorium

De monsters voor de analyse van chlorofyl-a (volgens NEN-norm 6520) zijn om de vier weken genomen op locaties 45, ongeveer in het midden van de plas. Van 1984 tot en met 1992 gebeurde dit alleen in het zomerhalfjaar (april-september), van 1993 tot en met 2009 vrijwel steeds het hele jaar door.

De monsters (1 l) voor de analyse van de soortensamenstelling zijn van 1994 tot en met 2002 en van 2004 tot en met 2006 op locatie 45 genomen volgens het schema van Tabel 5. Daarenboven is in augustus 1995 op elk van de verspreide locaties 152 tot en met 155 nog steeds één monster genomen, zodat er in totaal 103 monsters zijn geanalyseerd.

De monsters zijn gefixeerd en bezonken. Er is gedetermineerd en er zijn ten minste 200 individuen geteld bij een vergroting van 400x, of, zonodig bij 630x. Als de  $\mu$ -algen (afmeting < 2,5  $\mu$ m) meer dan 10% van de hoeveelheid uitmaken zijn ze apart gescoord. Enkele soorten buiten de tellingen zijn met abundantie 0 genoteerd. Er is zo mogelijk tot op de soort gedetermineerd, of anders op genus- of familieniveau. Vanaf 2005 is een iets andere procedure gevolgd, waarbij het aantal individuen per ml is vastgesteld.

**Tabel 5: Aantallen fytoplanktonmonsters per jaar en per maand, ongeveer in het midden van de Leijen (locatie 45). Onderstreepte monsters zijn globaal en kwalitatief. Cursieve monsters zijn genomen op de locaties 152 - 155.**

mond / jaar	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'04	'05	'06	'86-'06
feb										1		1	1	1	1	1	1			1	8
mrt											1										1
apr								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	10
mei								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
jun								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	10
jul				1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
aug	1	1	1		1	1	1	1	2+4	1	1+1	1	1	1	1	2	2			2	22
sep								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
okt													1								1
nov										1	1	1	1	1	1	1	1			1	9
feb-nov	1	1	1	1	1	1	1	6	1	9+4	8	8+1	8+1	8+1	8	9	9	3	3	9	96+3+4

### 7.1.1.2 Standaardisatie en verwerking

De tijdreeks van chlorofyl-a is in grafieken uitgezet. Voor het vaststellen van de trend zijn alleen de zomergemiddelden gebruikt (6-7 monsters per jaar).

De EKR-scores op de deelmaatlat chlorofyl zijn berekend volgens de Friese maatlat voor De Leijen, waarbij de bovengrenzen voor goed, matig, ontoereikend en slecht liggen op respectievelijk 19, 35, 63 en 109 µg/l, zoals berekend uit Tabel 1 en het programma QB-wat.

Bij de verwerking van de gegevens over de soortensamenstelling zijn de monsters van 1986 – '88 uit het midden van de plas geheel buiten beschouwing gebleven, daar hier steeds minder dan 20 individuen zijn geteld. De enkele monsters uit de jaren 1990 – '92 en 1994 zijn slechts zijdelings bij de verwerking betrokken.

In totaal zijn in de resterende 96 monsters 301 taxa aangetroffen, waaronder een aantal taxa dat alleen buiten de tellingen is aangetroffen (abundantie 0). Deze zijn niet bij de verwerking betrokken, omdat het al of niet scoren hiervan teveel van het toeval afhankelijk is en omdat de gebruikte verwerkingsmethoden vooral toegespitst zijn op het voorkomen van veel voorkomende (groepen van) soorten. De nomenclatuur is zoveel mogelijk gehomogeniseerd: van taxa die in de oudste monsters met andere namen worden aangeduid dan in de recentere monsters zijn de oude namen omgezet naar nieuwe namen, zo is *Melosira granulata* vervangen door *Aulacoseira granulata*. Spelfouten zijn gecorrigeerd (*Bikosoeca planctonica* → *Bicosoeca planktonica*), uitgangen en inkortingen zijn aangepast (*Closteriopsis longissima* → *Closteriopsis longissimus*, *Crucigeniella rectangular* → *Crucigeniella rectangularis*), onderstreepjes zijn vervangen door verbindingsstreepjes (*Aphanizomenon flos\_aquae* → *Aphanizomenon flos-aquae*) en dubbele aanduidingen zijn vervangen door enkelvoudige (*Planktothrix agardhii* [= *Oscillatoria agardhii*] → *Planktothrix agardhii*), om slechts enkele voorbeelden te noemen. Na deze correcties resteerden 247 taxa. De namen van deze 247 taxa zijn vergeleken met de TWN-lijsten voor fytoplankton en diatomeeën (versies van 18 mei 2010), waarin ook de indeling van de soorten in hogere taxonomische categorieën is weergegeven. Deze wijkt op een aantal punten af van de traditionele indelingen in de determinatieliteratuur die voor de monsters van de Leijen zijn gebruikt. Vanwege het gebruiksgemak, ook bij de interpretatie, is in die gevallen is de traditionele indeling aangehouden.

Voor de verdere verwerking is het ook nodig taxa te aggregeren. Zo is 12% van de individuen uit alle monsters gedetermineerd als *Scenedesmus* spec. Daarnaast zijn nog 16 wel tot op de soort gedetermineerde taxa van dit geslacht aangetroffen, maar in lagere hoeveelheden. Al deze taxa zijn geaggregeerd tot *Scenedesmus/Desmodesmus* (of *Scenedesmus* s.l.), daar veel van de aangetroffen taxa thans tot het geslacht *Desmodesmus* worden gerekend. Bij de diatomeeën of kiezelwieren zijn veel individuen niet verder dan de (vroegere) orde van de Centrales gedetermineerd. Veel van deze vondsten behoren tot het geslacht *Stephanodiscus*, dat soms als zodanig wordt opgegeven en in een aantal gevallen zelfs verder is gedetermineerd, bijvoorbeeld als *S. neoastraea* of *S. hantzschii*. Van de Centrales komt *Cyclotella* weinig voor. Omdat de overige aangetroffen geslachten van de Centrales, zoals *Aulacoseira* en *Skeletonema* redelijk goed tot op genus zijn te determineren zijn alle Centrales, behalve deze twee genera bij el-



kaar genomen. Vergelijkbare combinaties zijn ook voor andere groepen gemaakt. Uiteindelijk zijn door aggregatie in totaal 40 samengestelde taxa overgebleven. Omdat de aantallen getelde individuen per monster verschillen zijn de abundanties van de taxa omgerekend naar procentuele hoeveelheden, zodat het totaal voor elk monster 100% bedraagt. Er zijn tabellen en grafieken gemaakt van de abundanties van de 40 samengestelde taxa, waarbij de 14 hoofd- en subgroepen uit Tabel 6 zijn onderscheiden. Op 18 augustus 1995 werden op vijf verschillende locaties (45, 152 – 155) simultaan fytoplanktonmonsters genomen in het kader van een project over de toepassing van remote sensing in het waterbeheer (Noorbergen e.a. 2002). De overeenkomst tussen deze monsters en een monster van 16 augustus van het midden van de plas (locatie 45) is zichtbaar gemaakt door het berekenen van de product-moment-correlatiecoëfficiënten en de similariteitscoëfficiënten van Bray & Curtis (1957), die te schrijven is als

$$Bray - Curtis_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^s |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^s (x_{ij} + x_{ik})}$$

**Tabel 6: Indeling van fytoplanktonsoorten in hoofd- en subgroepen.**

Afk.	Hoofdgroep	Subgroep / opmerkingen
BC	Blauwwieren	Chroococcales ([kolonievormende] blauwgroene bolletjes)
BO	Blauwwieren	Oscillatoriales (draadjes)
BN	Blauwwieren	Nostocales (draadjes, vaak stikstoffixerend)
B-	Blauwwieren	'Hormogonales' (= Oscillatoriales + Nostocales)
GC	Groenwieren	Chlorococcales ([kolonievormende] groene bolletjes)
GS	Groenwieren	Sieralgen (mooi gevormde soorten van vaak 'betere' wateren)
GO	Groenwieren	Overige ordes
KC	Kiezelwieren	'Centrales' (ronde basisvorm, meestal in plankton)
KP	Kiezelwieren	'Pennales' (langwerpige basisvorm, meestal in aangroeisel)
CH	Goudwieren	
CR	Cryptofyten	vaak heterotroof en in troebel water
FL	Overige flagellaten	(naast Goudwieren en Cryptofyten)
MU	µ-algen	zeer kleine, niet nader te determineren groene bolletjes
AL	Overige algen	

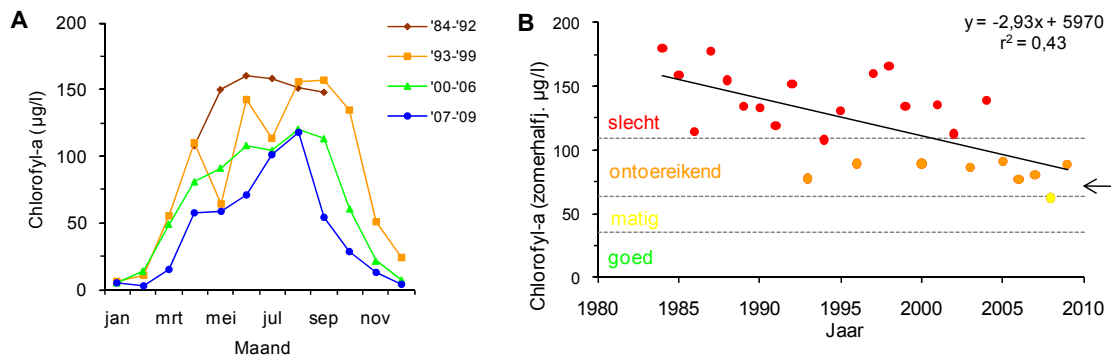
waarin  $x_{ij}$  en  $x_{ik}$  de abundanties van soort  $i$  in de monsters  $j$  en  $k$  voorstellen. Deze index is wat gevoeliger voor de bijdrage van de minder abundante soorten dan de correlatiecoëfficiënt en is berekend met het programma Past (Hammer 2001).

De KRW-scores zijn berekend met het programma QB-wat (Pot 2008) voor watertype M14 (matig grote, ondiepe, gebufferde plassen)

## 7.1.2 Resultaten

### 7.1.2.1 Chlorofyl-a

Het verloop van de chlorofyl-a-concentraties is vermeld in Bijlage 2 en samengevat in Figuur 7-1. In Figuur 7-1A zijn vier perioden onderscheiden. Van 1984 tot en met 1992 zijn alleen in het zomerhalfjaar waarnemingen uitgevoerd. De meest recente periode (2007 – '09) is het tijdvak nadat alle maatregelen zijn uitgevoerd. De periode van 1993 tot en met 2005 is gesplitst in twee even lange tijdsspannen. Hoewel de fluctuaties van maand tot maand groot kunnen zijn, vooral aan het einde van de negentiger jaren, is de afname van de chlorofylgehalten op de lange termijn overduidelijk. Verder valt op dat de periode waarin hoge chlorofylconcentraties worden gemeten steeds korter is geworden, dat in tegenstelling tot de meeste Friese meren, waarin de bloeiperiode door klimaatverandering steeds langer is geworden (Grontmij | AquaSense & Koeman en Bijkerk 2007). Het lijkt alsof de maximale bloei in de tachtiger jaren al in juni wordt bereikt, terwijl dat in de overige jaren in augustus-september het geval is.



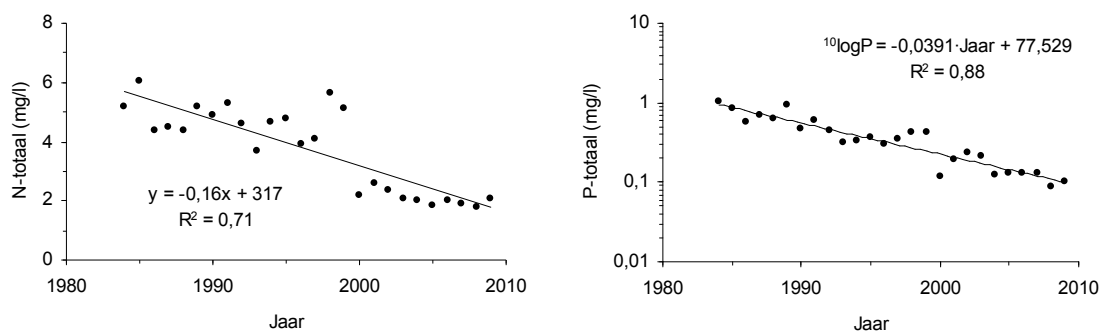
Figuur 7-1: A. Maandgemiddelden per periode van chlorofyl-a-concentraties. B. Zomerhalfjaargemiddelden van chlorofyl-a-concentraties. De kwaliteit op de Friese maatlat van chlorofyl-a voor watertype M14 is in kleur weergegeven. Het pijltje rechts geeft de doelstelling voor 2015 aan.

In Figuur 7-1B zijn de zomergemiddelden van de afzonderlijke jaren weergegeven. Van 1984 tot en met 2009 is er een significante ( $p < 0,001$ ) afname van de chlorofyl-a-concentratie van bijna  $3 \mu\text{g/l}$  per jaar, maar de verschillen tussen de jaren zijn erg groot, vooral in de periode '92 – '97. Volgens de trendlijn zijn de concentraties gedaald van  $157 \mu\text{g/l}$  in 1984 tot  $84 \mu\text{g/l}$  in 2009. Dat is dus bijna een halvering. De daling van het chlorofylgehalte is echter al lang voor het uitvoeren van de maatregelen in en om de Leijen (2004-2007) ingezet.

#### 7.1.2.2 Relatie nutriënten-fytoplankton

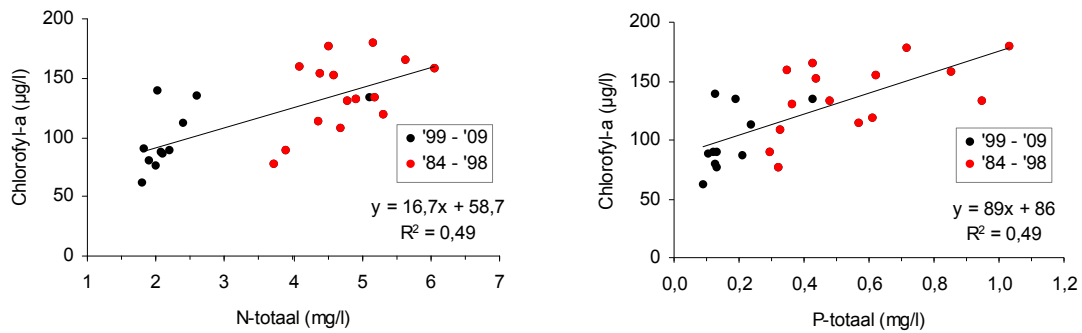
In Bijlage 2 zijn voor alle jaren behalve de zomergemiddelden van chlorofyl-a voor alle jaren ook die van totaal-stikstof en totaal-fosfaat vermeld. Ze zijn uitgezet in Figuur 7-2 voor totaal-stikstof is de afname bij benadering lineair en bedraagt rond de  $0,16 \text{ mg/l}$  per jaar ( $p < 0,001$ ). Het is niet uitgesloten dat deze verandering ten dele veroorzaakt wordt door de verandering van de analysemethode in 1999: in 2000 en de jaren daarna is de concentratie een stuk lager. Vanaf 2000 is er nog maar een langzame afname. Bij fosfaat is er een logaritmisch verband met de tijd ( $p < 0,001$ ). Tot ca 2000 is er een relatief snelle afname, rond  $0,07 \text{ mg/l}$  per jaar, daarna is de afname veel langzamer en bedraagt rond  $0,02 \text{ mg/l}$ .

Als de afname doorgaat volgens de trend uit Figuur 7-2 zullen al rond 2016 concentraties van minder dan  $0,05 \text{ mg/l}$  P-totaal in het vizier komen. Dat zijn waarden waarbij geen dominantie van draadvormige blauwwieren voorkomt (Portielje & Van der Molen 1998).



Figuur 7-2: Veranderingen van de zomergemiddelden van totaal-stikstof en totaal-fosfaat.

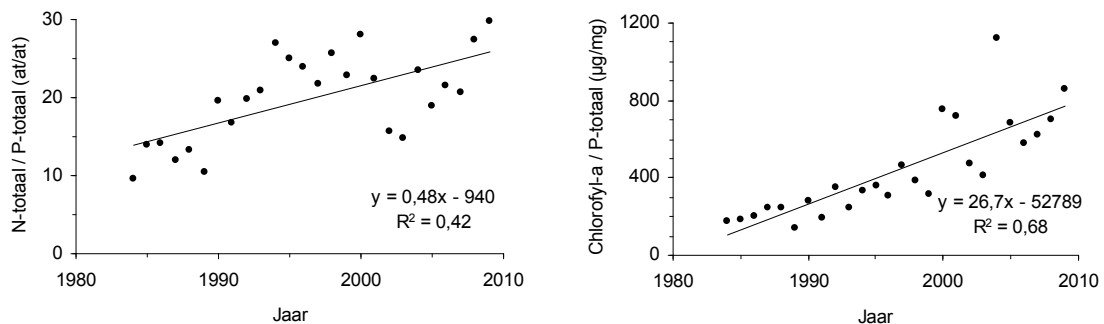
De afname van chlorofyl-a (Figuur 7-1) gaat ongeveer parallel met de nutriëntenconcentraties. Uit Figuur 7-3 blijkt dat er significante ( $p < 0,001$ ) correlaties zijn tussen chlorofyl en de nutriënten. Voor stikstof zou het heel goed kunnen dat de verandering van de bepalingsmethode in elk geval voor een deel verantwoordelijk is voor de positieve correlatie, bij fosfaat lijkt dat minder het geval, omdat de puntenwolken van voor en na 1999 goed op elkaar aansluiten.



Figuur 7-3: Relaties tussen chlorofyl-a, totaal-stikstof en totaal-fosfaat (zomergemiddelden).

De verhouding van totaal-stikstof en totaal-fosfor<sup>1</sup> ligt meestal boven de verhouding van ongeveer 16 (Figuur 7-4), zoals die geldt voor planktonalgen wat wijst op fosfaatbeperking van de algengroei (Redfield 1958). De N/P-verhouding stijgt in de loop van de tijd, wat betekent dat fosfaat in steeds sterkere mate de hoeveelheid chlorofyl-a bepaalt.

De verhoudingen Chl-a/tN (Bijlage 2) en Chl-a/tP (Bijlage 2, Figuur 7-3) liggen ruim lager dan de 95-percentielen in Nederlandse meren met meer dan 30% draadvormige blauwwieren in de zomer. Die zijn volgens Portielje & Van der Molen (1998) respectievelijk 80 en 1337. Dat betekent dat er minder fytoplanktonbiomassa aanwezig is dan de nutriëntenconcentraties zouden toestaan. Kennelijk wordt de hoeveelheid algen beperkt door andere factoren dan nutriënten, zoals licht, verblijftijd of begrazing door zoöplankton.



Figuur 7-4: Veranderingen in de N/P-verhouding en de ratio chlorofyl-a : totaal-fosfaat (zomergemiddelden).

### 7.1.2.3 Soortensamenstelling

De gemiddelde soortensamenstelling van de zomermonsters is vermeld in Tabel 7. In Bijlage 2 is de verandering van een aantal groepen over de periode '93 – '06 in beeld gebracht. Deze is samengevat in Figuur 7-5A en Figuur 7-5B. De gemiddelde samenstelling komt goed overeen met die in andere Friese boezemmeren, waarin ook de blauwwieren en in het bijzonder *Planktothrix agardhii* dominant zijn (Grontmij | AquaSense & Koeman en Bijkerk 2007). In de monsters die in juli of augustus van de jaren '89 – '92 werden genomen was deze soort met hoeveelheden van 51 tot 93% van het totaal ook al dominant.

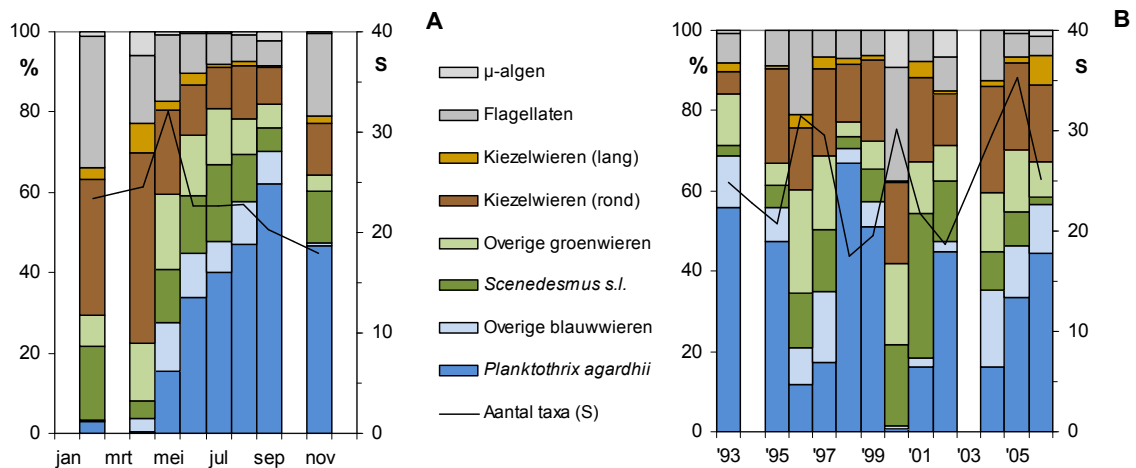
Het fytoplankton van de Leijen behoort tot het zogenaamde *Scenedesmus-Planktothrix*-type<sup>2</sup>. Dat komt voor in zeer ondiepe ( $z < 2,5$  m) meren met hoofdzakelijk groenalgen, die in de vroege zomer vervangen worden door het stikstoffixerende blauwwier *Aphanizomenon flos-aquae* en *Planktothrix*-soorten (Berger 1987). In de winter is er een duidelijke dominantie van kiezelwie-

<sup>1</sup> Bij het berekenen van de N/P-verhouding is eerst inerte fractie van 0,67 mg N/l afgetrokken van de concentratie van totaal-stikstof (Portielje & Van der Molen 1998),

<sup>2</sup> Berger (1987) spreekt nog van *Scenedesmus-Oscillatoria*-meren, omdat *Planktothrix agardhii* toen nog tot *Oscillatoria* werd gerekend.

ren. *P. agardhii* overwintert als plankton. Wil er in het voorjaar en de vroege zomer nog iets hiervan over zijn, dan moet er een hoge biomassa in oktober zijn, de verblijftijd van het water mag niet te kort zijn, er moet in de winter zoveel licht zijn dat de onderhoudsenergie min of meer aanwezig is en de lichtintensiteit in maart en april mag niet te hoog zijn. Onder ijsbedekking neemt de dichtheid van de soort zeer sterk af en na het smelten van de ijslaag nemen de kiezelwieren en groenwieren dan al het beschikbare fosfaat op. *P. agardhii* is een langzaam groeiende soort, die veel fosfaat kan opslaan en slecht tegen licht kan. De soort ontwikkelt zich in het begin in de schaduw van algen die wel veel licht kunnen verdragen of nodig hebben, bijvoorbeeld de groenwieren van het soortenrijke geslacht *Scenedesmus*. Later zorgt *P. agardhii* voor zijn eigen schaduw. Omdat de verliezen door sedimentatie en zoöplankton laag zijn (de soort kan het drijfvermogen regelen door het bezit van gasvacuolen en de draden zijn voor waterdierjes moeilijk binnen te krijgen) is de bloei vaak persistent. De soort heeft een constante toevoer van fosfaat nodig. (Zevenboom 1980, Berger 1987, Jagtman e.a. 1992, Ducobu 1998). Uit Figuur 7-5A blijkt dat de hoeveelheden van *Planktothrix agardhii* in februari meestal laag zijn. Het plankton wordt dan gedomineerd door snelgroeiende groenwieren (*Scenedesmus*), kiezelwieren (*Stephanodiscus*) en flagellaten, zoals *Cryptomonas*. Vooral in april zijn er veel kiezelwieren. Pas in mei krijgen de blauwwieren, vooral *P. agardhii*, met een kwart van het totale aantal individuen, enigszins voet aan de grond, om in de nazomer en vroege herfst met een gemiddelde van 70% het maximum te bereiken, totdat in december en januari de blauwwierenpopulatie instort. Het aantal taxa in de tellingen bereikt in mei een maximum van ruim dertig en in november een minimum van krap twintig.

Uit Bijlage 2, die is samengevat in Figuur 7-5A, blijken er van jaar tot jaar grote fluctuaties in dit patroon zijn. In jaren als 1996 er in mindere mate 2001 ontwikkelden de blauwwieren zich pas later in het jaar. In 2000 ontwikkelden zich bijna helemaal geen blauwwieren, waardoor *Scenedesmus* en *Stephanodiscus* toen ook in de zomer en herfst het beeld bepaalden. In de soortensamenstelling en het aantal taxa, zoals weergegeven in Tabel 7 en Figuur 7-5B is geen trendmatige verandering aanwezig. De fluctuaties in de soortensamenstelling zijn zeer waarschijnlijk het gevolg van meteorologische en hydrologische omstandigheden. Zo was de winter van 1999–2000 zeer zacht, zeer zonnig en zeer nat (www.knmi.nl). Het daarop volgende voorjaar was uitzonderlijk zacht en nat. Veel licht en waarschijnlijk een korte verblijftijd door de vele neerslag zijn ongunstig voor de populatieopbouw van *Planktothrix agardhii*. Opmerkelijk is wel dat in 2005 en 2006 het aandeel van de stikstoffixerende blauwwieren (*Aphanizomenon* en *Anabaena*) bijna 10% bedraagt. In alle jaren daarvoor was dit meestal slechts 1-4%, met een uitschieter van 6% in 1996.



Figuur 7-5: A. Verloop van de gemiddelde samenstelling en het aantal taxa (S) van het fytoplankton per maand in de periode '93 – '06. B. Idem, per zomerhalfjaar.

**Tabel 7: Gemiddelde procentuele hoeveelheid van samengestelde taxa per zomerhalfjaar. Verder is het aantal taxa en het aantal monsters (totaal 69) per samengesteld taxon vermeld. - = niet aangetroffen, + = hoeveelheid < 0,5%. Hoofd- en subgroepen zijn verklaard in Tabel 6. Stikstoffixerende taxa onderstreept. De tussen haakjes vermelde soorten zijn de meest voorkomende soorten per samengesteld taxon.**

Hoofd-/ subgr.	Taxon(combinatie)	Aantal		Jaar												
		taxa	monst.	'93	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'04	'05	'06	'93-'06
BC	<i>Aphanocapsa</i>	3	13	+	+	1	2	+	+	+	-	-	-	+	-	+
BC	Overige Chroococcales	15	34	5	-	+	2	+	1	+	1	+	9	3	+	1
BO	<i>Planktothrix agardhii</i>	1	60	56	48	12	17	67	51	1	17	49	16	33	47	41
BO	<i>Oscillatoria</i>	1	12	2	1	+	5	-	-	-	-	-	-	-	-	1
BO	<i>Pseudanabaena (limnetica)</i>	3	20	+	1	1	3	1	+	-	-	+	1	+	+	1
BO	<i>Limnothrix (redekei)</i>	4	19	1	1	+	1	+	1	-	-	+	+	1	1	+
BO	Overige Oscillatoriales	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	+
BN	<i>Aphanizomenon (flos-aquae, gracile)</i>	3	45	+	3	4	1	1	3	+	1	1	2	6	7	3
BN	<i>Anabaena (spiroides, flos-aquae)</i>	4	27	2	1	2	2	+	+	-	+	+	1	3	2	1
B-	Draadvormige blauwwieren ('Hormogonales')	1	27	3	2	+	3	+	2	+	+	1	+	1	2	1
	<b>Subtotaal blauwwieren</b>	<b>38</b>		<b>69</b>	<b>56</b>	<b>21</b>	<b>35</b>	<b>71</b>	<b>57</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>52</b>	<b>35</b>	<b>46</b>	<b>59</b>	<b>50</b>
GC	<i>Scenedesmus</i> (incl. <i>Desmodesmus</i> )	17	68	2	6	13	16	3	8	20	37	14	9	8	2	11
GC	<i>Monoraphidium (arcuatum, contortum, griffithii)</i>	10	50	2	2	3	5	1	2	5	1	1	5	2	1	2
GC	<i>Pediastrum (boryanum, duplex)</i>	6	51	1	1	3	1	1	1	3	3	1	1	1	+	1
GC	<i>Coelastrum (astroideum, microporum)</i>	4	36	+	1	4	2	+	+	2	2	+	1	+	+	1
GC	<i>Oocystis</i>	1	36	+	+	2	2	+	+	3	2	+	1	1	1	1
GC	<i>Dictyosphaerium (pulchellum, subsolitarium)</i>	3	28	1	+	3	2	+	+	+	-	-	1	+	+	1
GC	<i>Tetrastrum (staurogeniaeforme)</i>	8	30	+	+	1	1	+	+	1	1	+	1	+	+	+
GC	<i>Lagerheimia (genevensis)</i>	6	22	+	-	1	+	+	1	+	+	+	1	1	+	+
GC	<i>Tetraedron (caudatum, minimum)</i>	3	22	+	-	1	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+
GC	Overige Chlorococcales	38	54	7	1	4	4	+	1	3	3	4	2	8	2	3
GS	Desmidiaceae of sieraalgen	5	28	+	+	1	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+
GO	Overige Chlorophyta	31	38	+	1	3	1	+	+	2	1	+	2	2	3	1
	<b>Subtotaal groenwieren</b>	<b>132</b>		<b>15</b>	<b>11</b>	<b>39</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>40</b>	<b>49</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>11</b>	<b>22</b>
KC	<i>Aulacoseira (granulata, subarctica)</i>	4	43	+	16	4	-	3	4	1	2	1	10	13	15	5
KC	<i>Skeletonema (subsalsum)</i>	3	16	-	-	-	-	1	5	1	4	2	4	+	+	1
KC	Overige Centrales ( <i>Stephanodiscus</i> )	10	64	5	8	12	22	10	11	19	15	8	13	8	2	10
KP	<i>Asterionella formosa</i>	1	8	+	-	1	+	-	+	-	-	+	+	-	5	+
KP	<i>Diatoma (tenuis)</i>	2	14	+	1	1	1	1	1	+	+	-	-	-	1	+
KP	<i>Nitzschia (acicularis)</i>	2	13	-	+	1	-	+	+	-	-	-	-	+	1	+
KP	<i>Surirella</i>	1	6	-	+	+	-	+	-	-	3	-	-	-	-	-
KP	Overige Pennales	4	29	2	-	1	2	+	+	+	+	+	1	1	+	1
	<b>Subtotaal kiezelwieren</b>	<b>27</b>		<b>15</b>	<b>11</b>	<b>39</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>40</b>	<b>49</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>11</b>	<b>18</b>
CH	<i>Chrysococcus (minutus)</i>	3	29	-	+	+	+	1	+	1	+	+	1	-	+	+
CH	<i>Kephyrion</i>	3	7	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	1	-	+
CH	Overige Chrysophyceae	13	40	+	+	+	+	+	1	1	+	+	1	+	1	1
CR	<i>Cryptomonas</i>	3	53	1	2	3	1	-	1	12	1	1	+	1	2	2
CR	<i>Chroomonas (acuta)</i>	2	31	+	1	9	3	1	2	3	1	3	-	-	-	2
CR	<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	1	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	+
CR	Overige Cryptophyceae	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	+	+	+
FL	Overige flagellaten	19	63	6	5	8	2	5	2	11	5	4	7	1	+	4
	<b>Subtotaal flagellaten</b>	<b>45</b>		<b>7</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>9</b>
MU	µ-algen	2	7	+	-	-	-	-	-	9	-	3	-	-	+	1
AL	overige ongedetermineerde algen	3	20	1	-	-	-	+	+	-	-	3	-	1	1	+
	<b>Subtotaal overige algen</b>	<b>5</b>		<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

De correlatiecoëfficiënt van de zes monsters van vijf verschillende plekken tussen 16 en 18 augustus 1995 bedraagt 0,989 tot 0,999. Dat zijn zeer hoge waarden. De Bray-Curtis-similariteit is met 0,841 tot 0,942 wat lager, maar geeft ook aan dat er geen noemenswaardige verschillen in de soortensamenstelling van het fytoplankton van de verschillende locaties zijn.

#### 7.1.2.4 Kwaliteit volgens de KRW-maatlat (M14)

De klassen voor de deelmaatlat chlorofyl-a zijn berekend voor alle jaren en vermeld in Bijlage 2 en Figuur 7-1B. Tot 1993 is de kwaliteit steeds slecht. Tot 2005 zijn er incidenteel jaren met ontoereikende kwaliteit, daarna is de kwaliteit steeds ontoereikend (concentratie < 95 µg/l). Voor de jaren 2005 en 2006 zijn ook de scores voor de bloeisorten van het fytoplankton berekend. Toen zijn voor het eerst de aantallen individuen per volume-eenheid zijn bepaald. In beide jaren is de EKR 0,25, wat wijst op een ontoereikende kwaliteit. De lage scores gelden zowel voor de te grote hoeveelheid chlorofyl, als voor de aanwezigheid van bloeien van de blauwwieren *Anabaena (flos-aquae)*, *Planktothrix agardhii* en het kiezelwier *Aulacoseira subarctica*.

#### 7.1.2.5 Fytoplankton en zwemwaterkwaliteit

Aan de oostoeever van De Leijen, vlak ten noorden van de uitmonding van de Lits in de plas, bevindt zich bij het theehuis Rottevalle, achter een ondiepe richel als vooroever, een zwemstrandje van ca. 100 m lengte. In het seizoen wordt hier regelmatig de zwemwaterkwaliteit gemeten, waarvoor ook bepalingen van blauwalgen worden verricht (locatie 9006). In juli 2006 werd een drijfslag van *Anabaena flos-aqua* en *Planktothrix agardhii* geconstateerd (Wetterskip Fryslân 2009). Blauwwierbloei geeft het water niet alleen een onaantrekkelijk uiterlijk, maar door de uitscheiding van giftige stoffen kan dit ook schadelijk zijn voor de gezondheid (Lurling & Van Dam 2009). Ook in 2010 zijn er problemen met deze soorten geconstateerd. De concentraties waren zo hoog dat er van juli tot en met september een negatief zwemadvies gold (T.H.L. Claassen, pers. med.).

#### 7.1.3 Samenvatting

Van 1984 tot en met 2009 zijn ongeveer in het midden van de plas monsters genomen voor de bepaling van zomergemiddelden van de chlorofyl-a-concentraties. Er is een trendmatige afname van 157 tot 84 µg/l, die al is ingezet vanaf het begin van de metingen, ruim vóór het uitvoeren van de maatregelen in en om de Leijen. In de jaren negentig waren de concentraties vrijwel het hele zomerhalfjaar hoger dan 100 µg/l; vanaf 2006 gebeurde dat nog maar een of twee maanden. De groei van planktonalgen is gezien de N/P-verhoudingen beperkt door fosfaat, die in de loop der jaren steeds hoger wordt. De (logaritmen van) de zomergemiddelde concentraties totaal-fosfaat zijn sterk negatief gecorreleerd met de tijd ( $r = -0,94$ ,  $p < 0,001$ ). Als deze afname doorgaat zal vanaf 2016 waarschijnlijk geen blauwwierbloei meer voorkomen. Volgens de landelijke KRW-maatlat (type M14) was de kwaliteit op de deelmaatlat chlorofyl tot 1996 steeds slecht en vanaf 2005 ontoereikend tot matig. De doelstelling voor 2015 is al bijna gehaald. De procentuele soortensamenstelling is vanaf 1993 tot 2006 in het zomerhalfjaar maandelijks en in het winterhalfjaar enkele malen gemeten. In het zomerhalfjaar wordt deze voor 41% bepaald door het blauwwier *Planktothrix agardhii*, 9% overige blauwwieren, 11% door het groenwier *Scenedesmus*, 11% overige groenwieren, 10% kleine ronde kiezelwieren, 8% overige kiezelwieren en 9% door flagellaten. De kwantitatieve verhoudingen van deze groepen wisselen van jaar tot jaar, afhankelijk van de weersomstandigheden en hydrologie. Meestal worden de blauwwieren pas in juni of juli dominant, maar soms al in april, of er is geen bloei van blauwwieren, maar wel van kiezelwieren (vooral in het voorjaar) of groenwieren (vooral in de zomer). Er is geen duidelijke trend in de soortensamenstelling, maar misschien is er een lichte toename van stikstoffixerende blauwwieren, vooral *Anabaena*, in 2005 en 2006, wat zou kunnen wijzen op stikstofflimitatie. Volgens de landelijke KRW-maatlat voor fytoplanktonbloei is de kwaliteit in 2005 en 2006 ontoereikend (van andere jaren zijn geen geschikte gegevens voor beoordeling). Op het meetpunt bij het zwemstrand aan de oostzijde van de plas zijn er, ondanks de afnemende concentraties fosfaat en chlorofyl in het centrale deel van de plas sinds 2006 nog steeds problemen met te veel groei van blauwwieren.

## 7.2 Zoöplankton

### 7.2.1 Methoden

De methoden van bemonstering en analyse worden hier slechts kort omschreven. Zie Grontmij AquaSense & Koeman en Bijkerk (2007) voor een uitgebreidere beschrijving en een overzicht van de belangrijkste determinatieliteratuur.

### 7.2.1.1 Veld en laboratorium

Het zoöplankton is bemonsterd in zes verschillende jaren in de periode 1994 - 2006 volgens het schema van Tabel 8. Op verschillende plaatsen zijn vijf deelmonsters van 5 l genomen, die zijn samengevoegd en gefiltreerd door planktongaas (maaswijdte 50 µm). In het laboratorium zijn de monsters met kraanwater aangevuld tot 250 ml, geconserveerd met formaldehyde (eindconcentratie 4%) en minimaal een week bezonken. Het eindvolume bedraagt 25 ml. Alleen de aantallen watervlooien (Cladocera) en roeipootkreeften (Copepoda) per liter zijn bepaald. Andere veel voorkomende groepen als trilhaar- en raderdierdieren zijn niet geteld. Eén ml van het bezinksel is in een telkamer overgebracht en onder een omkeermicroscoop zijn de dieren bij een vergroting van 100-400x gedetermineerd en geteld. Alle watervlooien (inclusief de larven ervan) en roeipootkreeftjes (inclusief de larven ervan) zijn geteld. Watervlooien zijn zo veel mogelijk tot op soort gedetermineerd. De soorten van het geslacht *Daphnia* zijn meestal onderverdeeld in grootteklassen. Roeipootkreeftjes zijn tot op orde gedetermineerd.

**Tabel 8: Aantallen zoöplanktonmonsters per jaar en per maand, ongeveer in het midden van de Leijen (locatie 45).**

mnd / jaar	'94	'96	'98	'99	'00	'01	'02	'06	'94 - '06
apr	1		1	1	1	1	1	1	7
mei	1	1	1	1	1	1	1	1	8
jul			1	1	1				4
aug	1					1	1	1	4
apr - aug	3	2	3	3	3	3	3	3	23

### 7.2.1.2 Verwerking

Uit de getelde aantallen dieren zijn per jaar de gemiddelden berekend. Omdat alleen in het zomerhalfjaar bemonsterd is zijn dit ook zomergemiddelden, die met de fytoplanktonwaarnemingen kunnen worden vergeleken. De soorten van het geslacht *Daphnia* zijn soms tot op de soort, maar ook wel tot groep (*D. galeata/hyalina*) gedetermineerd, maar soms tot op geslacht. Meestal is ook de lengte gemeten. Voor de verwerking zijn de soorten *D. cucullata*, *D. galeata* en *D. hyalina* samengevoegd met niet tot op de soort gedetermineerde exemplaren, waarvan echter wel de lengte is gemeten. Deze combinatie is aangeduid als *Daphnia (cucullata/galeata/hyalina)* met daarachter de lengte.

## 7.2.2 Resultaten

### 7.2.2.1 Soortensamenstelling

De zomergemiddelden van de aantallen per liter zijn samengevat in Tabel 9. In totaal zijn 14 soorten watervlooien (Cladocera) met nog een aantal taxa van hogere orde aangetroffen. Van de roeipootkreeftjes zijn de Calanoida slechts in geringe aantallen aangetroffen (het zijn hoofdzakelijk mariene vormen). Van de Cyclopoida of Kieuwpootkreeftjes werden zowel volwassen exemplaren en larven (nauplii) en copepodieten, een iets verder ontwikkelingsstadium aangetroffen.

*Leptodora kindtii*, die slechts af en toe werd gevonden, is een in Nederland algemene typische roofwatervlo, die zich voedt met andere watervlooien en kleiner zoöplankton (Notenboom-Ram 1981). *Daphnia ambigua* (de Amerikaanse watervlo) is een exoot, die in 1994 een enkele maal in de Leijen werdesignaleerd. Vóór 1980 was de soort zeer zeldzaam in Nederland, maar nu is die vrij algemeen in West- en Noord-Nederland ([www.limnodata.nl](http://www.limnodata.nl)).

**Tabel 9: Gemiddelde aantallen dieren per liter van zoöplanktontaxa per maand en per zomerhalfjaar. Verder is het aantal het aantal monsters vermeld. - = niet aangetroffen, + = hoeveelheid < 0,5%.**

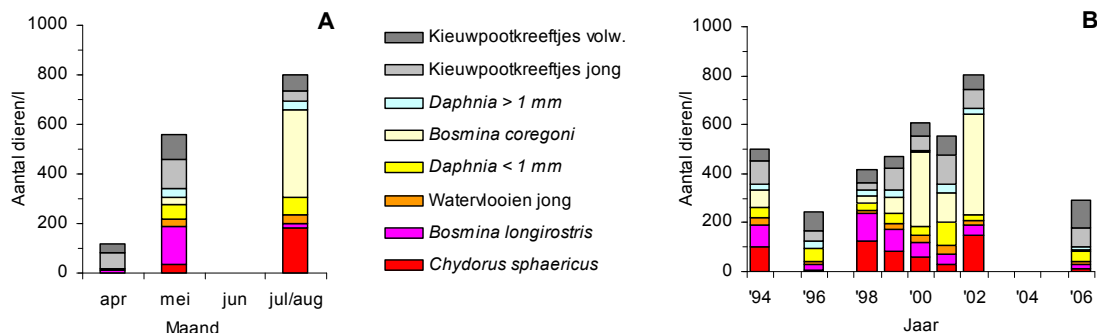
Groep Taxon	maanden '94-'06			zomerhalfjaar							alle monsters			
	ap	mei	jl/au	'94	'96	'98	'99	'00	'01	'02	'06	gem.	gem%	aantal
<b>Watervlooien</b>														
Cladocera (juvenielen)	2	30	36	31	10	14	27	33	36	17	11	22	5	20
<i>Leptodora kindtii</i>	-	+	1	+	-	-	1	-	1	1	1	1	+	5
<i>Sida crystallina</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	1
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	+	-	2	+	-	-	-	-	-	-	5	1	0	2
<i>Daphnia</i>	-	16	1	-	59	-	-	-	-	-	-	7	2	2
<i>Daphnia ambigua</i>	-	0	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	1
<i>Daphnia (cucullata/galeata/hyalina)</i>	-	5	1	-	21	-	-	-	-	-	-	3	1	4
<i>Daphnia (cucullata/galeata/hyalina)</i> <0,7 mm	3	19	29	19	-	11	21	16	45	7	19	17	4	18
<i>Daphnia (cucullata/galeata/hyalina)</i> 0,7-1,0 mm	1	22	41	26	-	15	19	13	51	14	25	20	4	19
<i>Daphnia (cucullata/galeata/hyalina)</i> 1,0-1,3 mm	0	13	24	7	-	19	19	1	30	15	9	13	3	14
<i>Daphnia (cucullata/galeata/hyalina)</i> 1,3-1,6 mm	1	10	8	12	-	4	7	2	7	11	3	6	1	13
<i>Daphnia (cucullata/galeata/hyalina)</i> 1,6-2,0 mm	-	1	1	4	-	-	1	-	-	1	1	1	+	5
<i>Daphnia longispina</i>	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	+	+	1
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>	-	+	1	+	-	-	-	3	1	1	-	1	+	4
<i>Bosmina</i>	1	24	23	7	5	59	24	19	8	-	-	15	3	14
<i>Bosmina coregoni</i>	2	29	333	66	2	20	55	291	112	408	6	120	25	19
<i>Bosmina longirostris</i>	10	133	12	80	19	68	73	53	36	43	15	48	10	20
<i>Ilyocryptus</i>	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	1
Chydoridae	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1	-	+	+	1
<i>Alona quadrangularis</i>	-	+	-	-	1	-	-	-	-	-	-	+	+	1
<i>Chydorus sphaericus</i>	1	33	184	103	7	124	83	62	30	149	14	72	15	22
Subtotaal watervlooien	20	335	697	357	124	333	333	495	358	668	108	347	71	23
<b>Roeipootkreeftjes</b>														
Calanoida	+	2	1	+	5	-	2	1	1	-	2	2	+	9
*Copepoda (nauplius-larven)	58	116	38	85	39	25	84	56	114	77	76	69	14	23
*Copepodieten	6	5	3	11	2	6	4	2	8	1	-	4	1	15
*Cyclopoida	31	95	63	48	83	51	50	55	74	61	112	67	14	23
Subtotaal roeipootkreeftjes	95	218	105	144	129	82	140	114	197	139	191	142	29	23
Totaal	116	554	802	501	253	416	473	609	555	807	299	489	100	23

\* = kieuw pootkreeftjes

Alle overige aangetroffen soorten komen algemeen voor in voedselrijke Nederlandse meren, waar ze fytoplankton en/of fijn verdeeld organisch materiaal uit het water filteren. De soorten-samenstelling komt goed overeen met die van andere Friese boezemmeren (Grontmij AquaSense & Koeman en Bijkerk 2007).

#### 7.2.2.2 Veranderingen en invloed van visstand

De seizoens- en lange termijn veranderingen van de belangrijkste (groepen van) soorten (99,4% van het totaal) zijn weergegeven in Figuur 7-6. Hiertoe zijn de niet nader gedetermineerde *Bosmina*'s naar evenredigheid verdeeld over de beide wel gedetermineerde soorten. De



**Figuur 7-6: A. Verloop van de gemiddelde samenstelling van (groepen van) soorten van het zoöplankton per maand in de periode '94 – '06. B. Idem, per zomerhalfjaar.**



*Daphnia*'s zijn ingedeeld in twee grootteklassen. Voor 1996, toen geen grootteonderscheid is gemaakt, is aangenomen dat de grootteverdeling gelijk is aan het gemiddelde van de overige jaren. De nauplius-larven en de copepodieten zijn samengenomen als kieuwpootkreeftjes jong. Vooral de grotere zoöplanktonsoorten worden door de vissen gegeten (zie bijvoorbeeld Meijer 2002 en Wetzel 2001), waardoor de kleinere soorten overblijven. Wagenvoort (2010) noemt hiervan *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus* en *Daphnia cucullata* als kenmerkende soorten voor eutrofe meren met veel vis en dat zijn precies soorten die in de Leijen ook veel voorkomen. Het zoöplankton indiceert dus duidelijk de grote druk van de vispredatie.

De aantallen dieren per liter komen goed overeen met de aantallen die in Nederlandse eu- en hypertrofe meren gebruikelijk zijn (Gulati e.a. 1992, Meijer 2000, Boosten e.a. 2006, AquaSense & Koeman & Bijkerk 2007).

Uit Figuur 7-6 blijkt dat de zoöplanktonconcentratie in april met ruim 100 exemplaren per liter nog erg laag is. De watervlooien zijn dan nauwelijks aanwezig, maar een maand later zijn er al meer dan 300 per liter. In de zomermaanden stijgt dit nog eens tot het dubbele aantal. De seizoensfluctuaties van het zoöplankton zijn groot. Dat komt overeen met de bevindingen in de Loosdrechtse Plassen, waar de samenstelling van het zoöplankton werd gevolgd van 1981 tot en met 1991, in verband met restauratiemaatregelen rond 1985. De seizoensveranderingen zijn daar groter dan de langetermijnveranderingen (Gulati e.a. 1992).

In de meeste Friese meren is *Bosmina longirostris* de meest voorkomende soort (Grontmij AquaSense & Koeman en Bijkerk 2007). In de Leijen komt deze soort met 10% van het totaal weliswaar veel voor, maar *B. coregoni* maakt hier een kwart van het totaal uit. Na 2000 is er een duidelijke toename van deze soort, totdat in 2006 de watervlooienpopulatie bijna geheel instort. De toename van *B. coregoni* is een gunstig teken, omdat het voorkomen ervan sterk negatief gecorreleerd is met het voorkomen van planktivore vis en positief reageert op het voorkomen van waterplanten in het littoraal. *B. longirostris* is de enige soort die zich goed staande weet te houden bij veel planktivore vis in troebele eutrofe wateren zonder waterplanten (Jeppeesen e.a. 1996, Salujõe 2009).

*Chydorus sphaericus* is in aantal met 15% van het totaal de tweede soort op rang. Het is een soort met een brede ecologische amplitude en werd gevonden in 57 van 66 Europese meren. Hij heeft daarin een significant positieve correlatie met de concentratie chlorofyl-a en een significant negatieve correlatie met de zichtdiepte. Het is een van de weinige chydoriden die zich goed kan ontwikkelen in zeer voedselrijke, troebele wateren. Van origine is het een soort die in het littoraal op waterplanten leeft, maar die in het open water kan overleven, door zich te hechten aan (blauw)wierdraden. De soort leeft van zeer kleine algen (De Eyto e.a. 2003). In 2006 is het aantal watervlooien aanzienlijk lager dan in de meeste andere jaren. Dit is mogelijk het gevolg van het afvissen in 2006, waardoor het aantal jonge brasems, die de watervlooien eten, sterk toenam (zie paragraaf 7.5).

### 7.2.2.3 Relatie fyto- en zoöplankton

Omdat geen graasdruk van *Daphnia*, *Bosmina* of biovolume van het zoöplankton is bepaald, is het moeilijk de invloed van het zoöplankton op het fytoplankton te bepalen. Het biovolume van *Chydorus sphaericus* is ten minste nog een factor acht kleiner dan dat van de kleinere *Daphnia*'s (0,5-0,8 mm), waardoor de invloed van deze soort op het fytoplankton in verhouding maar gering kan zijn.

Om toch een poging te wagen voor het vaststellen van de relatie fyto- en zoöplankton zijn in Tabel 10 de correlaties tussen het voorkomen van beide groepen vermeld. Hieruit blijkt zeer duidelijk het positieve verband tussen *C. sphaericus* en *Planktothrix agardhii*, dat als substraat worden gebruikt. Voor voedsel zijn de blauwwierdraden niet geschikt; zij blijven steken in het filtratieapparaat van deze en andere watervlooien. De soort heeft significant negatieve correlaties met de (overige) groenwieren en ronde kiezelwieren (voornamelijk kleine *Stephanodiscus*-soorten), wat op begrazing van deze soorten kan duiden. Dat geldt ook voor de grotere *Daphnia*'s en de kleine ronde kiezelwieren. De kleine *Daphnia*'s en de jonge, niet verder gedetermineerde watervlooien (vast ook veel *Daphnia*'s) zijn (zeer) significant positief gecorreleerd met groenwieren van de geslachten *Scenedesmus* en *Desmodesmus*. Die vormen zeer geschikt voedsel voor kleine watervlooien. Opvallend is het ontbreken van significante correlaties tussen de hoeveelheid chlorofyl-a en de hoeveelheden zoöplankton.

**Tabel 10: Product-moment-correlaties van aantallen zoöplanktonindividuen per liter met de chlorofyl-a-concentraties ( $\mu\text{g/l}$ ) en procentuele hoeveelheden van fytoplanktongroepen in 23 monsters uit de maanden april, mei, juli/augustus van de jaren 1994 – 2006. Significanties: vet:  $p < 0,001$ , onderstreept:  $p < 0,01$ , cursief:  $p < 0,05$ .**

	Aant. dieren.	Jaar	Maand	Chl	Plankt. <i>agardhii</i>	Overige blauww.	Scenedes-mus s.l.	Overige groenw.	Kiezelw. - rond	Kiezelw. - langw.	Flagel-laten	$\mu$ -algen
Hoeveelheid algen				99,2	20,1	4,2	11,2	12,4	19,4	3,8	12,5	3,2
Waterlooien jong	23	-,10	<u>,55</u>	,09	-,02	-,03	<u>,61</u>	-,05	-,26	-,26	-,07	-,28
<i>Daphnia</i> < 1 mm	44	,01	<u>,51</u>	-,15	,17	,11	<u>,51</u>	-,13	-,34	-,25	-,04	-,22
<i>Daphnia</i> > 1 mm	23	-,09	<u>,52</u>	-,09	,38	,05	<u>,34</u>	-,19	-,41	-,17	-,10	-,29
<i>Bosmina coregoni</i>	133	,10	<u>,56</u>	,09	,31	-,14	<u>,36</u>	-,13	-,20	-,23	-,14	-,11
<i>Bosmina longirostris</i>	58	-,23	-,20	-,11	,02	,07	-,02	-,06	-,12	-,12	,04	-,18
<i>Chydorus sphaericus</i>	75	-,11	<u>,69</u>	,26	<u>,64</u>	-,12	-,04	-,45	-,40	-,30	-,25	-,18
Kieuwpootkreeftjes jong	75	,05	-,21	,09	-,41	-,08	,03	,18	,29	,11	-,06	,05
Kieuwpootkreeftjes volw.	66	,33	,16	-,03	,01	,33	-,05	,26	-,14	,17	,26	-,14

### 7.2.3 Samenvatting

In acht van de dertien jaren in de periode 1994 tot en met 2006 zijn steeds in april, mei en juli / augustus ongeveer in het midden van de plas monsters genomen voor de bepaling van de soorten en aantallen waterlooien en de hoofdgroepen van de roeipootkreeftjes. Doordat ze zich voeden met kleine deeltjes organisch materiaal, waaronder algen, kunnen ze een rol spelen bij het limiteren van de groei van het fytoplankton.

Van de waterlooien (71% van alle diertjes) is *Bosmina coregoni* met 25% het meest algemeen, gevolgd door *Chydorus sphaericus* (15%) en *B. longirostris* (10%). Van het geslacht *Daphnia* (13%) komen voornamelijk kleine (< 1 mm) exemplaren (9%) voor. Dat wijst op een sterke beïnvloeding door vissen, die de grootste exemplaren van het zoöplankton selectief wegvreten. De seizoensfluctuaties zijn zeer groot. Van april tot juli/augustus neemt de hoeveelheid waterlooien toe van 20 tot 697 diertjes per liter en het aantal roeipootkreeftjes van 116 tot 802 diertjes per liter. Ook de verschillen tussen de jaren zijn groot, met een minimum van 124 en een maximum van 668 voor de waterlooien en extremen van 116 en 802 voor de roeipootkreeftjes. De hoeveelheid *Bosmina coregoni* neemt tussen 1994 en 2002 sterk toe, van 66 tot 408 diertjes per liter. Dat is een gunstig teken, omdat het voorkomen ervan sterk negatief gecorreleerd is met het voorkomen van planktivore vis en positief reageert op het voorkomen van waterplanten in het littoraal. In 2006 valt het aantal van deze soort, evenals die van de andere soorten waterlooien, met vooralsnog onbekende oorzaak, zeer sterk terug: tot 6 exemplaren per liter.

## 7.3 Macrofyten

Van de macrofyten (water- en oeverplanten) zijn verschillende reeksen van opnamen beschikbaar:

1. Diverse oude gegevens vanaf ca. 1900;
2. Karteringen van de hele plas uit 2003 en 2010;
3. Structuur- en Tansley-opnamen van de hele plas (1994-2009);
4. Tansley-opnamen uit vier permanente proefvlakken langs de oever;
5. Metingen aan riettrajecten (2007-2010);
6. Enclosure-experimenten;
7. Structuur- en Tansley-opnamen uit drie sloten en het retentiebekken in de Polder De Putten uit de jaren 2004-2009;

### 7.3.1 Methoden

De opnamen zijn steeds in juli of augustus van het betreffende jaar gemaakt. De opnamemethode wordt hier slechts kort omschreven. Zie Grontmij | AquaSense & Koeman en Bijkerk (2007) voor een uitgebreidere beschrijving en een overzicht van de belangrijkste determinatieliteratuur.

#### 7.3.1.1 Veld

Voor de structuur en Tansley-opnamen zijn de begroeiing van de oever en het open water opgenomen. In de plas is gebruik gemaakt van een boot. De slootvegetaties zijn vanaf de kant

bekeken. Voor het bemonsteren van submerse planten is zo nodig gebruik gemaakt van een kranswierenhark.

Voor de structuuroptnamen zijn vier groeivormen onderscheiden, waarvan de procentuele bedekking is bepaald. Voor de totale bedekking zijn deze percentages gesommeerd, maar eventuele overlap is daarvan afgetrokken. De groeivormen zijn:

1. *Drijvende planten*: de vegetatieve spruit drijft (grotendeels) op het wateroppervlak;
2. *Submerse planten*: de vegetatieve delen bevinden zich onder het wateroppervlak;
3. *Flab*: de in het water zwevende en op het wateroppervlak drijvende draadwierenmassa's;
4. *Emerse (emergente) planten*: in het water staande planten waarvan de vegetatieve spruit en de bloeiwijzen boven het wateroppervlak uitsteken, of planten die in hun geheel drijven, maar waarvan de spruit grotendeels boven het water uitsteekt of planten die op de oever staan, direct grenzend aan het water;
5. *Oeverplanten*: tot 1 m vanaf de waterlijn staande planten in de oever, die niet tot de emergente vegetatie behoren.

De Tansley-opname is een lijst van de aangetroffen plantensoorten met een aanduiding van de geschatte hoeveelheden daarvan volgens Tabel 11.

**Tabel 11: Opnameschaal van Tansley voor de macrofyten.**

Abundantie	Aanduiding	Codering	Omschrijving
Rare	r	1	Slechts enkele individuen, alleen bij toeval of bij gericht zoeken te vinden. Maximaal 4 exemplaren in een opname.
Occasional	o	2	Weinig individuen/biomassa, maar bij goed bekijken van de vegetatie niet over het hoofd te zien. Meer dan 4 exemplaren in een opname.
Local frequent	loc.f	3	Individueel lokaal frequent aanwezig, maar niet in grote mate. Meestal een losse samenhang t.o.v. het opnamegebied.
Frequent	f	4	Veel individuen, maar lage totale bedekking: indien alleen deze soort aanwezig is, is een groot deel van de bodem of het water zichtbaar/onbegroeid.
Local abundant	loc.a	5	Individueel lokaal abundant aanwezig. De soort vormt dan op één of meerdere plaatsen een groot aaneengesloten geheel t.o.v. het opnamevlak, minder dan ca 50%.
Abundant	a	6	Veel individuen, minder dan ca 50% van het water bedekkend.
Local dominant	loc.d	7	Individueel lokaal dominant aanwezig. De soort bedekt lokaal 50% of meer van de bodem t.o.v. andere soorten in dat (die) lokale gebied (jes)
Codominant	co.d	8	Samen met een of meer andere soorten ca 50% of meer van de bodem of het wateroppervlak bedekkend. Co-dominante soorten ongeveer even algemeen.
Dominant	d	9	Alleen ca 50% of meer van de bodem of het wateroppervlak bedekkend.

### 7.3.1.2 Verwerking

De indeling en naamgeving van vaatplanten volgt Van der Meijden (2005), die van de kranswieren de standaardlijst op [www.kranswieren.nl](http://www.kranswieren.nl). De aangeleverde data werden hiermee in overeenstemming gebracht. Er werden enkele schrijffouten gecorrigeerd, zoals *Schoenoplectus lacustris*, in plaats van *S. lacustris*. Een enkel synoniem (*Hypericum quadrangulum*) werd bij de eveneens voorkomende soort met de thans geldende naam gevoegd (*H. tetrapterum*) gevoegd. Een enkele gespecificeerde opgave van de typevariëteit (*Nitella flexilis* var. *flexilis*) werd in overeenstemming gebracht met de eveneens aangetroffen niet nader gespecificeerde soort (*N. flexilis*). Een onjuiste Nederlandse naam (Waterbies) voor een wetenschappelijke naam (*Epilobium*) werd gecorrigeerd (Basterdwederik). De samengestelde soort *Lemna gibba/minor* is slechts twee maal aangetroffen en toegedeeld aan *L. minor*, die in de overige opnamen van de betreffende locaties werd aangetroffen. Ontbrekende Nederlandse namen in de aangeleverde gegevens zijn aangevuld.

In de aangeleverde gegevens zijn de soorten toegedeeld aan een van de bovengenoemde groeivormen. Voor de verdere berekeningen werden deze voor enkele soorten aangepast. Bultkroos, klein kroos, wortelloos kroos en veelwortelig kroos werden overgebracht van de drijfslag naar 'kroos', sterrenkroos werd overgebracht van de drijfslag naar de submerse laag, veenwortel werd overgebracht van de emerse naar de drijfslag, knikkend tandzaad, harig wilgenroosje,

moerasandoorn en zeegroene muur werden niet beschouwd als emerse, maar als oeverplanten en de draadwieren darmwier (*Enteromorpha*), waternetje (*Hydrodictyon reticulatum*) en spiraalwier (*Spirogyra*) werden van de drijfslag naar de categorie flab verplaatst, een en ander in overeenstemming met de opvattingen van Pot (2003) en R. Pot (pers. med.).

De scores op de KRW-maatlat zijn berekend met het programma QB-wat (Pot 2008). Het meer is beschouwd als type M14 (ondiepe, matig grote, gebufferde plassen), Voor de sloten en het waterbekken in De Putten zijn berekeningen gemaakt voor de typen M1a (zoete gebufferde sloten op minerale bodem) en M8 (gebufferde laagveensloten).

Veranderingen in de abundanties van de soorten uit de vier permanente proefvlakken langs de oever werden in Excel getoetst in een variantie-analyse met twee invloedsfactoren (jaar en maand) met vier replica's (proefvlakken).

### 7.3.2 Resultaten

#### 7.3.2.1 Diverse oude gegevens vanaf ca 1900

De laatste eeuw zijn herhaaldelijk waarnemingen gedaan over flora en vegetatie van het meer en de omringende rietlanden. Bijlage 3 geeft daarvan een overzicht. In de eerste decennia van de 20<sup>e</sup> eeuw kwamen in het open water veel planten van matig voedselrijk tot voedselrijk milieu voor, zoals klein, stomp en doorgroeid fonteinkruid en krabbenscheer. Meer langs de oever stonden soorten als waterdrieblad en waterviolier. De laatste soort neemt geen bicarbonaat op, maar wel kooldioxide, zoals dat veel in kwelmilieus voorkomt.

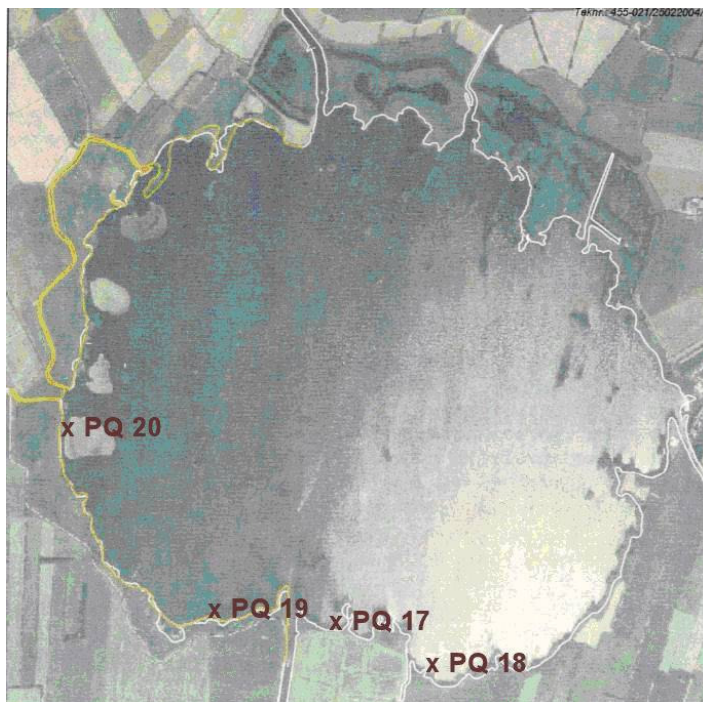
Rond 1950 kwamen de fonteinkruiden, vooral glanzig fonteinkruid, nog vrij veel voor, maar ze zijn in de jaren tachtig sterk afgenomen. Vroeger kwam er ook veel meer mattenbies voor dan nu nog het geval is. De laatste melding van krabbenscheer is van 1962.

Vanouds zijn de begroeiingen van water- en moerasplanten langs de westoever het best ontwikkeld. Opvallend zijn vier grote velden watergentiaan, waarvan het voorkomen in 1953 voor het eerst wordt gemeld. Waarschijnlijk heeft deze soort zich sindsdien sterk uitgebreid. Vermeldenswaard waren ook de goed ontwikkelde moerasvegetaties met drijftillen van o.a. waterscheerling.

Deze gegevens geven aan dat er in de loop der tijd een zeer sterke verarming van de vegetatie is opgetreden, met name van de ondergedoken waterplanten, die thans nauwelijks meer voorkomen.

#### 7.3.2.2 Karteringen van de hele plas in 2003 en 2010

In 2003 en 2010 zijn vegetatiekarteringen van de hele plas uitgevoerd (Bijkerk 2004, A&W in voorb.). In 2003 was watergentiaan de meest abundante waterplant (Tabel 12). De soort kwam voor in een viertal grote velden nabij de westelijke oever (Figuur 7-7). De witte waterlelie kwam in dertien kleinere veldjes voor, voornamelijk tussen de watergentiaanvelden en langs de westoever. De gele plomp kwam voor op enkele plaatsen langs de noordoever, maar verder in kleinere velden langs de westoever, vaak in combinatie met de witte waterlelie. De veenwortel kwam maar op één plek langs de noordwestelijke oever voor. Kleine velden in het water staande mattenbies werden langs de gehele oeverzone aangetroffen, maar relatief wat minder aan de noordzijde. Naast de in Tabel 12 aangetroffen soorten werden vlak bij het meer, in een sloot aan de westzijde op enkele plaatsen nog de ondergedoken planten buigzaam glanswier, smalle waterpest, sterrenkroos en stomp fonteinkruid waargenomen.



Figuur 7-7: Luchtfoto van de Leijen uit 2002 met de ligging van de oeverlijnen in 1969 (oranje) en 2002 (wit). De vier 'eilandjes' aan de westzijde zijn velden van watergentiaan (Bijkerk e.a. 2004). De PQ's zijn locaties van oeveropnamen vanaf 2002.

De laatste soort (*Potamogeton obtusifolius*) kwam ook op een enkele plek aan de zuidoostzijde van het meer voor en is niet gevonden tijdens de inventaristies van het waterschap (Bijlage 2). De soort komt voor langs de randen van de Pleistocene zandgronden, met name op veenachtige bodem. Het is een soort van matig mineraal arm water, die weliswaar schaduw van bomen verdraagt, maar niet in troebel water voorkomt (Mennema e.a. 1985, Weeda e.a. 1991, Pot 2003).

De EKR voor de waterplanten bedroeg 0,34. Dat duidt op een ontoereikende toestand. In 2010 bleken de door watergentiaan en gele plomp bedekte oppervlakten met ongeveer de helft te zijn toegenomen, terwijl de oppervlakten van waterlelie en mattenbies tot een derde waren afgenomen. Veenwortel is helemaal niet meer gevonden. In het meer zelf werd op een enkel punt grof hoornblad gesignaleerd en in de sloot aan de westzijde kwam nu ook kikkerbeet voor.

**Tabel 12: Oppervlakten van de begroeiing met waterplanten, absoluut en als percentage van het oppervlak van het open water van het hele meer (313 ha) in 2003 en 2010 (Bijkerk e.a. 2004, A&W in voorb.).**

Soort		Watergentiaan	Witte waterlelie	Gele plomp	Veenwortel	Mattenbies
2003	ha	4,0	3,1	1,1	0,1	1,6
	%	1,3	1,0	0,4	0,03	0,5
2010	ha	6,4	1,7	2,0	0,0	1,2
	%	2,0	0,5	0,6	0,0	0,4

### 7.3.2.3 Structuuroopnamen van de hele plas

De resultaten van de structuuroopnamen zijn vermeld in tabel 11. Hieruit blijkt dat de ondergedoken (submerse) begroeiing vrijwel afwezig is en de drijvende planten slechts een gering deel van het wateroppervlak bedekken. Kroos heeft geen kwantitatieve betekenis. De emerse planten zouden een geringe toename kunnen vertonen, maar dat is niet zeker, gezien de onzekerheden in de schattingen.

**Tabel 13: Bedekking van de verschillende vegetatielagen in procenten als percentage van het meeroppervlak (- = 0).**

Groeivorm	Jaar	'96	'97	'98	'99	'00	'02	'05	'06	'09
Submers		<1	<1	1	<1	-	-	-	<1	-
Drijvend		5	5	5	3	5	3	5	5	4
Kroos		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Draadwieren		<1	<1	1	<1	-	-	-	-	-
Emers		1	1	1	3	1	3	3	3	3
Alle		6	6	6	6	6	6	8	8	7

#### 7.3.2.4 Tansley-opnamen van de hele plas

De resultaten van de Tansley-opnamen uit de hele plas zijn vermeld in Bijlage 4 en samengevat in Tabel 14. Het verloop van de aantallen soorten in de verschillende vegetatielagen is weergegeven in Figuur 7-8.

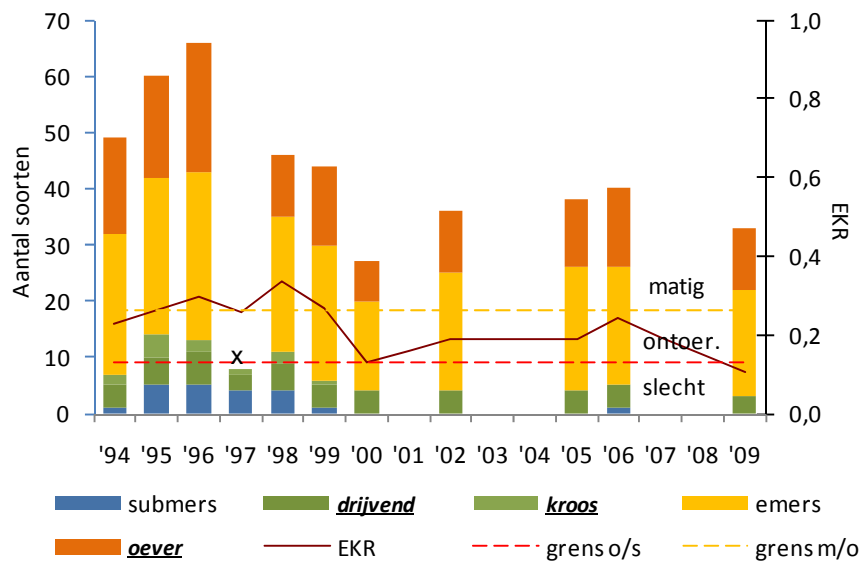
In totaal zijn in en om de plas 86 soorten hogere planten en kranswieren aangetroffen. Ze zijn allemaal kenmerkend voor voedselrijk water. Het meest bijzonder is nog gewoon blaasjeskruid, dat sporadisch in 1997 werd gevonden. De bedekking van de drijvende waterplanten is gering. Het voorkomen van de watergentiaan is geconcentreerd in de velden langs de westoever. Gele plomp en waterlelie komen vooral in de beschutte inhammen langs de oever voor (Thannhauser 1994, 1999).

Het totaal aantal soorten neemt tussen 1994 en 2009 significant af ( $r = -0,68$ ,  $p < 0,05$ ). De achteruitgang komt vooral voor rekening van de ondergedoken (submerse) soorten, waarvan het aantal in de eerste jaren 4-5 bedroeg, maar daarna 0-1 ( $r = -0,66$ ,  $p < 0,05$ ). In de eerste jaren werden steeds 2-4 kroossoorten gescoord, na 2000 niet meer. De achteruitgang is tamelijk significant ( $r = -0,78$ ,  $p < 0,02$ ). De emerse soorten gaan achteruit van rond de dertig tot rond de twintig ( $r = -0,67$ ,  $p < 0,05$ ). Hoge waarden van het aantal oeversoorten (17 – 20) kwamen voor in 1994 – 1996, maar de achteruitgang ( $r = -0,54$ ) is niet significant.

De ecologische kwaliteit (EKR) is tot en met 1999 met vrijwel steeds matig, van 2000 tot en met 2008 ontoereikend en in 2009 slecht. Nog meer dan vanwege de soortensamenstelling zijn de lage scores te wijten aan de geringe hoeveelheid planten in elk van de verschillende vegetatielagen.

**Tabel 14: Selectie van plantensoorten en hun bedekking volgens de schaal van Tansley (Tabel 11) in opnamen van de hele plas. Strikt genomen zijn de sommaties van Tansley bedekkingen niet toegestaan. Maar ze geven wel een indruk van de totalen van de verschillende lagen.**

Soort	Jaar	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'02	'05	'06	'09	Soort
Sterrenkroos			1	1									<i>Callitriche</i>
Buigzaam glanswier			1	1		1							<i>Nitella flexilis</i>
Smalle waterpest			1	1	1	1					1		<i>Elodea nuttallii</i>
Puntkroos		1	1	1	1	1	1						<i>Lemna trisulca</i>
Overige submerse planten			1	1	2	1							
Totaal submerse planten		1	5	5	4	4	1					1	
Kikkerbeet			1	1		1							<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>
Gele plomp		5	5	5	2	3	5	3	5	5	5	3	<i>Nuphar lutea</i>
Witte waterlelie		5	5	5	4	5	5	3	5	5	5	3	<i>Nymphaea alba</i>
Watergentiaan		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	<i>Nymphoides peltata</i>
Veenwortel		5	3	3		1	3	2	3	2	1		<i>Persicaria amphibia</i>
Overige drijvende planten					1								
Totaal drijvende planten		20	19	20	11	15	18	13	18	17	16	11	
Klein kroos		2	2	1	1	1	1						<i>Lemna minor</i>
Veelwortelig kroos		1	2	1		1							<i>Spirodela polyrhiza</i>
Overig kroos			3										
Totaal kroos		3	7	2	1	2	1	0	0	0	0	0	
Riet		6	6	6		6	6	6	6	6	6	5	<i>Phragmites australis</i>
Kleine liisdodde		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	<i>Typha angustifolia</i>
Mattenbies		3	3	3			4	3	5	5	3	3	<i>Schoenoplectus lacustris</i>
Kalmoes		4	2	2		2	4	2	2	2	2	3	<i>Acorus calamus</i>
Bitterzoet		2	2	1		2	2	1	2	2	2	2	<i>Solanum dulcamara</i>
Liesgras		2	3	2		2	2	1	1	1	1	2	<i>Glyceria maxima</i>
Fioringras				1		1							<i>Agrostis stolonifera</i>
Kleine watereppe			1			1							<i>Berula erecta</i>
Moeraszegge			1	1									<i>Carex acutiformis</i>
Moeraskers		1		1									<i>Rorippa palustris</i>
Overige emerse planten		22	24	21		20	28	11	19	21	15	17	
Totaal emerse planten		45	47	43		39	51	29	40	42	34	37	
Harig wilgenroosje		2	3	3		2	2	1	2	3	3	2	<i>Epilobium hirsutum</i>
Haagwinde		2	2	2		2	2	2	2	2	2	1	<i>Calystegia sepium</i>
Koninginnekruid		2	2	2		2	2	1	2	2	2	2	<i>Eupatorium cannabinum</i>
Knikkend tandzaad		1		1									<i>Bidens cernua</i>
Veerdelig tandzaad					1	1							<i>Bidens tripartita</i>
Stijve zegge		1		1									<i>Carex elata</i>
Watermavel			1	1									<i>Hydrocotyle vulgaris</i>
Penningkruid			1	1									<i>Lysimachia nummularia</i>
Overige oeverplanten		13	13	15		7	14	4	10	13	11	11	
Totaal oeverplanten		21	22	27		14	20	8	16	20	18	16	
Totaal 'echte' waterplanten		24	31	27		21	20	13	18	17	17	11	
Totaal emerse en oeverplanten		66	69	70		53	71	37	56	62	52	53	
Totaal alle planten		90	100	97		74	91	50	74	79	69	64	



Figuur 7-8: Verloop van het aantal plantensoorten per vegetatielaag en de EKR in Tansleyopnamen van de hele plas tussen 1994 en en 2009. x: in 1997 werden de emerse en oeverplanten niet opgenomen. De achteruitgang van de onderstreepte groepen is significant ( $p < 0,05$ ). De toetsingswaarden van de EKR (horizontale streepjeslijnen zijn die van de Friese maatlat voor De Leijen).

### 7.3.2.5 Tansley-opnamen uit vier permanente proefvlakken langs de oever

In het kader van een onderzoek naar de veranderingen van de oevervegetatie van Friese boezemmeren zijn van 2002 tot en met 2006 jaarlijks opnamen van de oevervegetatie gemaakt in vier permanente proefvlakken langs de oever (Thannhauser 2006, Thannhauser & Claassen 2008, Claassen & Thannhauser 2009). De proefvlakken (PQ 17 -20) liggen aan de west- en zuidoever en zijn 74 – 93 m<sup>2</sup> groot (Figuur 7-7). PQ 18 ligt sinds 2004 achter de dubbele palenrij die in 2004 voor een inham langs de oever is geplaatst (zie bij enclosures). De opnamen zijn gemaakt met de methode van Braun-Blanquet, waarbij de hoeveelheid van de waargenomen soorten wordt uitgedrukt in het bedekkingspercentage.

De belangrijkste resultaten zijn vermeld in Tabel 15. Figuur 7-9 geeft de situatie op een van de locaties weer in 2004 en 2006. Alleen de afnamen van de abundantie van de kleine lisdodde en de totale abundantie zijn significant ( $p = 0,02$ ). De resultaten van september 2002 zijn niet in de toets meegenomen, omdat er anders ongelijke aantallen juni- en septembermaanden zouden zijn. Riet vertoont een niet-significante afname. De ontwikkeling in PQ 18 is niet wezenlijk anders dan in de overige PQ's: ook hier neemt de kleine lisdodde af, ondanks de oeverbescherming door de palenrij. Claassen & Thannhauser (2009) schrijven de veranderingen in de PQ's toe aan het handhaven van een vast peil. Voor een goede groei van riet en andere helofyten is een natuurlijke fluctuatie van het waterpeil noodzakelijk (Coops 2002). De pollenstructuur in de PQ's wijst ook op vogelvraat (Tosserams e.a. 1999) zie ook Figuur 7-9. Door de palenrij kan ook de predatie door watervogels zijn toegenomen zijn.



**Tabel 15: Procentuele bedekking van oeverplanten in vier permanente proefvlakken (Thannhauser & Claassen 2008), gemiddelde waarden en significanties (p) van de verschillen tussen jaren. De grijze kolom is niet bij de variantie-analyse betrokken. PQ 18 ligt sinds 2003 achter de palenrij.**

PQ	Soort	2002	2003		2004		2005		2006		p
		sep	jun	sep	jun	sep	jun	sep	jun	sep	
17	Riet	20	20	20	15	15	10	10	10	10	-
	Kleine lisdodde	35	30	30	25	25	20	20	20	20	-
	Totaal	55	50	50	40	40	30	30	30	30	-
18	Riet	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-
	Kleine lisdodde	40	40	40	35	35	33	32	30	25	-
	Totaal	45	45	45	40	40	38	37	35	30	-
19	Riet	10	7	10	7	10	5	3	2	10	-
	Mattenbies	50	50	50	50	50	45	45	43	35	-
	Totaal	60	57	60	57	60	50	48	45	45	-
20	Riet	4	3	3	3	3	3	2	2	3	-
	Kleine lisdodde	30	30	30	25	25	20	20	15	5	-
	Mattenbies	5	5	5	5	5	4	4	3	2	-
	Totaal	39	38	38	33	33	27	26	20	10	-
17-20	Kleine lisdodde	35	33	33	28	28	24	24	22	17	0,02
	Mattenbies	28	28	28	28	28	25	25	23	19	0,99
	Riet	10	9	10	8	8	6	5	5	7	0,46
	Totaal	50	48	48	43	43	36	35	33	29	0,02

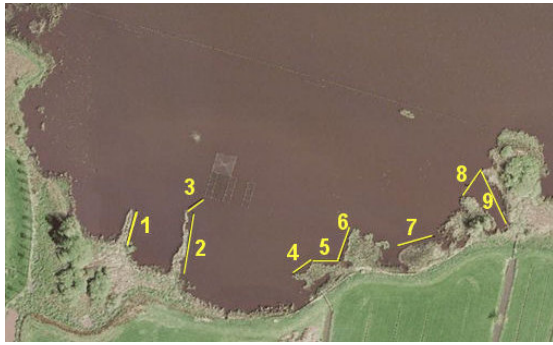


**Figuur 7-9: Veranderingen in permanent proefvlak PQ 17 voor de oevervegetatie. Links: 8 september 2004 (let op de omvallende kleine lisdodde). Rechts: 22 juni 2005, losse pollen (uit: Thannhauser & Claassen 2008).**

### 7.3.2.6 Metingen aan riettrajecten (2007-2010)

Om de windwerking te reduceren is in een inham aan de zuidzijde van het meer eind 2003 een dubbele rij palen geplaatst, met een aantal openingen om ertussendoor te kunnen varen. Vanaf 2007 zijn enkele malen de lengtes gemeten van gordels van riet en andere helofyten van de in Figuur 7-10 aangegeven trajecten. De resultaten van de metingen zijn vermeld in Tabel 16, samen met de gemiddelde waarden van de verschillende perioden. Bij de gemiddelden zijn de waarden van de locaties 3 en 7 niet meegenomen. Locatie 3 is de afstand van het puntje tot een rietong tot de enclosures en wordt kleiner als het riet zich uitbreidt; het is het complement van locatie 2. Op locatie 7 zijn geen waarden van oktober 2007. De waarden van de overige locaties van oktober 2007 en september 2008 en 2010 zijn goed vergelijkbaar. Tussen 2007 en 2008 is er een significante toename, ( $p < 0,01$ , t-toets voor gepaarde waarnemingen), maar daarna niet meer.

**Tabel 16: Lengten van de riettrajecten (m). Grijs gedrukte waarden zijn niet meegenomen in de berekeningen van de gemiddelden.**



Nr	okt-07	mei-08	sep-08	sep-10
1	21,0	21,6	22,1	22,8
2	43,0	43,4	43,5	41,8
3	14,5	14,5	13,7	15,8
4	13,0	13,0	14,0	14,8
5	17,0	18,0	18,7	18,0
6	22,0	22,0	22,2	23,1
7	-	26,2	28,8	28,5
8	19,0	18,5	19,4	19,2
9	29,0	29,6	29,5	30,5
1-2, 4-6, 8-9	23,4	23,7	24,2	24,3

Figuur 7-10: Riettrajecten in de afgeschutte baai aan de zuidkant van de Leijen (2008).

### 7.3.3 Samenvatting

Uit vergelijking gegevens over van de huidige plantengroei van het open water van de Leijen met die van de afgelopen eeuw blijkt dat de begroeiing sterk is verarmd. Er zijn geen ondergedoken waterplanten van eertijds algemene soorten als doorgroeid fonteinkruid en krabben-scheer meer aanwezig. Er zijn vrijwel alleen nog drijfbladplanten als watergentiaan, gele plomp en witte waterlelie. Na 1994 tot en met 2009 zijn ten minste elke twee tot drie jaar opnamen van de water- en oevervegetatie van de hele plas gemaakt. Het totaal aantal soorten neemt in deze periode sterk af, van ruim 60 tot ruim 30. Vooral het aantal ondergedoken soorten vermindert significant, van 4-5 naar 0-1. In deze periode vermindert de EKR van 0,25 (matig) tot iets minder dan 0,2 (slecht). Van 2003 tot 2010 zijn de door velden van watergentiaan en gele plomp bedekte oppervlakten toegenomen, terwijl de witte waterlelie is afgenomen.

Op enkele plaatsen langs de oever is de bedekkingsgraad van de oeverplanten riet, mattenbies en kleine lisdodde tussen van 2002 tot en met 2006 jaarlijks een of meerdere malen vastgesteld. De totale hoeveelheid van deze planten nam significant af, vooral door de afname van kleine lisdodde. In 2003 is een baai aan de zuidkant met palenrijen afgeschut van de rest van het meer. Uit metingen in 2007 en 2008 bleek dat de breedte van de rietgordel hier licht toenam (significant) in 2010 is wel een lichte toename te zien, maar die is niet significant.

## 7.4 Macrofauna

### 7.4.1 Methoden

#### 7.4.1.1 Veld en laboratorium

De locaties 45 (midden in het meer) en 931 (in de door de palenrijen afgeschermde baai aan de zuidzijde) zijn bemonsterd met een bodemhapper.

Bij de selectie van overige bemonsteringslocaties (netbemonstering) is rekening gehouden met een evenredig aandeel van alle micromilieus, zoals oever, vegetatie en bodem. Het te bemonsteren traject van de oever is in totaal ten minste 3 meter en bestaat uit deelmonsters van 1 of 2 meter lengte. Het bemonsterde traject van de waterbodem bedraagt in totaal ten minste 1 meter en bevat zoveel mogelijk microhabitats. Het totale bemonsteringstraject van oever- en bodemmonsters is ten minste 4 m lang. De bemonstering is uitgevoerd met een standaardmacrofaunanet (opening 30x20 m, maaswijdte 0,5 mm), dat schoksgewijs door de oevervegetatie en over de bodem is getrokken. De monsters zijn overgebracht naar het laboratorium en zijn daar binnen twee dagen na monsternamen te uitgezocht. Van groepen dieren die in grote aantallen voorkomen is het aantal dieren per hoofdgroep geschat. en een minimum aantal als in onderstaande tabel verzameld. Platwormen zijn zo snel mogelijk levend gedetermineerd. De overige dieren zijn geconserveerd.

Platwormen zijn zo mogelijk tot op de soort gedetermineerd; de overige wormen tot op familie-niveau. Alle andere uitgezochte dieren zijn voor zover mogelijk tot op de soort gedetermineerd. De watermijten worden zijn vanaf 2002 tot op de soort gedetermineerd (daarvoor tot op geslacht). Daarbij wordt gebruik gemaakt van een binoculair (vergroting 12,8 – 128x) en een mi-

croscop (vergroting 100 – 400x) en de hieronder vermelde literatuur. Per onderscheiden taxon worden de getelde aantallen genoteerd, zo nodig aangevuld met de geschatte aantallen van de taxa binnen de veel voorkomende hoofdgroepen.

#### 7.4.1.2 Verwerking

De data van de monsters zijn opgeschoond en gestandaardiseerd. Bij het bepalen van het aantal soorten zijn de lijsten doorgenomen om bij benoemingen van familie-, genus-, en soortnaam het aantal soorten te compenseren om dubbeltelling te voorkomen. De data van de Leijen zijn met QB-wat (versie 4.30) getoetst met de maatlat voor M14 voor grote ondiepe meren, de gegevens van polder de Putten met M1a (gebufferde sloten op minerale bodem). In de tabellen zijn zowel de oordelen gegeven volgens de natuurlijke maatlaten als die met de Friese schaling daarvan (zie paragraaf).

#### 7.4.2 Resultaten

Allereerst moet opgemerkt worden dat er helaas van de Leijen te weinig macrofauna gegevens zijn om een relatie te leggen tussen de herstel en verbeteringsmaatregelen in de Leijen. Ook omdat de ingrepen ook nog in de jaren van monsternamen plaatsvonden. Er is geen 0-meting uitgevoerd en na 2005 zijn geen metingen meer uitgevoerd. Het uitzetten van de driehoeksmosselen in 2004 had ertoe kunnen leiden dat deze soort in de monsters van 2005 gevonden zouden worden, ware het niet dat de soort in geen van de monsters aangetroffen is.

De macrofaunaonsters uit de Leijen zijn beoordeeld met de M14-maatlat voor natuurlijke wateren. De uitkomsten zijn ook beoordeeld met de schaling voor de Friese maatlaten (zie tabel). In deze tabel is tevens het verschil aangegeven tussen de doelstelling voor 2015 en de situatie in 2005. De gemiddelde EKR waarde over alle punten over 2005 voor de Leijen is 0,4 (matig).

**Tabel 17: EKR-scores van de macrofauna in de Leijen van 2005.**

De Leijen monster	0045	0045	0931	0931	0155	0155	1039
	midden op plas	midden op plas	z v palenrij	z v palenrij	westkant plas	westkant plas	oeverveg n-kant plas
omschrijving locatie							
monsterdatum	3-mei-05	1-sep-05	3-mei-05	1-sep-05	3-mei-05	1-sep-05	3-mei-05
aantal individuen	837	775	1147	575	362	356	195
aantal soorten	13	8	11	10	24	13	37
Macrofauna eqr	0,26	0,37	0,24	0,67	0,42	0,47	0,37
Beoordeling klasse	2	2	2	4	3	3	2
Beoordeling maatlat natuurlijke wateren	ontoe-reikend	ontoe-reikend	ontoe-reikend	goed	matig	matig	ontoe-reikend
volgens schaling maatlat Friese meren	ontoe-reikend	matig	ontoe-reikend	MEP	matig	matig	matig
verschil met doelstelling macrofauna 2015 = 0,4	-0,14	-0,03	-0,16	0,27	0,02	0,07	-0,03

De KRW scores van de locaties zijn op locatie 0045, 0931 en 0155 in het najaar hoger dan in het voorjaar. Op één 'goed' monster na scoren alle monsters 'ontoe-reikend' of 'matig'. Door in plaats van de landelijke, de Friese maatlat te gebruiken verbeterd dit beeld aanzienlijk, waarbij locatie 0931 zelfs aan het MEP voldoet. Bij het toetsen aan de door het waterschap geformuleerde KRW-doelstelling voor macrofauna voor 2015 dan blijken drie monsters hieraan te voldoen. Verder is het opvallend dat aan de west- en noordkant van de Leijen meer soorten gevonden zijn.

#### Opmerkingen bij de KRW-beoordeling

*Einfeldia carbonaria* wordt als positieve indicator beschouwd ('positief dominant' in KRW-terminologie). De soort is veel in de randmeren van Flevoland te vinden, meestal slibbig-zanderige waterbodems. Dus niet op puur slib of schoon zand. Het doorzicht is voor deze soort van weinig belang (waarnemingen D. Tempelman, Het Die bij Limmen in Noord Holland, 2010). Het is een soort, die alleen in grote wateren zoals ondiepe meren te vinden is.

Op locatie 155, aan de westkant van het meer, is de soort veel minder talrijk gevonden. Hierover wordt opgemerkt dat de bemonstering van de bodem 'werd bemoeilijkt door de dikte van de sliblaag'. In gering aantal worden andere soorten dansmuggenlarven, slakken en watermijten aangetroffen. Hier en daar zijn enkele erwtenmosseltjes aangetroffen.

Opvallend is, dat de KRW-score voor het september-monster van 2005 'goed' scoort. Er is in dit monster slechts een beperkt aantal soorten aangetroffen. Bij lage soorten aantal kan het voorkomen van een aantal kenmerkende soorten de EKR score behoorlijk beïnvloeden. De hoge score is hier te danken aan de aanwezigheid van een drietal 'kenmerkende taxa'. Ten opzichte van slechts 8 taxa die meetellen bij de berekening is dit een relatief hoog aantal, wat een hoge score veroorzaakt.

Bij nadere bestudering blijkt het o.a. om de soort *Limnesia maculata* te gaan. Deze soort is, naar recent is aangetoond, niet te verwachten op onbegroeide waterbodems. De nauw verwante soort *L. marmorata* heeft een benthische levenswijze, neemt genoeg met minder goede omstandigheden. En deze soort is eerder als negatief dominant te beschouwen (Van Haaren & Tempelman 2009).

Deze opmerkingen in ogenschouw nemend geeft de KRW-score een wat vertekend en te positief beeld van de werkelijkheid.

#### 7.4.3 Samenvatting

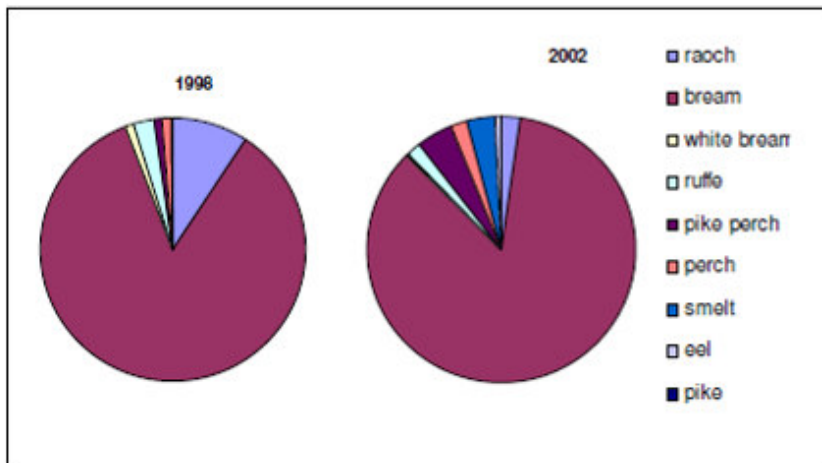
In de Leien zijn in 2004 en 2005 macrofaunamonsters genomen. Hierbij zijn voornamelijk algemene soorten van grote, stilstaande, zoete, voedselrijke, vegetatieloze wateren aangetroffen. De aangetroffen soorten hebben geen ondergedoken vegetatie nodig en zijn algemeen voor troebel water. De macrofauna scores op basis van de KRW zijn laag, 'ontoereikend tot matig', alleen het punt achter de palenrij (0931) scoort 'goed'.

In de Leijen zijn borstelarme wormen (Tubificidae) en dansmuggen (*Einfeldia carbonaria*) het talrijkst aangetroffen. Langs de oevers zijn wat meer soorten aangetroffen. Het gaat hierbij vooral om verschillende soorten watermijten. Driehoeksmosselen zijn niet aangetroffen in de monsters, althans niet in de net- en bodemmonsters.

## 7.5 Vis

### 7.5.1 Visstand 1998 en 2002

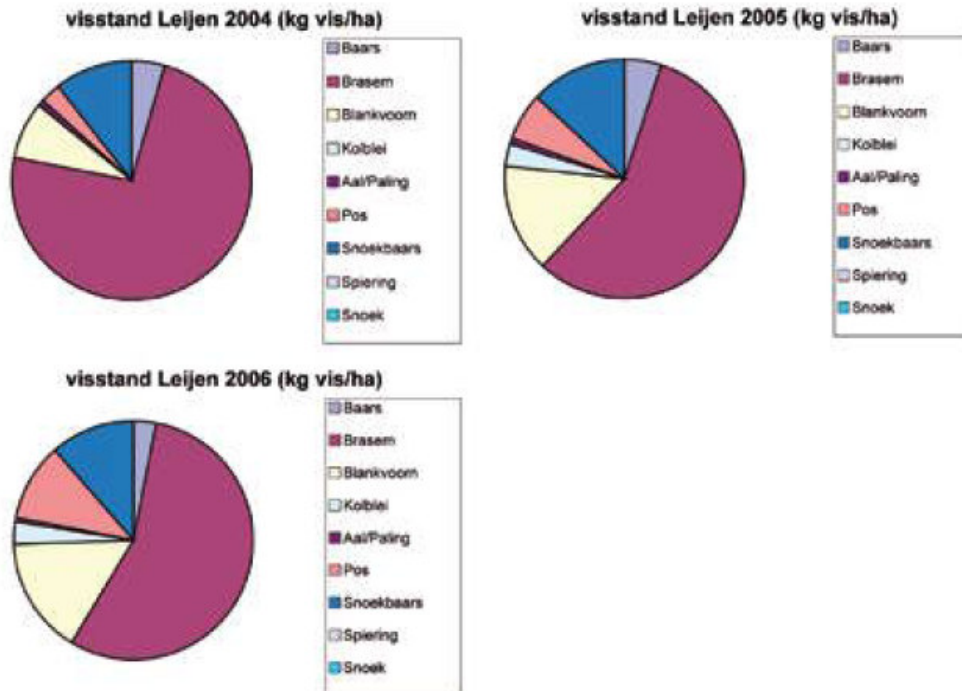
Vissen en de samenstelling van de visstand waren tot 1998 geen onderdeel van het monitoringsprogramma van Waterskip Fryslân. Vóór dat jaar voerden het toenmalige ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij en het Nederlands Instituut voor Ecologisch Onderzoek (NIOO) op onregelmatige basis visstandmonitoringen uit. De Leijen was één van de meren in deze onderzoeksprogramma's. Het Wetterskip Fryslân heeft twee visstandbemonsteringen uitgevoerd in 1998 en 2002, voordat het NOLIMP-project van start ging. De resultaten van deze twee bemonsteringen zijn weergegeven in Figuur 7-11 en **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Uit deze figuur en tabel komt naar voren dat de visstand van de Leijen in beide jaren voor ongeveer 85% uit brasem bestaat. Het percentage brasem in de visbiomassa en de totale visbiomassa waren hoog in vergelijking tot andere Friese meren (Claassen, 2006).



Figuur 7-11: Procentuele samenstelling van de visbiomassa in de Leijen in 1998 en 2002 (Claassen, 2006). Roach=blankvoorn, bream = brasem, white bream = kolblei, ruffe = pos, pike perch = snoekbaars, perch = baars, smelt = spiering, eel = paling, pike = snoek.

#### 7.5.2 Visstand 2004, 2005 en 2006

In verband met het NOLIMP-project is er in 2004 een visserijplan opgesteld. De visstand in de Leijen is in de zomer van 2004, vóór het afvissen, nogmaals bemonsterd. De resultaten van deze bemonstering waren in overeenstemming met de resultaten van de eerdere bemonsteringen, zoals uit Figuur 7-12 naar voren komt. In 2005, tussen twee afvissingen, en in 2006 na de tweede afvissing, is de visstand eveneens bemonsterd. De resultaten van deze drie visstandbemonsteringen zijn weergegeven in Figuur 7-12 en in het overzicht in Tabel 21. Ten opzichte van 1998 is tot 2005 een daling van de totale visbiomassa en van de hoeveelheid brasem te zien. In de zomer van 2006 neemt de biomassa en het aantal vissen toe (brasem, blankvoorn, kolblei, pos en snoekbaars) (Claassen & Spier 2007).



Figuur 7-12: Procentuele samenstelling van de visbiomassa in de Leijen vóór het begin van het afvissen (2004), tussen de twee afvisperiodes (2005) en na het afvissen (2006) (Claassen & Spier 2007).

De gemiddelde totale visbiomassa in de periode vóór het afvissen (1985 tot zomer 2004), bedraagt rond de 340 kg/ha; waarvan zo'n 270 kg/ha uit brasem bestaat. Na het afvissen in de

winter van 2004/2005 zijn deze waarden aanzienlijk lager namelijk respectievelijk 241 kg/ha waarvan 133 kg/ha brasem.

Om inzicht te krijgen in de migratie van brasem naar de Leijen na het afvissen is in maart 2005 een merk-terugvangexperiment uitgevoerd. Daarbij zijn duizend brasems in de noorderlijk gelegen Bergumermeer en vijfhonderd brasem in de zuidelijk gelegen Smalle Eesterzanding als twee verschillende groepen gemerkt. Het aantal gemerkte brasems dat in de Leijen is teruggevangen is in Tabel 18 weergegeven. De terugvangst is vrij laag te noemen. Er is sprake van migratie van brasems van omliggende wateren, maar er zijn op basis van de terugvangst geen uitspraken te doen over de omvang hiervan. Dat de vangst bij monitoring lager is dan bij afvising komt door het verschil in inspanning. Bij monitoring is dat relatief laag in (1-5% bij een oppervlak van 300 ha). Bij het afvissen is de inspanning doorgaans groter. Ook is het niet duidelijk welk percentage van de brasems in het Bergumermeer en Smalle Eesterzanding gemerkt is.

**Tabel 18: Overzicht van het aantal gemerkte brasems dat in de Leijen is teruggevangen.**

Periode van terugvangst	Aantal teruggevangen brasems vanuit Bergumermeer	Aantal teruggevangen brasems vanuit Smalle Eesterzanding
Zomer 2005: monitoring	0	0
Winter 2005/2006: 2 <sup>e</sup> afvisperiode	7	1
Zomer 2006: monitoring	0	0

Tijdens de eerste afvisperiode waren in totaal drie karpers gevangen. In november 2005 zijn 193 spiegelkarpers uitgezet in de Leijen. In de volgende winter, ongeveer een half jaar na het uitzetten, zijn 80 spiegelkarpers teruggevangen gedurende acht dagen vissen (in de periode 20 december tot 21 maart 2006). Het is overigens mogelijk dat sommige exemplaren meerdere keren zijn gevangen.

Tijdens de afvising in de winter 2005/2006 van is het de vissers opgevallen dat de gevangen brasem niet in topconditie verkeerde en aan de magere kant was. Dit zou op voedselconcurrentie kunnen duiden.

### 7.5.3 Visstand 2009

Wetterskip Fryslân heeft in de periode van augustus tot en met oktober 2009 een visstandmonitoring uit te laten voeren in 22 waterlichamen in zijn beheergebied, waaronder in de Leijen (ATKB 2010). De visstandbemonstering is, net zoals bij voorgaande bemonsteringen (1998, 2002 en 2006), uitgevoerd volgens de richtlijnen uit het STOWA-handboek Visstandbemonstering. Met deze methode wordt een bepaald oppervlak op standaardwijze bevist met een vangtuig waarvan het vangstrendement bekend is.

De bestandschattingen van de Friese boezemmeren zijn weergegeven in Tabel 19 als biomassa (kg/ha) en in Tabel 20 als aantal per hectare en het aantal soorten. De Leijen heeft ten opzichte van de vier andere meren in de boezem qua visbiomassa een lage visstand, maar wat betreft orde grootte wel vergelijkbaar de vier andere meren. Evenals bij de andere meren maakt in de Leijen brasem voor meer dan vijftig procent deel uit van de totale visbiomassa. Ook getalsmatig gezien heeft brasem in de Leijen met ongeveer 30% een groot aandeel in de visstand. De totale visbiomassa is ten opzichte van 2006 licht afgenomen, het aandeel van brasem daarin is licht toegenomen (zie Tabel 21).

**Tabel 19: Bestandschatting (kg/ha) Friese boezemeren 2009 (ATKB 2010).**

Gilde	Vissoort	FL-HM	SNM	TKP	DLN	GW
Eurytoop	Aal/Paling	0,4	1,1	3,2	3,2	12,5
	Alver	-	-	0,4	-	-
	Baars	5,6	3,1	1,6	3,4	1,4
	Blankvoorn	5,2	13,3	3,0	1,9	1,2
	Brasem	183,9	186,4	214,6	127,7	204,2
	Driedoornige stekelbaars	0,0	0,0	-	-	-
	Giebel	-	-	-	0,3	0,6
	Karper	-	-	-	4,7	-
	Kleine modderkruiper	0,0	-	-	0,0	-
	Kolblei	0,6	3,5	2,8	2,9	0,7
	Pos	35,3	27,4	4,2	40,9	1,0
	Snoek	2,2	3,1	1,0	9,1	2,8
Snoekbaars	29,4	31,1	44,7	18,1	31,3	
Limnofiel	Bittervoorn	-	-	-	-	0,0
	Kroeskarper	-	-	-	-	2,8
	Rietvoorn/Ruisvoorn	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2
	Spiering	1,9	6,4	4,5	0,4	0,1
	Vetje	-	-	0,0	0,0	0,0
	Zeelt	-	-	-	0,3	1,2
Rheofiel	Riviergrondel	-	-	0,1	0,0	0,0
	Winde	0,3	-	0,0	0,0	-
<b>Totaal</b>		<b>264,8</b>	<b>275,4</b>	<b>280,2</b>	<b>212,9</b>	<b>260,0</b>

0,0 = &lt;0,05 kg/ha; - = niet aangetroffen

FL-HM=Fluessen-Heegermeer; SNM=Sneekermeer; TKP=Terkaplester Poelen; DLN=De Leijen; GW=Groote Wielen.

Opmerkelijk is de hoeveelheid pos, die getalsmatig de visstand in 2009 domineerde. Pos werd bij de visstandbemonsteringen in 2004, 2005 en 2006 in mindere mate aangetroffen. Daarnaast is het aantal gevangen vissoorten ten opzichte van deze jaren toegenomen. Zowel qua biomassa als aantallen zijn de eurytope vissoorten, de soorten die weinig eisen aan hun omgeving stelen, in de meerderheid. In dat opzicht zijn er geen veranderingen ten opzichte van 2006.

**Tabel 20: Bestandschatting (aantal/ha) Friese boezemeren 2009 (ATKB 2010).**

Gilde	Vissoort	FL-HM	SNM	TKP	DLN	GW
Eurytoop	Aal/Paling	1	4	13	20	65
	Alver	-	-	9	-	-
	Baars	769	568	297	754	208
	Blankvoorn	55	76	208	161	242
	Brasem	523	838	3.196	2.965	2.088
	Driedoornige stekelbaars	57	3	-	-	-
	Giebel	-	-	-	0	1
	Karper	-	-	-	1	-
	Kleine modderkruiper	0	-	-	1	-
	Kolblei	4	33	64	63	167
	Pos	9.560	6.255	2.295	6.566	131
	Snoek	1	1	0	5	3
Snoekbaars	477	411	240	102	345	
Limnofiel	Bittervoorn	-	-	-	-	3
	Kroeskarper	-	-	-	-	2
	Rietvoorn/Ruisvoorn	1	0	6	25	15
	Spiering	627	3.294	2.359	109	32
	Vetje	-	-	3	39	29
	Zeelt	-	-	-	1	2
Rheofiel	Riviergrondel	-	-	17	3	5
	Winde	6	-	1	0	-
<b>Totaal</b>		<b>12.081</b>	<b>11.483</b>	<b>8.708</b>	<b>10.815</b>	<b>3.338</b>
Aantal soorten		<b>13</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>16</b>

0 = &lt;0,5 stuks/ha; - = niet aangetroffen

FL-HM=Fluessen-Heegermeer; SNM=Sneekermeer; TKP=Terkaplester Poelen; DLN=De Leijen; GW=Groote Wielen.

**1985-2009**

In de onderstaande tabel is het aandeel brasem weergegeven van 1985 tot en met 2009. Na de afvissingen is het aandeel aanzienlijk lager dan daarvoor. In 2009 lijkt het aandeel brasem weer een beetje te stijgen.

**Tabel 21: Overzicht van de hoeveelheid brasem in de visbiomassa (kg/ha), de totale visbiomassa en verwijderde hoeveelheid brasem (uit: Claassen, 2006 en ATKB 2010).**

Visbiomassa	1985-1995	1998	2002	2004	2004-2005	2005	2005-2006	2006	2009
Totaal geschat visbestand	165	582,8	262,8	349		203		279	212,9
Brasem in kg/ha	111	495	223,5	249,5		110		155	128
Brasem in %	67	85	85	71		54		56	60
Verwijderde hoeveelheid brasem					115,6		59,3		

#### 7.5.4 Samenvatting

De biomanipulatie lijkt vooralsnog een blijvend effect te hebben op de visstand, gezien de lagere visbiomassa in 2009 dan in 2006. De visstand is in 2009 zelfs licht gedaald, al was het aandeel brasem weer een beetje toegenomen ten opzichte van 2006. Een deel van de kleine verbetering van het doorzicht in de Leijen zou het gevolg kunnen zijn van het wegvangen van brasem. Desondanks blijft het doorzicht het gehele jaar relatief beperkt, wat lijkt aan te geven dat wind ook een belangrijke factor is bij de opwerveling van bodemmateriaal.

De lichte toename van de visbiomassa in 2006 na het afvissen kan verschillende oorzaken hebben, zoals een grote aanwas van jonge vis die de plek inneemt van de weggevangen vis. Het lage aantal watervlooiën in 2006 duidt op een relatief hoog aandeel jonge planktivore vis (zie paragraaf 7.2.2.2). Ook kan een cluster vis gemist zijn bij de laatste afvisperiode. In de winter scholen vissen, vooral de karperachtigen zoals brasem en blankvoorn, samen op voorkeursplekken. Deze plekken zijn kleine, ondiepe aantakende watertjes die over het hoofd worden gezien of moeilijk bevisbaar zijn. Een andere mogelijke oorzaak is migratie van vis. De resultaten van het merk-terugvangexperiment lijken op basis van absolute getallen te wijzen op een beperkte migratie. Het is alleen niet duidelijk welk deel van de brasems in het Bergumermeer en Smalle Eesterzanding gemerkt is. Tevens hebben de brasems in deze wateren nog meer richtingen waarin ze kunnen migreren.



## 8 Experimenten in en om de Leijen

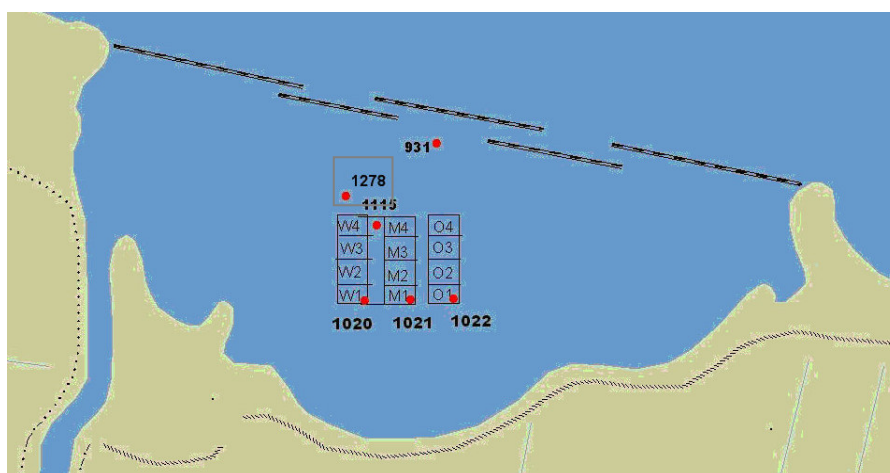
### 8.1 Enclosure-experimenten

#### 8.1.1 Waterplanten

Om na te kunnen gaan of lokale inrichtingsmaatregelen een bijdrage kunnen zijn om het verlies van biodiversiteit in het meer door de fixatie van het waterpeil te kunnen compenseren zijn experimenten ingericht voor plaatselijke oeverbescherming en enclosures.

In de baai met de palenrijen zijn drie series enclosures geplaatst met elk vier vakken van  $4 \times 4 \text{ m}^2$ , die een wand hebben van metaalgaas, om volwassen vissen tegen te houden. Het gaas gaat tot iets in de waterbodem, die hier ca 1 m beneden het waterpeil ligt (Figuur 8-1).

Eind september 2004 werden in de enclosures in de westelijke rij (W) losse planten (bak en kratten met planten) van glanzig fonteinkruid geplaatst, om de groei hiervan te kunnen observeren. Voor deze soort werd gekozen omdat die vroeger veel in het meer voorkwam (Joustra 1953). In de enclosures van de oostelijke rij (O) werden driehoeksmosselen uitgezet, terwijl de middelste rij (M) als blanco dient voor de driehoeksmosselen. In twee enclosures van deze rij werden bakken met kokkelschelpen geplaatst, als eventueel substraat voor de mosselen (Tabel 22). Eind 2004 bleken de fonteinkruiden in de enclosures zich niet te hebben gevestigd (en te zijn los- en kapotgeslagen en verdwenen). Daarom werden eind juli 2005 opnieuw fonteinkruid in verschillende dichtheden geplaatst, maar nu verankerd in rekjes, verzwaard met een baksteen om in contact te komen met de bodem. Al na enkele maanden waren de planten geheel of grotendeels verdwenen, maar in september 2006 was er uitbundige groei van planten die nu wortelden in de bodem van de enclosures.



Figuur 8-1: Met palenrij afgeschutte inham aan de zuidoostelijke oever en ligging van de enclosures. 931 is een locatie voor fysisch-chemisch en macrofaunaonderzoek.

**Tabel 22: Behandelingen en resultaten van de enclosure-experimenten. De getallen zijn bedekingspercentages van glanzig fonteinkruid. - = geen waarneming, x = enclosure bestaat nog niet, onderstreept = groei buiten rekjes, vj = voorjaar, nj = najaar.**

locatie	rij	behandeling	2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010	
			vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj	vj	nj
1020	W1	1 bak / rekje fonteinkr. (+ 0,5 handje los materiaal)	-	5	-	5	0	<u>40</u>	<u>95</u>	<u>45</u>	<u>95</u>	<u>15</u>	<u>95</u>	<u>40</u>	<u>75</u>	<u>50</u>
	W2	2 kratten / rekjes fonteinkr. (+ 1 handje los materiaal)	-	25	-	25	0	<u>75</u>	<u>90</u>	<u>50</u>	<u>95</u>	<u>15</u>	<u>95</u>	<u>70</u>	<u>80</u>	<u>60</u>
	W3	3 kratten / rekjes fonteinkr. (+ 2 handjes los materiaal)	-	25	-	25	0	<u>50</u>	<u>75</u>	<u>45</u>	<u>95</u>	<u>15</u>	<u>95</u>	<u>70</u>	<u>90</u>	<u>75</u>
	W4	4 kratten / rekjes fonteinkr. (+ 3 handjes los materiaal)	-	53	-	53	1	<u>40</u>	<u>80</u>	<u>45</u>	<u>95</u>	<u>15</u>	<u>95</u>	<u>75</u>	<u>75</u>	<u>75</u>
1021	M1	blanco	-	0	-	0	0	0	-	0	<u>5</u>	<u>31</u>	<u>20</u>	<u>30</u>	<u>50</u>	
	M2	blanco	-	0	-	0	0	0	-	0	<u>5</u>	<u>40</u>	<u>75</u>	<u>30</u>	<u>60</u>	
	M3	3 kratten lege kokkelschelpen	-	0	-	0	0	0	-	0	-	<u>35</u>	<u>80</u>	<u>70</u>	<u>75</u>	
	M4	4 kratten lege kokkelschelpen	-	0	-	0	0	0	-	0	<u>5</u>	<u>15</u>	<u>80</u>	<u>40</u>	<u>75</u>	
1115		geen	x	x	x	x	x	x	<u>5</u>	<u>40</u>	<u>75</u>	<u>25</u>	<u>90</u>	<u>80</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
1278		vogelwerende draden, visdoorlatend gaas rondom	x	x	x	x	x	x	x	<u>5</u>	<u>25</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>15</u>	<u>10</u>	

Omdat niet duidelijk was waarom de planten zich niet buiten de enclosures vestigde is in 2006 de tussenruimte tussen westelijke en middelste rij enclosure afgesloten voor vis (enclosure 1115). In 2007 bleek het glanzig fonteinkruid zich in de tussenruimte wel goed ontwikkelde, maar dat buiten de enclosures nog steeds geen groei was waar te nemen. In deze laatste rij vestigde het fonteinkruid zich pas in het najaar van 2008, dus ongeveer twee jaar nadat in de enclosures van de westelijke rij uitbundige groei en bloei optrad. Waarschijnlijk was vestiging hier pas mogelijk nadat de ruimte tussen de westelijke en middelste rij was afgesloten van de rest van de plas.

Omdat bekend is dat vraat van watervogels de groei van waterplanten, waaronder glanzig fonteinkruid, sterk kan onderdrukken (Lauridsen e.a. 2003, Van de Haterd & Ter Heerd 2007), werd begin 2008 een enclosure (1278) met vogelwerende draden geïnstalleerd, waarbij het gaas aan de zijkant tot ca 2 dm beneden het gemiddeld boezempeil reikt, zodat de vissen ongehinderd de enclosure kunnen bereiken. Hier vestigde glanzig fonteinkruid zich al na enkele maanden, om in 2009 al de helft van de oppervlakte te bedekken. Buiten de enclosures ontwikkelt glanzig fonteinkruid zich nog steeds niet of nauwelijks (Figuur 8-2)

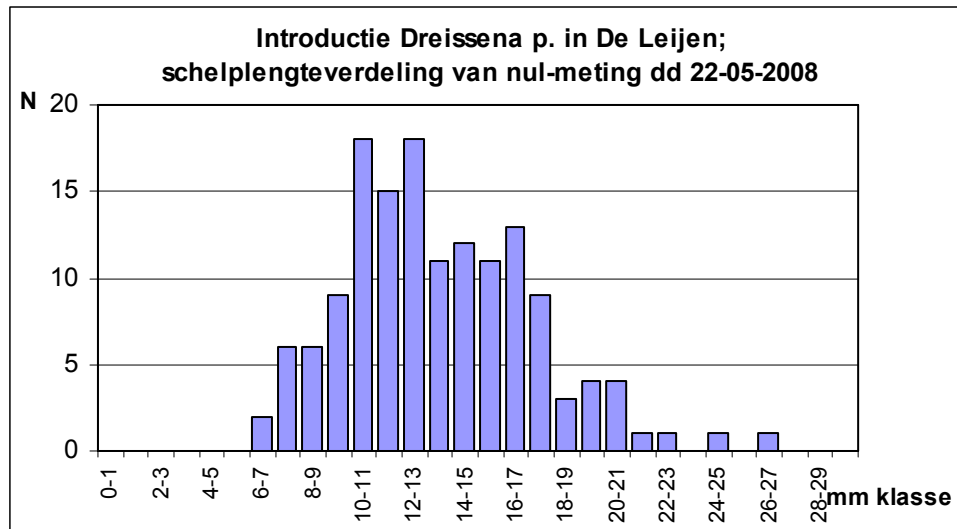
De conclusies zijn dat de groei van glanzig fonteinkruid na de enting in de enclosures slechts na verloop van enkele jaren goed op gang kwam en vooral door de invloed van watervogels werd geremd, meer dan door vis. Er is geen effect van de verschillende dichtheden bij het uitzetten. Het ontbreken van groei buiten de enclosures wijst er waarschijnlijk op dat in de huidige situatie wind en golfslag nog een remmende werking hebben op een goede ontwikkeling van glanzig fonteinkruid.



Figuur 8-2: Enclosures met bloeiend glanzig fonteinkruid juli 2010 (foto: H. van Dam).

### 8.1.2 Driehoeksmosselen

In een deel van de bovengenoemde enclosures zijn ook driehoeksmosselen uitgezet. Deze driehoeksmosselen hebben zich niet goed ontwikkeld en zijn nagenoeg allemaal verdwenen uit de enclosures. De monitoring van de driehoeksmosselen in de enclosures is in 2008 stopgezet. Uit de experimenten bleek wel dat zich hechten aan de gebruikte entmandjes, uit het enclosure vak west. Dit gaf aan dat de waterkwaliteit geen rol speelt in de ontwikkeling, maar dat mogelijk het substraat de beperkende factor is voor vestiging. Om dit te onderzoeken zijn de driehoeksmosselen op groter substraat geënt, de stortstenen van de nieuw aangelegde eilandjes in de Leijen. De driehoeksmosselen zijn hierbij zowel in een 'open' zak als 'los' op de stenen aangebracht (april/mei 2008). Bij het uitzetten is een lengtefrequentie verdeling van de mosselen gemaakt (Figuur 8-3) en het % levende t.o.v. dode dieren vastgesteld. Gemiddeld was bij het uitzetten 78% van de dieren in leven.



Figuur 8-3: Lengte frequentie verdeling van driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) bij uitzetten in 2008 in de Leijen.

Op 11 september 2008 is gekeken of mosselen zich gevestigd hebben in de buurt van de eilandjes. Bij alle eilandjes werden mosselen aan de onderkant van de stenen gevonden. Vanaf een diepte van ca 10 cm onder de waterspiegel werden vooral kleinere mosselen gevonden. De grotere exemplaren lagen vaak wat dieper (60 cm). Bij één eilandje (nr. 3) werden ook enkele mosselen op een zandige ondergrond gevonden, en bij eiland (nr. 4) hadden enkele mosselen zich vastgezet op een oude rietstengel (Figuur 8-4).



Figuur 8-4: Vestiging van uitgezette mosselen aan stortsteen en rietstengel september 2006 (foto's: Wetterskip Fryslân).

### 8.1.3 Samenvatting

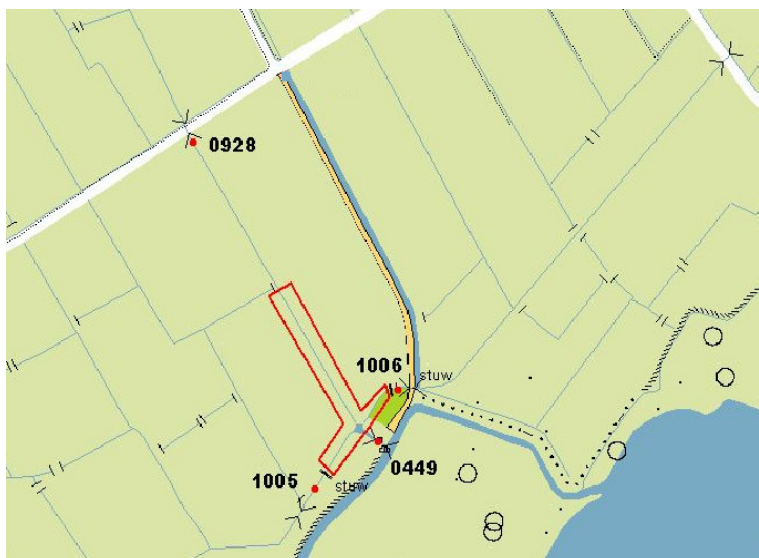
In de afgeschutte baai werden in 2004 enclosures geplaatst, waarin het water was afgeschermd van volwassen vissen of vogels. In een deel van de enclosures werden planten van glanzig fonteinkruid of driehoeksmosselen uitgezet. In het voorjaar van 2008 zijn opnieuw driehoeksmosselen rond de eilandjes uitgezet. Pas na verloop van enkele jaren kwam de groei van drijvend fonteinkruid goed op gang. De groei werd meer door watervogels dan door vis werd geremd. In de huidige situatie hebben wind, golfslag en vogelvraat een remmende werking op een goede ontwikkeling van glanzig fonteinkruid in het open water. Van de driehoeksmosselen in de enclosures is niets teruggevonden. In het najaar van 2008 zijn rond de eilandjes driehoeksmosselen aangetroffen op stortstenen, een rietstengel en op de zandbodem. Blijkbaar kunnen driehoeksmosselen zich wel vestigen op substraten in de Leijen. Mogelijk waren de omstandigheden in de enclosures te luw, waardoor de mosselen bedolven raakten onder slib of zuurstof tekort kregen en dood gingen. Het is onduidelijk of de mosselen de winters overleven omdat na september 2006 geen metingen meer zijn uitgevoerd.

## 8.2 Sloten en retentiebekken in Polder De Putten

### 8.2.1 Locatie

Om de belasting van de Leijen met nutriënten en zwevende stof te verminderen is in Polder De Putten ten noorden van het gelijknamige gemaal een zuiveringsmoeras aangelegd (Figuur 8-5 en Figuur 8-6). Van januari tot april 2004 zijn graafwerkzaamheden uitgevoerd, waarbij voor het gemaal (locatie 449) de sloot voor de helft van de lengte is verbreed en verdiept. Hierbij zijn brede plasbermen ontstaan, die zijn ingeplant met riet. De noordelijke helft van deze sloot is gelijk gebleven (locatie 928). In oostelijke en westelijke richting zijn twee sloten verbreed en hier zijn stuwen verplaatst.

De macrofytenopnamen van locatie 928 (noord) beslaan het traject vanaf de verbreding van de sloot tot de openbare weg (Mienskerwei) aan de noordzijde. Het opnametraject van locatie 449 (zuid) loopt, vanaf de verbreding tot aan het gemaal. De zijsloten richting de stuwen vallen hier buiten. Westelijk van de westelijke stuw ligt bemonsteringslocatie 1005 (west) en oostelijk van de oostelijke stuw locatie 1006 (oost). De opnamen werden van 2004 tot en met 2009 jaarlijks in de periode van eind juni tot medio juli gemaakt (de locaties 1005 en 1006 niet in 2007 en 2008).



Figuur 8-5: Situering meetpunten biologie Polder De Putten.



Figuur 8-6: Het zuiveringsmoeras in Polder De Putten (locatie 449) in juli 2010 (foto: H. van Dam).

## 8.2.2 Resultaten

### 8.2.2.1 *Chemie (grafieknummering in paragrafen na deze nog aanpassen)*

In Figuur 8-7 tot en met Figuur 8-9 is het concentratieverloop van totaal-stikstof, totaal-fosfaat en chloride weergegeven op de meetpunten 449, 928 en 1005 in polder de Putten en meetpunt 45 midden in de Leijen van 2004 tot en met 2009 weergegeven. Een vergelijking van de gemeten concentraties van totaal-N en totaal-P op meetpunten 928 en 1005 met die op meetpunt 449 geeft een indicatie van het verwijderingsrendement van het zuiveringsmoeras. Een vergelijking van de concentratie van chloride, totaal-N en totaal-P op meetpunt 449 (en bij gering verschil ook op de twee andere meetpunten in de polder) met die op meetpunt 45 in de Leijen geeft een indicatie van de bijdrage van polder de Putten in de water- en nutriëntenbelasting van de Leijen.

De concentraties van totaal-N op meetpunt 449 ligt tussen de concentraties van totaal-N op meetpunt 928 en 1005 in. Daarbij zijn de concentraties op meetpunt 928 weliswaar het hoogst maar de verschillen met meetpunt 449 zijn klein. De verschillen tussen de drie meetpunten zijn het duidelijkst in de perioden waarin de concentratie van totaal-N op deze meetpunten het hoogst is. Dit is overwegend vanaf het begin van het najaar t/m de winter. In perioden met lage concentraties van totaal-N, hoofdzakelijk voorjaar en zomer, zijn de verschillen tussen de drie meetpunten zeer gering. Het jaarlijkse concentratieverloop van totaal-N gedurende de periode 2004-2009 is vergelijkbaar voor de drie meetpunten in polder de Putten. Het jaarlijkse verloop op de drie meetpunten wijkt in de meeste jaren duidelijk af van meetpunt 45 in de Leijen, vooral voor 2009. Op de drie meetpunten in polder de Putten neemt de concentratie van totaal-N halverwege het jaar sterk toe. Op meetpunt 45 gebeurt dat later in het jaar. Op de drie meetpunten in polder de Putten daalt de concentratie ook weer eerder.

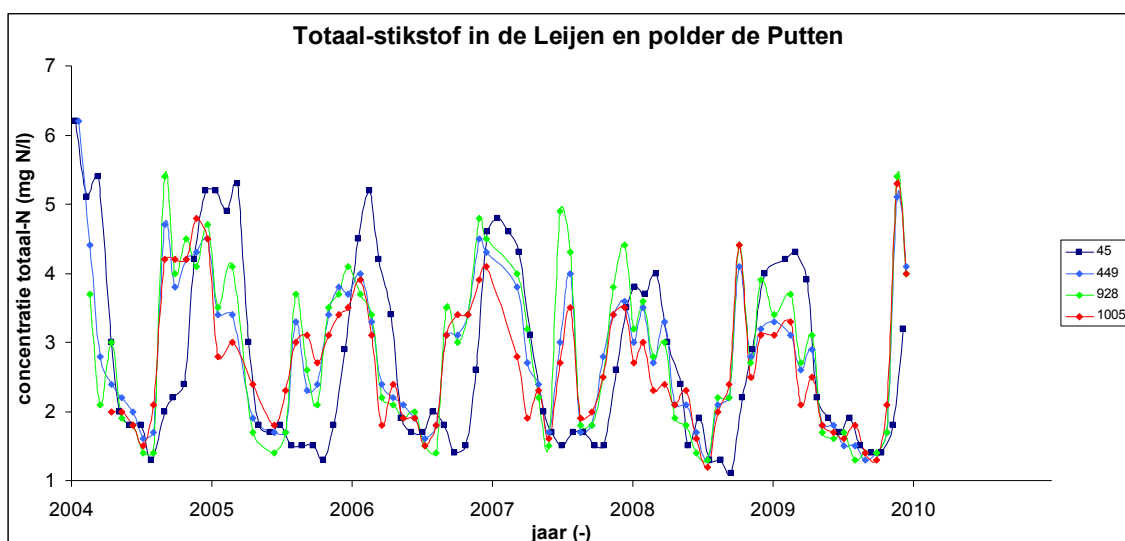
Wat betreft het verloop van totaal-P zijn er geen duidelijke verschillen tussen de drie meetpunten in de polder de Putten onderling en met het punt in de Leijen (Figuur 8-8). Soms is enig verschil te zien in de piekconcentraties, zoals in 2004 op meetpunt 1005 en in 2006 op meetpunt 928. De gemiddelde waarden van de totaal-P concentratie: 449; 0,18 mg P/l; 928; 0,19 mg P/l en 1005; 0,19 mg P/l geeft aan dat de concentratie van totaal-fosfaat op meetpunt 449 gemiddeld iets lager ligt. Tot 2007 zijn er enkele perioden waarin de concentratie en het verloop ervan op de drie meetpunten in de polder afwijken met die op meetpunt 45. Vanaf 2007 is dit niet meer het geval. De gemiddelde totaal-P concentratie van het meer op meetpunt 45 (0,15 mg P/l) ligt lager dan die op meetpunt 449.

Figuur 8-9 laat zien dat de drie meetpunten in de polder onderling verschillen wat betreft de chlorideconcentratie. De chlorideconcentratie op meetpunt 928 is overwegend het hoogst en die op

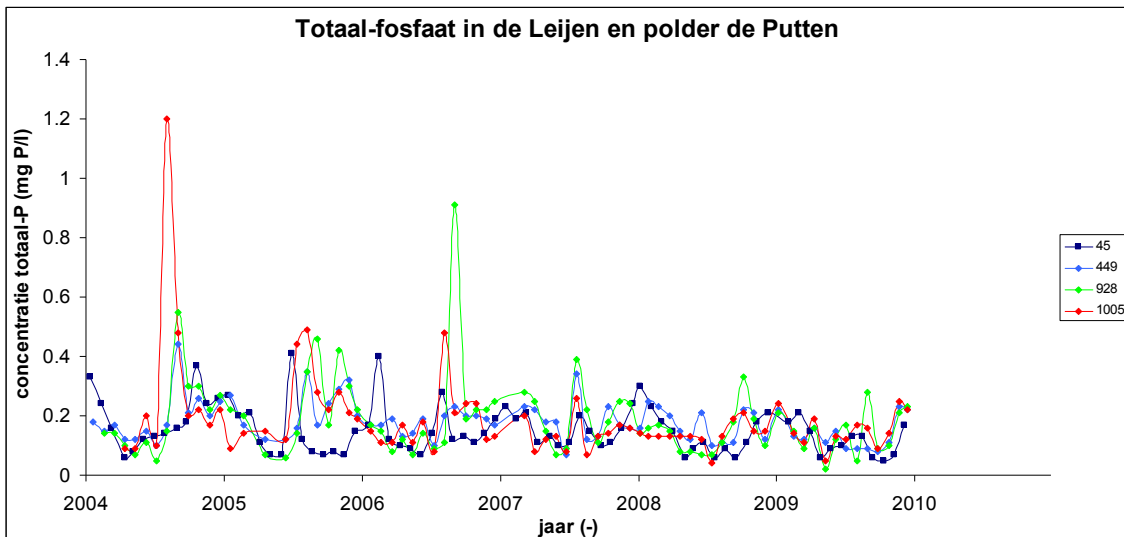
meetpunt 1005 het laagst. Daarmee is er een vergelijkbare rangschikking als bij totaal-N. Het concentratieverloop van chloride op de drie meetpunten in polder gedurende de beschouwde periode is wel vergelijkbaar. De chlorideconcentratie op meetpunt 45 kent een vergelijkbaar verloop als de chlorideconcentratie op de meetpunten in de polder. De chlorideconcentratie op meetpunten 45 is gedurende enkele perioden enigszins hoger dan de concentratie op de meetpunten in de polder maar is meestal vergelijkbaar.

Het is niet duidelijk in hoeverre het zuiveringsmoeras zorgt voor een verwijdering van nutriënten uit het polderwater. De concentratie van totaal-N op meetpunt 449, dat benedenstrooms van het moeras ligt, is weliswaar lager dan de concentratie op het bovenstrooms gelegen meetpunt 928. Het verschil is echter klein. Daarnaast is de concentratie op meetpunt 449 ook weer hoger dan op meetpunt 1005. Daarbij komt dat het verschil tussen meetpunt 928 en 449 (en meetpunt 1005) alleen duidelijk is in perioden waarin de concentratie van totaal-N juist hoog is. Opvallend genoeg gebeurt dat op de drie meetpunten in de meeste jaren aan het einde van de zomer of najaar. Dit zijn de perioden waarin de concentratie van totaal-N veelal nog laag is als gevolg van denitrificatie, zoals in de Leijen zelf het geval is. Denitrificatie zal in die perioden op de drie meetpunten zeker een rol spelen, waardoor het verschil tussen meetpunt 928 en 449 onder andere te verklaren is door een versterkte denitrificatie in het zuiveringsmoeras, maar de sterke toename geeft aan dat stikstof in de polder wordt aangevoerd of vrijkomt, bijvoorbeeld in organische vorm. Daardoor kan het verschil tussen de concentratie van totaal-N op meetpunt 928 en 449 ook een gevolg van bezinking van stikstofhoudend materiaal in het zuiveringsmoeras. Ook wat totaal-fosfaat betreft lijkt het zuiveringsmoeras effect te hebben, zij het gering. De gemiddelde concentratie van totaal-fosfaat op meetpunt 449 is lager dan op de twee bovenstrooms van het moeras gelegen meetpunten. Vermoedelijk verwijdert het moeras fosfaat door vastlegging van plantenbiomassa en/of bezinking van organisch materiaal.

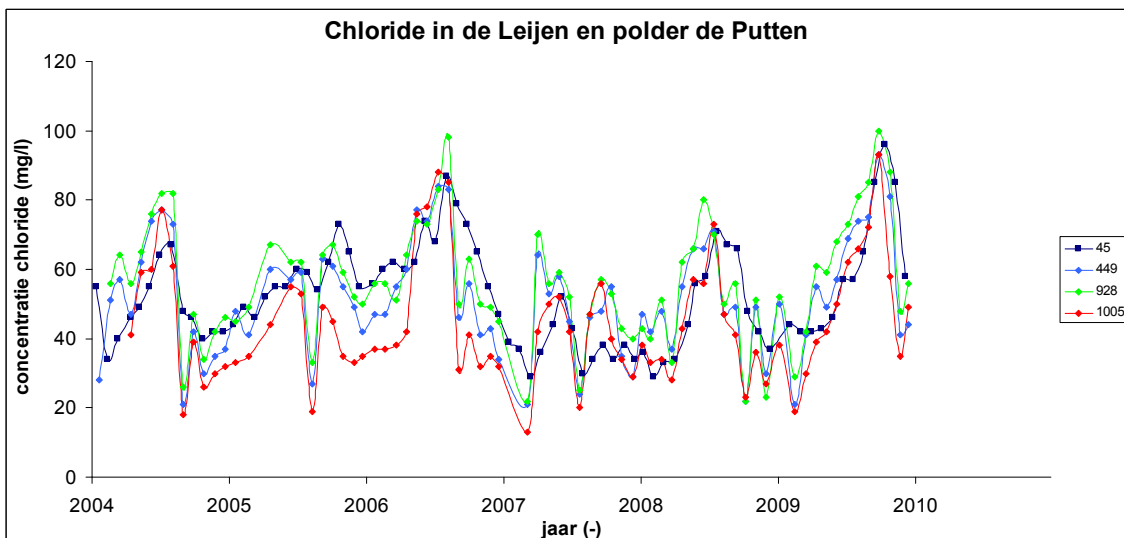
De bijdrage van polder de Putten in de totale water- en nutriëntenbalans van de Leijen is op basis van de gepresenteerde gegevens moeilijk te bepalen. De chlorideconcentratie op de meetpunten in de polder en in de Leijen zijn vergelijkbaar. Daarmee lijkt het erop dat de aanvoer van gebiedsvreemd water naar de Leijen in de beschouwde periode gering is en dat de Leijen voornamelijk gevoed wordt door neerslag die in de verschillende, afwaterende polders is gevangen. De bijdrage daarin van polder de Putten is niet te onderscheiden. De chlorideconcentratie op de meetpunten in de polder de Putten is vergelijkbaar met die op meetpunt 45 in de Leijen. Dit zou kunnen betekenen dat vrijwel al het water in de Leijen vanuit polder de Putten afkomstig is. Dan zou het verloop van totaal-N op meetpunt 45 echter een grotere overeenkomst moeten vertonen met die op de meetpunten in polder de Putten. Omdat het verloop van totaal-N in de polder en in de Leijen behoorlijk afwijkt lijkt het erop dat de bijdrage van polder de Putten in de totale stikstofbelasting gering is. Voor fosfaat is dit mogelijk anders. De concentratie van totaal-P op meetpunt 449 is overwegend hoger dan op meetpunt 45 in de Leijen. Daarmee lijkt de bijdrage van polder de Putten in de fosfaatbelasting wel van betekenis.



Figuur 8-7: Totaal-stikstof op meetpunt 45 in de Leijen en op meetpunten 449, 928 en 1005 in polder de Putten.



Figuur 8-8: Totaal-fosfaat op meetpunt 45 in de Leijen en op meetpunten 449, 928 en 1005 in polder de Putten.



Figuur 8-9: Chloride op meetpunt 45 in de Leijen en op meetpunten 449, 928 en 1005 in polder de Putten.

### 8.2.2.2 Macrofyten

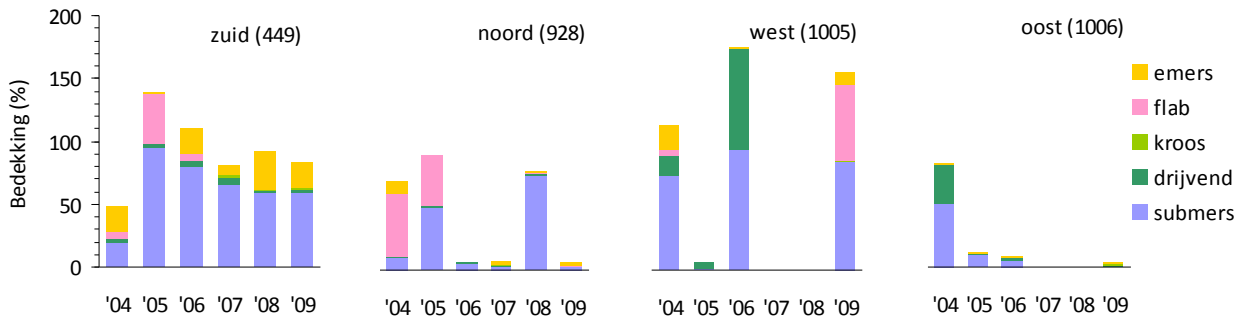
#### Bedekking en aantal soorten per groeivorm (laag)

In 2004, vlak na het voltooiën van de graafwerkzaamheden, is de bedekking van de vegetatie op locatie zuid nog gering, zoals blijkt uit Bijlage 5 en Figuur 8-10. In 2006 is de bedekking hier hoog: de ondergedoken (submerse) waterplanten bedekken 95% van het open water en de draadwieren 40%. In de volgende jaren zijn de draadwieren hier vrijwel verdwenen, maar de bedekking van de ondergedoken planten blijft met waarden rond 60% hoog. Op de andere drie locaties is de situatie minder stabiel: de bedekkingen van de verschillende groeivormen fluctueren hier sterk van jaar tot jaar. Opvallend is de sterke ontwikkeling van drijvende waterplanten, vooral kikkerbeet, op locatie west in 2006.

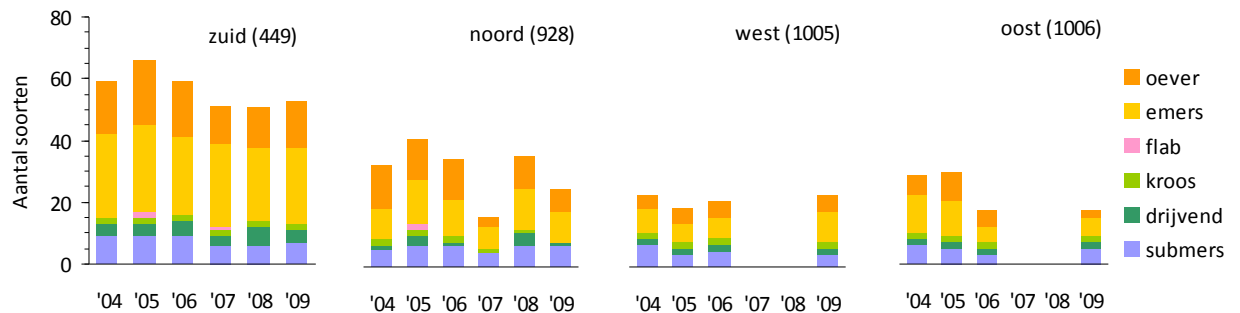
In totaal zijn in en om het zuiveringsmoeras (locatie zuid) en de drie sloten 104 soorten hogere planten, levermossen en draadwieren aangetroffen. Daarvan komen er 91 op locatie zuid voor, 64 op locatie noord (de verbrede sloot) en 43-44 in de beide smalle sloten (Bijlage 5). Het aantal soorten per laag en per jaar fluctueert minder dan de bedekkingspercentages. De meeste soorten zijn boven het water uitgroeiende (emerse) waterplanten en oeverplanten, zoals riet en pitrus (Figuur 8-11, Bijlage 5).

**Soortensamenstelling 'echte waterplanten'**

In Tabel 23 zijn de meest algemene soorten 'echte waterplanten' (submers, drijvend, kroos) vermeld, samen met hun optima voor totaal-fosfaat en minerale stikstof (nitraat- en ammonium-stikstof). Het merendeel van de aangetroffen soorten is kenmerkend voor (zeer) voedselrijke wateren. De meest voorkomende soorten, vooral op de locaties zuid en noord en in mindere mate in de twee zijsloten, zijn glanzig fonteinkruid, puntkroos, grof hoornblad en kikkerbeet. Smalle waterpest, een soort die goed bestand is tegen schonen van sloten (Pot 2003), komt ook veel voor, vooral in 2004-'07. Haarfonteinkruid is ook heel goed bestand tegen schonen en komt hier vooral in 2004 en 2006 voor.



Figuur 8-10: Bedekkingspercentages van vegetatielagen (groevormen) per jaar per locatie in De Putten.



Figuur 8-11: Aantal soorten planten per groevorm per jaar per locatie in De Putten.



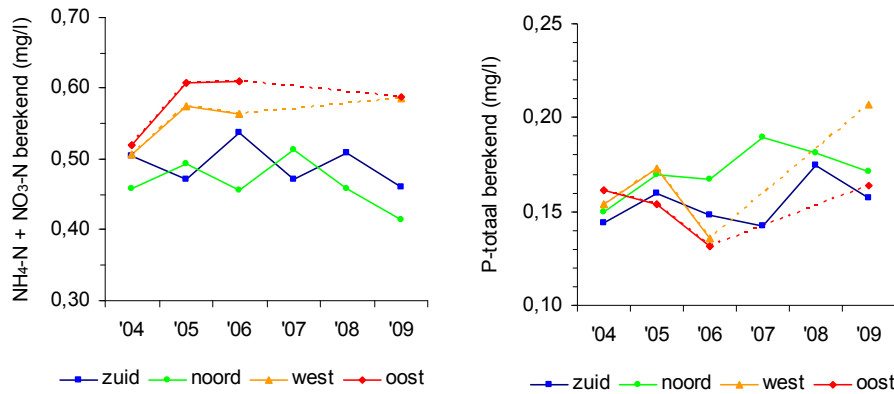
**Tabel 23: Tansley-scores van de belangrijkste soorten 'echte waterplanten' en abundantie-gewogen gemiddelde indicatiewaarden voor minerale stikstof ( $NH_4-N + NO_3-N$ ) en totaal-fosfaat in de opnamen van De Putten, per groeivorm gerangschikt naar toenemend optimum voor minerale stikstof.**

Groeivorm Soort	Locatie Jaar	zuid (449)					noord (928)					west (1005)				oost (1006)				Optima (mg/l)*			
		04	05	06	07	08	09	04	05	06	07	08	09	04	05	06	09	04	05	06	09	N- min.	P-tot.
<i>Ondergedok en waterplanten</i>																							
Stijve waterranonkel			2	2		2	2			2		2						3	2			0,11	0,19
Glanzig fonteinkruid		4	4	4	5	4	6	4	4	4	2	8	3									0,25	0,11
Puntkroos		3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	4	1	2						0,29	0,22
Aarvederkruid																		2		2		0,31	0,28
Gewoon watervorkje		1																				0,38	0,07
Sterrenkroos		3	1		1		1		2	2		1	2					3	2	3		0,39	0,15
Haarfonteinkruid		6		6	2			4		1			2	6		2			1	2		0,45	0,07
Tenger fonteinkruid		6	5	2			5								2		8	5	1			0,49	0,19
Brede waterpest														4		8						0,55	0,06
Schedefonteinkruid			2	2		6			1	1	1	8	2					3		1		0,56	0,27
Grof hoornblad		2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	8					0,56	0,31
Smalle waterpest		4	9	6	6	3	2	5	6	3	2	2	1	6	1	8	4	5	3	3	1	0,62	0,15
Gekroesd fonteinkruid		2																		1		0,80	0,13
<i>Drijvende waterplanten</i>																							
Kikkerbeet		3	4	3	3	2	2		2	2		1	2	4	3	5	2	4	2	2	2	0,31	0,13
Veenwortel			1	1		1		1	1			1										0,34	0,13
Gele plomp		1	1	2	1	1	1															0,53	0,09
Witte waterfelle					1	1	1															0,62	0,04
Drijvend fonteinkruid		1	2	1		1	2					1										0,99	0,06
Mannagras		2				2			2		1			2	2	2	3	4	4	3	3	1,09	0,09
<i>Kroos</i>																							
Veelwortelig kroos		2	2	2	2	2	3	2	2	2				5	3	3	2	2	2	2	2	0,45	0,20
Klein kroos		2	4	4	4	2	3	2	3	3	3	2		4	4	7	2	2	3	2	2	0,71	0,14
<i>Gewogen gemiddelden</i>																							
Minerale N (berekend)		,51	,47	,54	,47	,51	,46	,46	,49	,46	,51	,46	,41	,51	,57	,56	,59	,52	,61	,61	,59	0,52	
P-totaal (berekend)		,14	,16	,15	,14	,17	,16	,15	,17	,17	,19	,18	,17	,15	,17	,14	,21	,16	,15	,13	,16		0,16

\*uit De Lyon & Roelofs(1986)

### Ecologische indicatiewaarden

De naar abundantie gewogen gemiddelde voor de ecologische indicaties voor stikstof en fosfaat zijn in de voet van Tabel 23 vermeld en ook uitgezet in Figuur 8-12. Voor minerale stikstof liggen de berekende concentraties op de locaties zuid en noord duidelijk lager dan in de beide zijsloten (oost en west). Voor fosfaat zijn de berekende concentraties met een gemiddelde van 0,15 mg/l op de zuidelijke locaties significant ( $p = 0,04$ , t-toets voor gepaarde waarnemingen) lager dan op de noordelijke locatie (gemiddeld 0,17 mg/l). De berekende concentraties van totaal-fosfaat liggen in de zijsloten (oost en west) op een zelfde niveau als in het moeras (zuid). Het is heel goed voorstelbaar dat er in het zuiveringsmoeras door denitrificatie een aanzienlijke verwijdering van stikstofverbindingen plaatsvindt. De waterplanten zullen fosfaat opnemen dat via de noordelijke sloot uit de polder wordt aangevoerd, maar de zijsloten zullen minder fosfaat bevatten, door toevoer van fosfaatbindende (ijzerrijke) kwel uit de naastgelegen hogere boezem.



Figuur 8-12: Uit macrofyten berekende waarden van totaal fosfaat en minerale stikstof per locatie per jaar in De Putten.

**Emerse waterplanten en oeverplanten**

De meest voorkomende emerse waterplanten zijn riet, kleine watereppe, liesgras, moerasvergeet-mij-nietje en rietgras. Op de oever zijn pitrus, moerasandoorn, moeraswalstro, kattenstaart en moerasrolklaver het meest algemeen. Het zijn planten van voedselrijke omgeving. De kleine watereppe indiceert een hoog gehalte aan organische stof in de bodem (Pot 2003).

**Minder algemene soorten**

In Bijlage 6 zijn soorten van minder voedselrijke korte, gesloten vegetaties of pioniersituaties, vaak met wisselende waterstand en van niet vervuilde zoete wateren gemarkeerd. Ze zijn apart vermeld in Tabel 24. Ze komen vooral voor in het moeras van locatie zuid, waar de flauw hellende kale oevers een geschikt milieu vormen voor de ontkieming van de pioniersoorten. Ze bereiken een maximum van negen soorten in 2005 en nemen in aantal af zodra de vegetatie meer gesloten wordt. Belangwekkend is het verschijnen van de grote boterbloem op locatie zuid in 2009. Het is een soort van hoog opschietende begroeiingen in niet vervuild ondiep water op modderige bodem. De soort is kwetsbaar voor verdroging (Weeda e.a. 1985, Pot 2003). De waternolier, die alleen op locatie oost voorkomt is een notoire kwelindicator van locaties waar ook venige bodemlagen voorkomen (Pot 2003). Van die situatie is hier ook sprake.

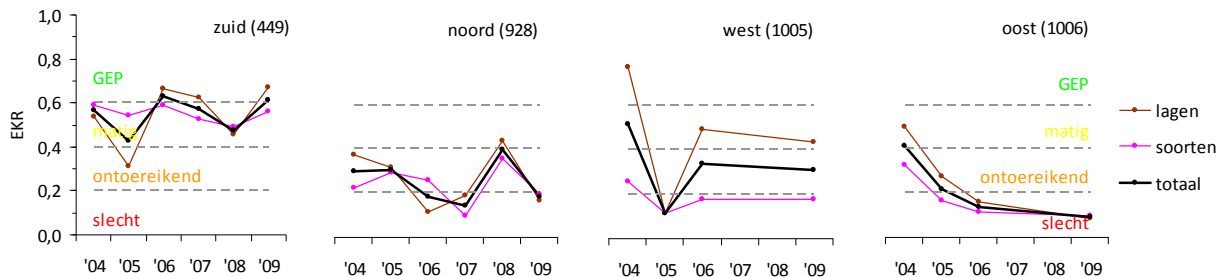
**Tabel 24: Tansleyscores van soorten van minder voedselrijke korte, gesloten vegetaties of pioniersituaties, vaak met wisselende waterstand en soorten van niet vervuilde zoete wateren in de opnamen van De Putten.**

Soort	Locatie Jaar	zuid (449)					noord (928)					west (1005)				oost (1006)							
		'04	'05	'06	'07	'08	'09	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'04	'05	'06	'08	'04	'05	'06	'08		
Dotterbloem		3																					
Moerasdroogbloem		2	1	1																			
Geelgroene zegge			1																				
Spits fonteinkruid			2																				
Egelboterbloem			2		1																		
Knolrus				2																			
Schildereprijs				1																			
Snavelzegge					1	2	2																
Grote boterbloem							1																
Melkeppe			1	1	1					1													
Tweerjige zegge				2		1	1			1													
Watermavel			2							1													
Greppelrus		5	3	2						1					1						3		
Zomprus		3	3	2			2	2		1		2			1								
Zeegroene muur		3																			2		
Biezeknoppen			3		2	2				1		1				1					2	2	
Waternolier																					1	2	1
Aantal soorten		5	9	7	4	3	4	1	3	3	0	2	0	0	2	1	0	3	2	1	0		

### Ecologische kwaliteit

De uitkomsten van de berekeningen voor de water- en oeverplanten van Type 1a (gebufferde sloten op minerale bodem) per locatie per jaar zijn vermeld in Bijlage 6 en samengevat in Figuur 8-13. Voor het type laagveensloten (M8) liggen de scores meestal ongeveer 0,1 punt lager, wat resulteert in een halve klasse slechtere kwaliteit.

De resultaten van de deelmaatlaten groeivormen (lagen) en soortensamenstelling liggen meestal dicht bij elkaar, behalve op locatie west, waar de soortensamenstelling meestal veel lager scoort dan de groeivormen. In de noordelijke, westelijke en vooral de oostelijke takken ligt de EKR duidelijk veel lager. In de noordelijke sloot is de EKR significant ( $p < 0,01$ , t-toets) lager dan in het moeras (zuid). Ook in de beide andere sloten is de EKR significant ( $p < 0,05$ ) lager dan in het moeras. De conclusie is dus dat er in het moeras een significante kwaliteitsverbetering plaatsvindt. In het moeras ligt de kwaliteit om en nabij het goed ecologisch potentieel. Op de locaties zuid en noord is er geen trend in de kwaliteit. Op de oostelijke locatie lijkt de kwaliteit sterk te zijn afgenomen sinds 2004, op de westelijke locatie is er mogelijk ook een afname.



Figuur 8-13: EKR voor de macrofyten per jaar per locatie in De Putten.

#### 8.2.2.3 Macrofauna

Voor de Putten zijn macrofaunagegevens verzameld in 2004, 2005 en 2009.

In polder de Putten ligt locatie 449 vlak na het zuiveringsmoeras. De andere locaties (928, 1005 en 1006) liggen ervoor. De vraag is, of op basis van de macrofauna-gemeenschap te zien is of het zuiveringsmoeras een positief effect heeft op de waterkwaliteit. Aan de EKR is een dergelijk positief effect niet af te lezen; deze is op alle locaties 'ontoereikend' of zelfs 'slecht', ook op locatie 449. Naast de EKR is op basis van soortensamenstelling en dichtheid een expert-judgment blik op de gegevens geworpen.

Op alle drie locaties is een macrofaunamonster genomen in 2004, 2005 en 2009. Het gemiddeld aantal soorten ligt tussen de 50 en 60 per monster(-locatie), waarbij er gemiddeld eigenlijk geen verschil is tussen de locaties. Een dergelijk soortenaantal is in middelmatige poldersloten heel normaal. Het gemiddeld aantal soorten is op locatie 449 te vergelijken met het gemiddelde op de andere locaties. Locatie 449 onderscheidt zich hier dus niet positief van de andere; dan zou het soortenaantal immers duidelijk hoger moeten zijn.

Het aantal individuen is op locatie 1005 zo'n 1500 ind., wat tweemaal zoveel is als de overige locaties. Dit hoge aantal op locatie 1005 wordt verklaard door een incidenteel zeer hoog aantal van het wormpje *Stylaria lacustris*, een algemene vegetatiebewoner, die overigens niet als 'slechte soort' moet worden beschouwd. Het aantal individuen is dus ook niet bijzonder verschillend.

Wanneer gekeken wordt naar de verhouding van de verschillende diergroepen valt op, dat er in de meeste monsters veel tubificiden worden aangetroffen. Dat zijn de slib-bewonende borstelwormen, die als negatieve indicator kunnen worden beschouwd. Gemiddeld bestaat het aandeel van deze wormen op locatie 449 uit bijna een derde van de totaal aanwezige macrofauna. Dat is veel, en ook ruim meer dan gemiddeld op 928 en 1006 wordt aangetroffen. Op locatie 449 zijn verder de aantallen watermijten en kokerjuffers, soortengroepen die potentieel veel 'goede soorten' kunnen opleveren, erg laag, zelfs wat lager dan de overige locaties. Ook op basis van verhouding van verschillende diergroepen weet locatie 449 zich dus niet positief te onderscheiden.

Bijzondere of typerende soorten voor heldere, vegetatierijke wateren zijn op locatie 449 ook niet of nauwelijks aan te wijzen. Wat dit aspect betreft hebben elk van de drie andere locaties eerder

meer te bieden dan locatie 449. Zo wordt op locatie 1005 een vondst van de kokerjuffer *Tricholeiochiton fagesi* gemeld, een vrij zeldzame soort die typisch is voor laagveenmoerassen en slootjes in laagveengebied van goede kwaliteit (helder, vegetatierijk, niet overmatig belast). Al met al kan ook op basis van expert judgment locatie 449 niet als beter worden gekarakteriseerd dan de overige, en zijn zelfs juist op de overige locaties wat meer waardevolle soorten dan op locatie 449.

De Putten monster monsterdatum	M1a 449 1-jun-04	M1a 449 20-apr-05	M1a 449 27-apr-09	M1a 928 1-jun-04	M1a 928 20-apr-05	M1a 928 27-apr-09	M1a 1005 9-jun-04	M1a 1005 20-apr-05	M1a 1005 27-apr-09	M1a 1006 9-jun-04	M1a 1006 20-apr-05	M1a 1006 27-apr-09
Macrofauna egr	0,172	0,16	0,293	0,366	0,182	0,294	0,394	0,102	0,292	0,287	0,212	0,212
Beoordeling klasse	1	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2
aantal individuen	421	1328	324	609	143	881	3032	598	1095	1153	423	572
aantal soorten	51	54	45	67	33	68	90	34	56	66	47	53
Beoordeling maatlat natuurlijke wateren	slecht	slecht	ontoe-reikend	ontoe-reikend	slecht	ontoe-reikend	ontoe-reikend	slecht	ontoe-reikend	ontoe-reikend	ontoe-reikend	ontoe-reikend
volgens schaling maatlat Friese meren	ontoe-reikend	slecht	ontoe-reikend	matig	ontoe-reikend	ontoe-reikend	matig	slecht	ontoe-reikend	ontoe-reikend	ontoe-reikend	ontoe-reikend
verschil met doelstelling macrofauna 2015 = 0,4	-0,23	-0,24	-0,11	-0,03	-0,22	-0,11	-0,01	-0,30	-0,11	-0,11	-0,19	-0,19

### 8.2.3 Samenvatting

In 2004 is in Polder De Putten een zuiveringsmoeras ingericht. Een lang (zuidelijk) stuk sloot, vlak voor het uitwateringsgemaal van de polder, werd verdiept tot zuiveringsmoeras en een erop aansluitend noordelijk stuk bleef onveranderd. Aan de oost- en westzijde werden twee aansluitende sloten verbreed. Het zuiveringsmoeras zorgt voor een verwijdering van stikstof, zij het gering. Versterkte denitrificatie in het moeras zorgt deels voor een verlaging van de hoeveelheid stikstof in het polderwater. In de zomer en najaar, wanneer denitrificatie in ondiepe wateren een belangrijk proces is, neemt de concentratie van totaal-stikstof op alle meetpunten in de polder toe. Daarmee lijkt het erop dat stikstof in die periode vrijkomt of wordt aangevoerd, mogelijk in organisch gebonden vorm. Daardoor kan ook vastlegging (bezinking) van organisch gebonden stikstof in het moeras een rol spelen. Het zuiveringsmoeras zorgt eveneens voor een lichte afname van totaal-fosfaat in het polderwater, vermoedelijk via vastlegging in plantenbiomassa of bezinking van organisch materiaal. De bijdrage van polder de Putten in de afname van de stikstofbelasting van de Leijen lijkt gering, echter de verlaging van de fosfaatbelasting lijkt wel van enige betekenis.

Vanaf 2004 tot en met 2009 werden jaarlijks vegetatieopnamen gemaakt, maar in de zijsloten niet in 2007 en 2008. Al spoedig ontwikkelde zich een betrekkelijk soortenrijke vegetatie in het zuiveringsmoeras, met een goede ontwikkeling van ondergedoken waterplanten, zoals glanzig fonteinkruid en puntkroos. Smalle waterpest (een schoningsresistente soort) ontwikkelde zich aanvankelijk goed, maar werd later minder abundant. In de toevoersloten was de begroeiing minder weelderig. De ecologische indicatiegetallen van de waterplanten wijzen erop dat in het moeras een daling van de minerale stikstofconcentraties plaatsvindt, wat op denitrificatie zou duiden. Ook lijkt hier fosfaatverwijdering op te treden. Vooral in de eerste twee jaar was er langs de oever een sterke ontwikkeling van soorten van minder voedselrijke omgeving of van pioniersituaties, zoals moerasdroogbloem, geelgroene zegge en greppelrus, maar al spoedig namen deze in aantal af. In plaats daarvan werd in 2009 de grote boterbloem gesignaleerd, die kenmerkend is voor hoogopgaande begroeiing in niet vervuild ondiep water. De ecologische kwaliteit (EKR) is licht in het zuiveringsmoeras rond het goed ecologisch potentieel (EKR  $\approx$  0,6) en is daarmee aanzienlijk beter dan in de toevoersloten, waar de kwaliteit ontoereikend (EKR  $<$  0,4) of zelfs slecht (EKR  $<$  0,2) is.

In de Putten worden tussen de 50 en 60 macrofaunasoorten aangetroffen waaronder verschillende soorten van kleine wateren. De KRW scores van alle punten in polder de Putten zijn laag te noemen (ontoereikend of slecht). Door niet de natuurlijke maar de Friese schaling te gebruiken wordt het beeld niet veel beter. Het punt in het zuiveringsmoeras (449) is eerder slechter dan beter dan de andere 3 punten te noemen. Hiermee wordt overigens geen waarde oordeel gegeven over de natuurwaarde van het moeras en het functioneren ervan, die kunnen prima zijn. In moerassige slibrijke zones worden hoe dan ook niet de hoogste EKR waarden voor macrofauna verwacht, die worden eerder in periodiek geschoonde sloten verwacht met een hogere habitatdiversiteit.

## 9 KRW-beoordeling integraal

In dit hoofdstuk zijn de EKR scores van de verschillende kwaliteitselementen bijeengezet om een integraal oordeel over de afstand tot de KRW doelstelling voor 2015 te kunnen vaststellen. De gegevens zijn getoetst aan de M14 maatlat voor natuurlijke wateren waarna de beoordeling volgens de Friese schaling uitgevoerd is (Tabel 25).

**Tabel 25: Inschatting EKR status van de Leijen en klassnegrenzen volgens Friese schaling.**

M14 de Leijen	Gemeten/ geschat 2004-2006	MEP	GEP	Matig	Ontoereikend	Slecht	Doelstelling 2015
fytoplankton	≥0,20	≥0,67	≥0,50	≥0,33	≥0,17	<0,17	≥0,30
macrofauna	≥0,32	≥0,67	≥0,50	≥0,33	≥0,17	<0,17	≥0,40
waterplanten	≥0,15	≥0,53	≥0,40	≥0,26	≥0,13	<0,13	≥0,35
vissen	≥0,15	≥0,40	≥0,30	≥0,20	≥0,10	<0,10	≥0,25

In Tabel 26 zijn de EKR-scores van de verschillende kwaliteitsparameters vermeldt voor de periode voor, tijdens en na de maatregelen weergegeven de. Van verschillende periodes ontbreken gegevens om concrete berekeningen van de EKR uit te voeren. In die gevallen is gebruik gemaakt van de ingeschatte EKR uit de statusrapportage (AquaSense 2006).

**Tabel 26: EKR scores voor de Leijen van verschillende biologische, chemische en fysische kwaliteitselementen (geschatte waarden zijn onderstreept). EKR-scores voor vis van 2003- 2006 zijn geschat op basis van taartdiagrammen uit monitoringsrapportages.**

aard	tov maatregelen kwaliteitselement	voor tot 2003	tijdens			na				Doelstelling 2015
			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
biologisch	EKR's									
	fytoplankton*	0,10	0,11	0,22	0,27	0,26	0,34	0,23	-	≥0,30
	macrofyten	0,23	0,19	0,19	0,24	0,20	0,15	0,11	-	≥0,35
	macrofauna	-	0,32	0,40	-	-	-	-	-	≥0,40
	vissen	0,06	0,10	0,15	0,15	-	-	0,2	-	≥0,25
fysisch	pH	8,72	8,40	8,70	8,30	8,10	7,90	8,20	-	5,5-8,5
	doorzicht (m)	0,27	0,28	0,31	0,37	0,35	0,39	0,35	-	≥0,9
chemisch	chlorofyl (µg/l)		139,00	91,00	77,00	80,00	62,00	88,00	-	10,8
	chloride (mg/l)	66,08	53,57	56,71	71,86	39,57	56,57	56,43	-	≤200
	totaal fosfaat (P) (mg P/l)	0,48	0,12	0,13	0,13	0,13	0,09	0,10	-	≤0,09
	totaal stikstof (N) (mg N/l)	4,28	2,01	1,83	1,99	1,89	1,79	2,07	-	≤1,3

slecht   ontoereikend   matig   goed

\* scores op basis van deelsmaatlat chlorofyl-a

In de biologische scores is alleen bij vis een verbetering te zien, bij de andere groepen variëren de EKR scores van matig tot slecht. De EKR voor waterplanten neemt zelfs wat af. De EKR-score van macrofauna is wel van ontoereikend naar matig gegaan, maar omdat de eerdere EKR waarden geschat waren, kan dit niet met zekerheid als een positief effect van de maatregelen gezien worden. Op basis van de chemische en fysische EKR-scores is wel degelijk een verbetering van de waterkwaliteit te zien. Bij het chlorofyl is een geleidelijke verbetering van het gehalte te zien. Maar ook de nutriëntengehalten dalen, waarbij fosfaat (P) een duidelijker beeld geeft dan stikstof (N). Totaal P is zelfs nog maar 0,01 van het doelbereik verwijderd. Opvallend is dat het doorzicht in 2009 nog altijd nog slecht is, wat erop duidt dat zwevend stof naast chlorofyl een belangrijke rol speelt bij het doorzicht.



## 10 Integraal beeld van effecten van de maatregelen

In de Leijen zijn in de loop van de jaren '90 verschillende knelpunten geconstateerd die een goede waterkwaliteit in de weg staan, zoals vertroebeling, hoge nutriëntengehalten en een vast waterpeil. Tussen 2003 en 2006 zijn in het kader van het Friese merenproject en het NOLIMP project een aantal herstel- en inrichtingsmaatregelen genomen met als doel de waterkwaliteit te verbeteren. In de onderstaande tabel (Tabel 27) is een kwalitatieve beoordeling van de maatregelen gegeven op een aantal belangrijke systeemprocessen in de Leijen. De meeste maatregelen hebben een positieve invloed op meerdere processen in de Leijen.

**Tabel 27: Kwalitatieve beoordeling van de herstelmaatregelen op systeem processen van in de Leijen (een vermindering is aangegeven met een min teken (-) en geen verandering met een nul (0)).**

	windinvloed	golfinvloed	interne belasting	externe belasting	bioturbatie
aanleg eilanden	-	-	0	0	0
regenwater afkoppeling	0	0	0	-	0
baggeren vaargeulen	-	-	-	0	0
IBA's boerenbedrijven	0	0	0	-	0
RWZI optimaliseren	0	0	0	-	0
palenrij	-	-	-	0	0
zuiveringsmoeras	0	0	0	-	0
reductie brasem	0	0	-	0	-
aantal x afname	3	3	3	4	1

Van alle maatregelen die buiten de Leijen zijn genomen is de optimalisatie van de RWZI Drachten de enige waarvan de effecten in de Leijen te meten zouden kunnen zijn. De andere maatregelen; afkoppelen hemelwater, saneren erfafspoeling en zuiveringsmoeras in Polder de Putten, zijn respectievelijk te ver van het meer gelegen of hebben te weinig effect om een invloed te hebben of de bijdrage aan de water- en stofbalans is te gering, en hebben daardoor een te kleine bijdrage om gezien te worden. Het zijn stuk voor stuk zeer nuttige projecten voor het bij de bron aanpakken van problemen en educatief zijn ze van onschatbare waarde. Bovendien er met het zuiveringsmoeras de Putten een retentiebekken en bijzonder habitat voor plantensoorten gecreëerd.

In het meer de Leijen zijn dertien eilandjes aangelegd met een ecologische en een recreatieve functie. Uit de beschikbare gegevens is niet af te leiden of de hoeveelheid zwevende stof door de aanleg van de eilandjes al of niet is afgenomen. De oevervegetatie van het meer is op een aantal meetplekken afgenomen, op de eilandjes is tijdens een veldbezoek in de zomer van 2010 wel enige oevervegetatie waargenomen, maar concrete gegevens hierover zijn niet beschikbaar.

De palenrijen bieden enige beschutting tegen wind en golfslag, de effecten zijn echter niet terug te vinden in een verbeterd doorzicht, over een afname van de hoeveelheid zwevend stof zijn helaas geen gegevens beschikbaar.

De proefvlakken met glanzig fonteinkruid achter de palenrij zijn niet allemaal even goed aangeslagen, maar een deel van de planten heeft geworteld in het sediment en breidt zich uit. Het effect van de vegetatie toename in de buurt van de enclosures is echter zo beperkt dat hier geen ecologische effecten van op het meer als geheel kunnen worden verwacht. In de huidige situatie hebben wind, golfslag en vogelvraat een remmende werking op een goede ontwikkeling van glanzig fonteinkruid in het open water.

De proeven met driehoeksmosselen hebben niet het gewenste effect gehad, de mosselen gingen dood of bleven klein. Er werden ook geen driehoeksmosselen aangetroffen in de macrofaunamonsters van 2005. In mei 2008 zijn opnieuw mosselen uitgezet nu in de buurt van de eilandjes. In september 2008 zijn bij een veldinspectie mosselen aangetroffen op stortstenen, maar ook aan riet en op de zandige bodem. Ze lijken zich te kunnen vestigen op harde substraten in de Leijen.

De afname in bodemwoelende en planktonetende vissen na het wegvangen is weer gedeeltelijk gecompenseerd door een toename van onder andere brasem twee jaar na het wegvangen. In 2006 waren de voorwaarden blijkbaar nog niet aanwezig om voor een omslag van troebel naar helder water te bewerkstelligen.

De ondergedoken waterplanten zijn in de loop van de 20<sup>e</sup> eeuw, maar ook nog in het laatste decennium voortdurend in soortenaantal en abundantie afgenomen, ondanks de afname van fosfaat en de algendichtheid in de laatste jaren.

Na het uitvoeren van de herstel-, inrichtings- en beheersmaatregelen is er nog geen duidelijk zichtbare verbetering van de waterkwaliteit van de Leijen opgetreden. Onzichtbaar zijn wel een aantal opvallende zaken aan de gang die veelbelovend zijn voor een positieve ontwikkeling van de waterkwaliteit in de nabije toekomst. De groei van de algen wordt in de Leijen vooral beperkt door fosfaat. De (logaritmen van) de zomergemiddelde concentraties totaal-fosfaat zijn sterk negatief gecorreleerd met de tijd ( $r = -0,94$ ,  $p < 0,001$ ). Als deze afname doorgaat zal vanaf 2016 waarschijnlijk geen blauwwierbloei meer voorkomen. De algen worden als het ware langzaam uitgehongerd.

Tijdens de afvising in de winter 2005/2006 van is de vissers opgevallen dat de gevangen brasem niet in topconditie verkeerde en aan de magere kant was. Dit zou op voedselconcurrentie kunnen duiden. Blijkbaar begint de afname in voedingsstoffen door te dringen in de hogere lagen van de voedselketen. Waarschijnlijk zal een afvising ervoor zorgen dat het aandeel brasem in de visstand relatief laag blijft.

Na het uitvoeren van de maatregelen zijn veranderingen opgetreden in de toestand van de Leijen, zowel op het ecologische als op het chemische vlak zijn verbeteringen te zien. Een deel van de veranderingen waren al ingezet voordat de maatregelen genomen zijn, zoals het fosfaatgehalte. Het visstandbeheer lijkt wel een versnelling van de verarming van het systeem teweeg gebracht te hebben. Om de aangroei van de visstand in toom te houden zal opnieuw visstandsbeheer uitgevoerd moeten worden. De ontwikkeling van ondergedoken waterplanten blijft achter op de verwachtingen, het slechte doorzicht en de vraat door vogels staan de ontwikkeling nog in de weg. Want bij de experimenten groeiden de planten goed en wisten zich binnen de beschutting van de enclosures zelfs te verspreiden.

Op dit moment lijken de voorwaarden aanwezig voor een omslag van troebel naar helder water: lage fosfaat gehalten, vestiging van Glanzig fonteinkruid buiten de enclosures, magere algen, magere brasem. Het inzetten van actief visstandbeheer op dit moment is zeer kansrijk voor het verkrijgen van helder water.



# 11 Aanbevelingen

## 11.1 Beschikbaarheid bruikbaarheid gegevens?

Er zijn veel gegevens en lange gegevensreeksen beschikbaar van de Leijen, en in iets mindere mate van de genomen maatregelen. In sommige gevallen ontbreekt de 0-situatie zodat de vergelijking voor en na de maatregel niet te maken is. Zo zijn bij de eilandjes in 2008 driehoeksmosselen uitgezet, er zijn daarna nauwelijks meer metingen gedaan om de ontwikkeling van deze dieren te volgen. Een belangrijke motivatie om de maatregelen te nemen was het terugdringen van de troebelheid. Een belangrijke parameter hierin is de hoeveelheid zwevend stof, echter, tussen 2000 en 2005 ontbreken de zwevend stof metingen. Hetzelfde geldt voor een deel van de biologische parameters. Na 2005 heeft geen macrofauna monitoring meer plaatsgevonden, en vanaf 2006 zijn geen fytoplankton of zoöplankton monsters meer beschikbaar van de Leijen. Daardoor is de mogelijke verandering in samenstelling van de levensgemeenschappen van deze groepen niet geregistreerd. Ook de invloed van het wegvissen van brasem op de grootte van de watervlooiën is hierdoor niet goed te registreren.

## 11.2 Welke monitoring is in de toekomst zinvol?

Tijdens het uitvoeren van dit project werd helaas duidelijk dat de biologische gegevens van het hele meer versnipperd verzameld zijn. Met uitzondering van de macrofyten inventarisaties die zeer degelijk en vaak zijn uitgevoerd en de vis bemonsteringen en afvissingen. Voor diverse projecten zijn in de loop der jaren veel gegevens verzameld, maar deze zijn niet allemaal door te vertalen naar het totale oppervlak van het meer.

Het is daarom aan te raden de monitoring van de verschillende groepen regelmatig uit te voeren en op elkaar af te stemmen. Vooral ook omdat binnen enkele jaren effecten van de genomen maatregelen en uitvloeisels daarvan te verwachten zijn. Onderdelen die de komende jaren gemonitord zouden moeten worden, zijn:

- Driehoeksmosselen: globale verspreiding en lengte klassenverdeling (1 x 3 jaar; bij de eilandjes);
- Vis: voor KRW en effect maatregelen + conditie brasem (1 x 3 jaar; vlakdekkend);
- Fytoplankton en zoöplankton (zomerhalfjaar; 1 x 3 jaar; op locatie met lange meetreeks zoals 45);
- Zwevend stof (om eventuele veranderingen in het doorzicht te verklaren als gevolg van de maatregelen; jaarrond bij chemie voegen);
- Macrofyten en oeverplanten: voor KRW en effect maatregelen (1 x 3 jaar; vlakdekkend);
- Macrofauna: voor KRW en effect maatregelen; (1 x 3 jaar; in het voorjaar op bestaande locaties).

Er zijn momenteel geen gegevens voorhanden om de huidige water- en stoffenbalansen op te stellen. Eind jaren '90 is met akoestische meters uitgebreid metingen verricht die herhaald zouden kunnen worden. Een andere mogelijkheid is met behulp van modelberekening (bijvoorbeeld waterkwantiteitsmodel SOBEK) waterbalansen af te leiden.

### 11.3 Welke vervolgmaatregelen zijn nodig of zinvol?

Het afvissen in twee opeenvolgende winters (fase 1 afvisplan) heeft niet het beoogde effect gehad. Wel is door de afvissing een kentering teweeg gebracht in de soortensamenstelling en lengteklassen verdeling. In aantal en in kilo's was het aandeel pos, blankvoorn, kolblei en snoekbaars toegenomen, en het aandeel kleinere brasems was toegenomen. Door nu niets te doen zal deze kleine brasem gewoon weer groot worden en de situatie is weer zoals voor de afvissing. Door fase 2 van het visplan ook uit te voeren (bijv. afvissen in de winters van 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, etc.) zou de biomassa van brasem een kritische waarde bereiken en langer laag in biomassa blijven. De magere brasems en de lage nutriëntengehalten op dit moment vergroten de kans dat afvissen op dit moment een positief effect heeft op de waterkwaliteit van de Leijen. Hoeveel winters of om de hoeveel winters afgevist moet worden, en hoeveel brasem iedere winter verwijderd moet op basis van de huidige stand van zaken verder uitgezocht worden.

Tijdens een excursie in de zomer van 2010 is in de watergang ten zuiden van doktersheide een prachtige soortenrijke waterplantenvegetatie waargenomen. Deze plek zou goed als kolonisatiekern voor de Leijen gebruikt kunnen worden. Het plaatsen van enclosures in de buurt van deze watergang en op andere kansrijke plekken kan hieraan bijdragen. Mogelijk is enten van planten in de buurt van zo'n kolonisatie kern niet nodig. De kansrijke plekken voor het plaatsen van enclosures zou op basis van de inventarisatie in 2010 bepaald kunnen worden. Hoe groot de enclosures zouden moeten zijn moet uitgezocht worden, dit hangt mede af van de plaatselijke omstandigheden.

De aanlegde palenrij heeft geen noemenwaardige invloed op het doorzicht, de afstand tussen de palen is blijkbaar te groot om voldoende luwte te creëren zodat het zwevend stof uit kan zinken en het water helder wordt. Met het aanbrengen van wilgentenen vlechtwerk tussen de palen kan meer luwte gecreëerd worden. De palenrij heeft ook geen duidelijke positieve invloed gehad op de ontwikkeling van de oevervegetatie. Er is mogelijk alsnog te weinig bescherming tegen de golfwerking. De pollenstructuur in de PQ's wijst overigens ook op vogelvraat, door de palenrij kan de baai aantrekkelijker geworden zijn voor watervogels.

### 11.4 Wat zijn de verwachting t.a.v. de autonome verbetering van de waterkwaliteit?

In de Leijen is sinds eind jaren '90 een geleidelijke afname in het de nutriëntengehalten te zien, vooral het fosfaatgehalte is flink gedaald. Deels is deze daling te verklaren door maatregelen in de directe omgeving van de Leijen, zoals de optimalisering van de RWZI Drachten. Het andere deel is het gevolg van de afname van fosfaat in de Friese boezem als geheel. Als deze daling doorzet is de verwachting dat bij de algen fosfaatbeperking optreedt en waarschijnlijk vanaf 2016 waarschijnlijk geen blauwwierbloei meer voorkomen.

Zolang een vast waterpeil in de Leijen gehandhaafd blijft zal de ontwikkeling van oevervegetatie achterblijven bij de potenties voor een meer met deze dimensies. Door het vaste waterpeil worden oevers steeds dezelfde plek op aangevallen door golven. Hierdoor kunnen de oevers door afkalving plaatselijk steil maken, wat nieuwe vestiging van oeverplanten bemoeilijkt. Ook gevestigde vegetaties zijn hierdoor kwetsbaar. Bovendien kan Riet niet of nauwelijks kiemen bij een vast waterpeil waardoor eenmaal verdwenen of beschadigde rietvegetaties lastig herstellen. De planten profiteren namelijk van lage waterstanden in de nazomer om zich te verspreiden en op droogvallende stukken oever te kiemen. Door het ontbreken van droogvallende oevers zijn de oevervegetaties niet optimaal ontwikkeld, wat weer ongunstig is voor het watersysteem. Oevervegetaties zijn belangrijk omdat zij het water zuiveren en daarnaast de oevers beschermen tegen afkalven. Ook zorgt oevervegetatie voor luwte waarin slib kan bezinken.

## 12 Literatuur

- Agrotransfer (2005)<sup>1</sup>: Studie naar de sanering erfafspoeling op intensieve melkveehouderij VOF. Bijma, de Leijen. Projectnummer: C3431.
- Agrotransfer (2005)<sup>2</sup>: Studie naar de sanering erfafspoeling op biologische melkveehouderij 't Oerset, de Leijen. Projectnummer: C3431.
- AquaSense, (2006): de Leijen: integrale rapportage over het ecologisch functioneren. Rapport 06.2454b. Amsterdam. 70p.
- ATKB (2010): Visstandopnamen in Friese wateren 2009. In opdracht van: Wetterskip Fryslân, rapportnummer 20090639/Rapp 001.
- Berger, C. (1987): Habitat en ecologie van *Oscillatoria agardhii* Gomont: een limnologische studie van ondiepe, hypertrofe meren (Drontermeer, Veluwemeer, Wolderwijd en Eemmeer; IJsselmeer; Lauwersmeer) van 1971-1981. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen. 233p.
- Bijkerk, W., W. Altenburg & T. Claassen (2004): Water- en oeverplanten in de Leijen: inventarisatie van macrofyten in 2003. Rapport 436. Altenburg & Wymenga, Veenwouden.
- Bray, J.R. & J.T. Curtis (1957): An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- Buro Bakker (2002): Vegetatiekartering De Marren. Buro Bakker, Assen (geciteerd door AquaSense 2006).
- Claassen, T. & J. Spier (2007): Visstandbeheer in het Friese boezemmeer de Leijen. *H2O* 40(16): 48-52.
- Claassen, T. & M. Thannhauser (2009): Recente veranderingen van de oevervegetatie van Friese boezemmeren. *H2O* 42(21): 41-45.
- Claassen, T.H.L., (2005): Restoration of Lake the Leijen – The Netherlands: focused on the implementation of the EU Water Framework Directive.
- Claassen, T.H.L., (2006): Implementation of the EU Water Framework Directive in Lake Leijen, The Netherlands; Preliminary results of water quality monitoring and an overview of restoration measures. Report of Wetterskip Fryslân, Leeuwarden, The Netherlands.
- Coops, H. (red.) (2002): Ecologische effecten van peilbeheer: een kennisoverzicht. RIZA rapport 2002.041/ Rapport RIKZ 2002.040. RIZA, Lelystad, RIKZ, Den Haag. 136p.
- Dam, H. van & J.H. Wanink (2007). Trendanalyse hydrobiologische gegevens Friesland Subtitel : Themarapportage. Projectnummer : 210445; Referentienummer: WF.2006/6214; Koeman en Bijkerk-rapport 2007-015; Adviseur Water en Natuur-rapport 605.
- Ducobu, H. (1998): The ecophysiology of a prochlorophyte and a cyanobacterium with emphasis on phosphorus metabolism. Proefschrift Universiteit van Amsterdam. 114p.
- Eyto, E. de, K. Irvine, F. García-Criado, M. Gyllström, E. Jeppensen, R. Kornijow, M.R. Miracle, M. Nykänen, C. Bareiss, S. Cerbin, J. Salujõe, R. Franken, D. Stephens & B. Moss (2003): The distribution of chydorids (Branchiopoda, Anomopoda) in European shallow lakes and its application to ecological water quality monitoring. *Archiv für Hydrobiologie* 156: 181-202.
- Grontmij (1997): Specifiek ecologisch beheersprogramma de Leijen (uitwerking van plan Friese boezemmeren). Projectnr. 03 02931.
- Grontmij | AquaSense (2005): De KRW-doelen voor de Leijen. Onderdeel van het project "KRW Quick-scan". i.o.v. Wetterskip Fryslân.
- Grontmij | AquaSense & Koeman en Bijkerk B.V. (2007): Trendanalyse hydrobiologische gegevens Friesland. In opdracht van: Wetterskip Fryslân. Grontmijrapport 210455. Koeman en Bijkerk Rapport 2007-015 Adviseur Water en Natuur Rapport 605. Amsterdam/Haren/Amsterdam. 175pp..

- Gulati, R.D., A.L. Ooms-Wilms, O.F.R. van Tongeren, G. Postema & K. Sieuwertsen (1992): The dynamics and role of limnetic zooplankton in Loosdrecht lakes (The Netherlands). *Hydrobiologia* 233: 69-86.
- Hammer, O., D.A.T. Harper & P.D. Ryan (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9p.
- Haterd, R. van de & G.N.J. ter Heerdt (2007): Potential for the development of submerged macrophytes in eutrophic shallow peaty lakes after restoration measures. *Hydrobiologia* 584: 277-290.
- Haye, M. de la, M.J. van Kruijning, H. van Dam & E. van der Pouw Kraan (2010): De ecologische toestand van de Leijen na 10 jaar maatregelen en monitoring uitgebreide samenvatting. Grontmij rapportnr. 295932-02.
- Jagtman, E., D. van der Molen & S. Vermij (1992): The influence of flushing on nutrient dynamics, composition and densities of algae and transparency in Veluwemeer, The Netherlands. *Hydrobiologia* 233: 187-196.
- Jeppesen, E., E.A. Madsen, J.P. Jensen & N.J. Anderson (1996): Reconstructing the past density of planktivorous fish and trophic structure from sedimentary zooplankton fossils: a surface sediment calibration data set from shallow lakes. *Freshwater Biology* 36: 115-127.
- Joustra, A. H. & D. Veeman (1980): Een kort onderzoek naar het voorkomen van Liesgras rondom de Leijen (geciteerd door AquaSense 2006).
- Joustra, A. H. (1953): Plantensociologisch onderzoek van de oost- en westoever van de Leijen. Verslag Bijvak Plantensociologie Paedagogiek. M.O. –B. 64p. + bijl.
- Knevel, I.C. (1996): Een duik onder de waterspiegel van Friesland: een literatuurstudie naar de waterkwaliteit van Friese wateren voor 1970 (geciteerd door Bijkerk e.a. 2004).
- Lauridsen, T.L., H. Sandsten & P.H. Moller (2003): The restoration of a shallow lake by introducing *Potamogeton* spp.: The impact of waterfowl grazing. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 8: 177-187.
- Lurling, M. & H. van Dam (2009): Blauwalgen giftig groen: de biologie en risico's van cyanobacteriën. Rapport 2009-43. STOWA, Utrecht. 48p.
- Lyon, M.J.H., de & J.G.M. Roelofs (1986): Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid. II. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Katholieke Universiteit, Nijmegen. 126p.
- Mateman en Jansink (2002): Uitvoeringsplan de Leijen fase IV. Tauw bv. Regio Noord, Assen.
- Meijden, R. van der (2005): Heukels' flora van Nederland, 23e druk. Wolters-Noordhoff, Groningen. 685p.
- Meijer, M.-L. (2000): Biomanipulation in the Netherlands. Proefschrift Wageningen Universiteit. 208p.
- Mennema, J., A.J. Quené-Boterbrood & C.L. Plate (1985): Atlas van de Nederlandse flora. 2. Zeldzame en vrij zeldzame planten. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht. 349p.
- Molen, D. T. van der & R. Pot (red) (2007): Referenties en maatlatten voor meren ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water. Expertteams, december 2007.
- Noorbergen, H., T. Claassen, J. Schouwenaars, K. van Raamsdonk, P. Spierenburg, & R. Verhagen (2002): Remote sensing in het waterbeheer. Rapport 2002-18. STOWA, Utrecht. 69p. + bijl.
- Notenboom-Ram, E. (1981): Verspreiding en ecologie van de Branchiopoda in Nederland. Rapport 81/14. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 95p.
- Olivier, L. (2003): de Leijen en het Bergumermeer. Interviews met dhr. R. van der Meulen en dhr. D.T.E. van der Ploeg, gebiedsdeskundigen (geciteerd door AquaSense 2006).
- Portielje, R. & D.T. van der Molen (1998): Relaties tussen eutrofiëringsvariabelen en systeemkenmerken van de Nederlandse meren en plassen. Rapport 98.007. RIZA, Lelystad. 97p.
- Pot, R. (2001): Veldgids water- en oeverplanten. Uitgeverij KNNV, Utrecht. 352p.
- Pot, R. (2008): QBwat: ecologische beoordeling van waterkwaliteit conform de Europese Kaderrichtlijn Water, versie 4.17. Roelf Pot, Oosterhesselen. 15p.
- Provinciale Staten van Fryslân (2009): Waterhuishoudingsplan Fryslân 2010-2015; 'Wiis mei Wetter'. 120 p.
- Redfield, A.C. (1958): The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist* 46: 205-221.

- Salujõe, J. (2009): Zooplankton as the indicator of ecological quality and fish predator in lake ecosystems. *Dissertationes Biologicae Universitatis Tartuensis* 163. Tartu University Press, Tartu. 54p.
- Scheffer, M. (2004): *Ecology of shallow lakes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, ISBN 0-4127-4920-3, 357 p.
- Schroevers, P.J. (1962): Een oriënterend onderzoek naar de vegetaties van de boezem- en rietlanden langs de Friese meren. Rijksinstituut voor Veldbiologisch Onderzoek ten behoeve van het Natuurbehoud, Zeist. 16p. + bijl.
- Smittenberg, J. H. & Y. Roukema (1979): Ecologische inventarisatie van de meeroevers in Friesland. Rapport 260. Provinciale Planologische Dienst in Friesland, Leeuwarden. 48p. + bijl.
- Tauw (2002): Integraal uitvoeringsplan De Leijen.
- Thannhauser, M. & T.H.L. Claassen (2008): Vegetatieontwikkeling en -structuur in representatieve proefvlakken van oevers van de Friese boezem: monitoring oevervegetatie 2002 t/m 2006. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden. 55p.
- Thannhauser, M. (1994): Makrofyten-inventarisatie Friese boezemmeren 1994. Rapport 200-K002. Waterschap Friesland, Leeuwarden. 101p.
- Thannhauser, M. (1999): Makrofyteninventarisatie Friese boezemmeren 1998. Rapport 300-T050. Waterschap Friesland, Leeuwarden. 21p. + bijl.
- Thannhauser, M. (2006): Evaluatie monitoring oevervegetatie van het boezemmeer de Leijen 2002 t/m 2006. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden. 7p.
- Tosserams, M., J.T. Vulink, H. Coops (1999). Tussen water en land: perspectief voor oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer: eindrapportage 'Planten in de peiling'. RIZA rapport nr. 99.031.
- Wagenvoort, A.J. (2010 (in druk)): Zoöplankton. *Kwaliteitshandboek Hydrobiologie*. Stowa, Amersfoort.
- Weeda, E.J., R. Westra, C. Westra & T. Westra (1985): *Nederlandse oecologische flora: wilde planten en hun relaties 1*. Instituut voor Natuurbeschermingseducatie, Amsterdam. 304p.
- Weeda, E.J., R. Westra, C. Westra & T. Westra (1991): *Nederlandse oecologische flora: wilde planten en hun relaties 4*. Instituut voor Natuurbeschermingseducatie, Amsterdam. 317p.
- Wetterskip Fryslân (2009): *Zwemwaterprofiel van het zwemwater De Leien*. Leeuwarden. 23p.
- Wetzel, R.G. (2001): *Limnology: lake and river ecosystems*, 3rd ed. Academic Press, San Diego. 1006p.
- Zevenboom, W. (1980): Growth and nutrient uptake kinetics of *Oscillatoria agardhii*. Proefschrift Universiteit van Amsterdam. 178p.



# Bijlage 1: Beheersdoelstellingen Staatsbosbeheer (uit: AquaSense 2006)

De Leijen is toegedeeld als sdt 11.1: Watergemeenschappen in laagveen- en kleigebieden. Doelstellingen zijn opgenomen in het 'Uitwerkingsplan De Marren'. Het hoofdstuk over sdt. 11.1 is hieronder opgenomen:

Watergemeenschappen in laagveen- en kleigebieden (sdt. 11.1)

Het aanwezige oppervlaktewater heeft een lange verblijfsduur in het gebied en wordt gevoed door neerslagwater en is van oorsprong matig voedselrijk tot voedselrijk. Door de relatief hoge dynamiek heeft het water een constante kwaliteit; overgangen in watertypen komen niet voor. De waterpeilfluctuatie is over het algemeen minder dan 20 cm. Door de hoge dynamiek (golfslag, waterstroming) treedt nauwelijks successie op.

In de praktijk is het matig voedselrijke karakter van het water vaak sterk beïnvloed door inlaat van verontreinigd, voedselrijk water. De grote wateren in laagveengebieden maken deel uit van een boezemgebied waarin het water van landbouwkundig in gebruik zijnde polders wordt uitgeslagen en waarin vervuild water afkomstig van pleistocene gebieden uitmondt.

Bedreigingen zijn eutrofiering door aanvoer van systeemvreemd water, intensief scheepvaartverkeer.

## Terreincondities

De terreincondities per doelcomponent zijn beschreven in de standaardlijst van Schipper. Hier worden de vegetaties zoals ze in de systeembeschrijving voorkomen, gebruikt om de terreincondities van de systemen aan te geven.

## Terreincondities in watergemeenschappen in laagveen- en kleigebieden

Doelcomponent	Gewenste terreincondities
Vochtregime, waterdiepte	> +70 - +10
Zuurgraad in pH	4,0 - >8,0
Voedselrijkdom in trofiegraad	mesotroof – zeer eutroof
Flora	Geen
Fauna	Zie tabel 3.2

## Doelsoorten fauna en terreincondities in watergemeenschappen in laagveen- en kleigebieden

gewenste terreincondities	beschutting van ruigte	bloemrijke hooiland in omgeving	emerse begroeiing	kale grond > 75%	korte vegetatie met opslag	kwel	open water (veg.)	open water (voedsel)	openheid	overjarig riet	rietzomen	rijk gestructureerde randvegetaties	wilgenstruweel
Doelsoorten													
Bruine korenbout						X	X				X		
Gevlekte witsnuitlibel							X						
Knoflookpad				X			X						
Baardmannetje	X				X					X			
Blauwborst					X								X
Dodaars							X						
Grauwe gans													
Grote karekiet								X	X	X			
Grutto									X				
Porseleinhoen									X				
Smient							X						
Toppereend								X	X				
Zomertaling							X		X				
Zwarte stern		X	X				X						
Bever													
Visotter								X					
Waterspitsmuis							X					X	

Definiëring terreincondities bij bovenstaande tabel.

Terreincondities	Omschrijving
Beschutting van ruigte	Bedekking van vegetatie met gem. hoogte > 20 cm, > 25%
Bloemrijke hooiland in omgeving	Aanwezigheid van bloemrijke hooiland-vegetaties (> 50 ha.) in wijdere omgeving ( tot max. 2 km vanaf broedplaats)
Emerse begroeiing	Bedekking van emerse vegetatie > 50%
Kale grond > 75%	Aanwezigheid van kale grond met max. bedekking vegetatie < 75%
Korte vegetatie met opslag	Aanwezigheid van enige opslag in de korte vegetatie
Kwel	Aanwezigheid van kwel van grondwater
Open water (veg.)	Bedekking vegetatie < 90%, > 25%
Open water (voedsel)	Aanwezigheid van open water i.v.m. foerageermogelijkheden
Openheid	Boomlaag hoger dan 4 m in wijdere omgeving afwezig, bedekking boom- en struiklaag < 1%
Overjarig riet	Aanwezigheid van overige rietvegetaties
Rietzomen	Aanwezigheid van rietzomen langs open water
Rijk gestructureerde randvegetaties	Aanwezigheid van rijk gestructureerde overgangen
Wilgenstruweel	Aanwezigheid van Wilgenstruweel



Vegetatie doelcomponenten, terreinconditie toestand en de voorgestelde maatregelen

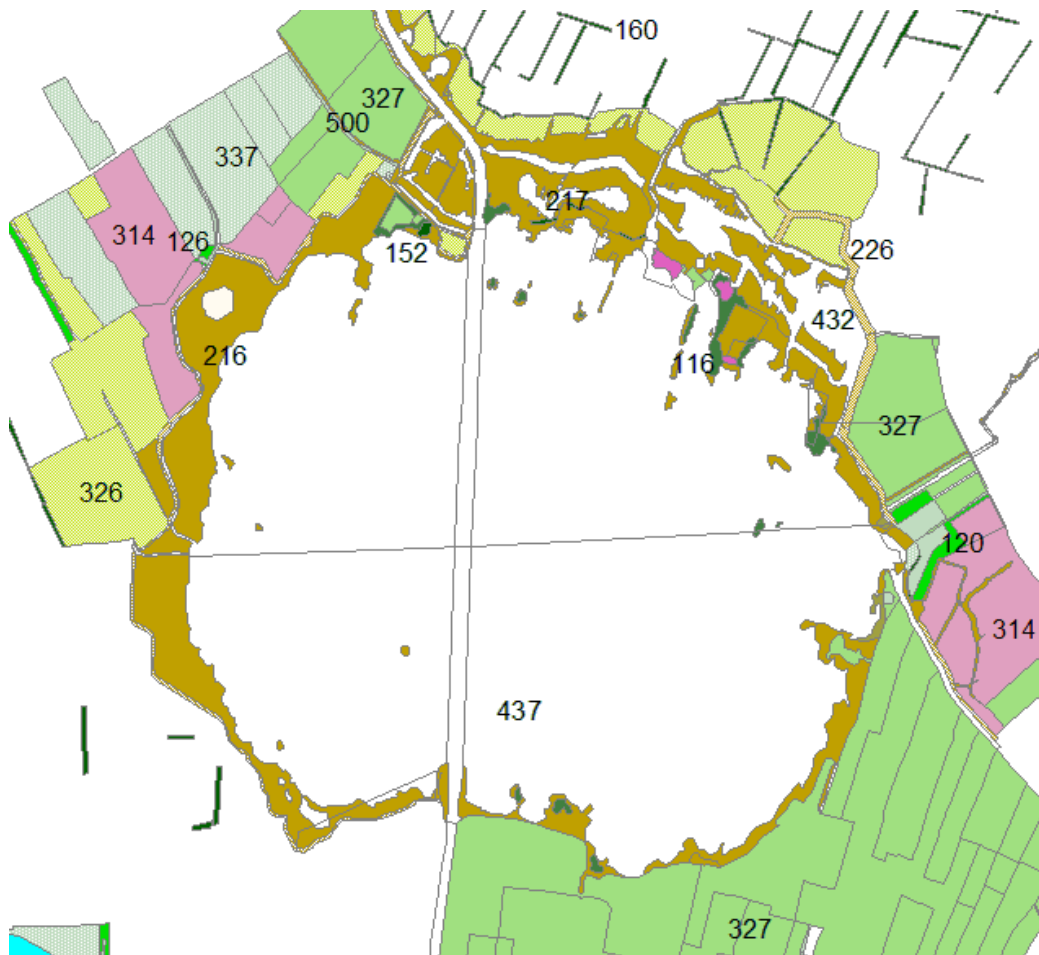
Terrein conditie	Toestand	RG van Kranswieren- klasse en verbond	Glanswier- verbond	Verbond van Stekelharig kransblad	Verbond van Gewoon kransblad	Waterlelie- verbond	Kikkerbeet- verbond	Verbond der kleine fonteinkruiden	RG van de Riet-klasse	Lidsteng- associatie	RG van het Riet-verbond	Mattenbies- associatie	Rietassociatie	RG van het Verbond der Grote zeggen	Ass. van Waterscheerling en Hoge cyperzegge	Ass. van Waterpeper en Tandzaad	Ass. van Goudzuring en Moerasandijvie	Ass. van Ganzevoet en Beklierde cluizenknoop	Slijkgroenassociatie
Regulier beheer		0	0	0	0	0	0	0	1b, 4, 8	0	1b, 2, 4, 6, 8, 9	0	1b, 2, 4, 6, 8, 9	0, 1b, 8, 23, 24	0, 1b, 8	0, 23	0, 23	0, 23	0, 23
Uiterste maaidata (incl. afvoeren)									1 april		1april		1 april	1april	1 april				
Structuur	te veel struik- en boomlaag	10, 26				10, 26			10, 26	10, 26	10, 26	10, 26	10, 26	10, 26	10, 26	10, 25, 49	10, 25, 49	10, 25, 49	10, 25, 49
Vochtregi- me	te droog	38, 54	38, 54	38, 54	38, 54	38, 54	38, 54	38, 54	12, 25, 27, 54, 39	38, 54	12, 54, 39	38, 54	12, 17, 38, 39, 51, 54	12, 27, 39, 54	12, 27, 38, 39, 54	17, 38, 54	17, 38, 54	17, 38, 54	38, 54
	te nat								4		4		4	4	4				
Voedsel Rijkdom	te rijk	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 54	11, 12, 27, 51, 54	11, 12, 27, 51, 54	11, 12, 27, 51, 54	49	49	49	49
	te arm												15, 16, 17, 38, 51	12, 27, 39	12, 27, 39				
Zuurgraad	te zuur	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54		12, 27, 39, 54	12, 27, 39, 54				
Successie	te ver- gevoerd								27		27		27	27	27				
Doelsoort	afwezig	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

Groep 1: Maatregelen die in de dagelijkse praktijk toepasbaar zijn.

- 0 Niets doen
- 1 Jaarlijks maaien met licht materieel
- 2 Jaarlijks maaien met normaal materieel
- 4 Maaibeurt overslaan
- 6 Slordig maaien
- 8 Maaisel afvoeren met licht materieel
- 9 Hooien met normaal materieel
- 10 Bosrand terugzetten of hakhout afzetten
- 11 Vervuilsbron saneren
- 12 Ontwatering in de lokale omgeving verondiepen of verwijderen
- 23 Zomerbegrazing met koeien
- 26 Jaarrond begrazing met runderen
- 25 Bos verwijderen
- 26 Hout afzetten
- 49 Begrazingsdruk verhogen

Groep 2: Maatregelen die experimenteel toegepast kunnen worden onder begeleiding van een ecologisch deskundige.

- 15 Plaggen
- 16 Bemesten met schoon slib
- 17 Inundatie forceren (indien schoon water aanwezig)
- 19 Herintroductie van soorten
- 27 Baggeren
- 40 Open water maken
- 39 Nieuwe sloten graven
- 51 Stuwen plaatsen
- 54 Peilbeheer



Begroeiing rond de Leijen (2005?). Gegevens Ecostat Staatsbosbeheer. Veel voorkomende vegetatietypen:

116: elzenbroek;

152: wilg/gagel-struweel;

160: houtsingels;

216: rijk, venig rietland;

217: rijk, kleilig rietland;

226: pitrusruigtes;

314: dotterbloemhooiland;

326: bloemrijk grasland;

327: vogelrijk grasland;

337: intensief grasland;

437: meren en plassen

## Bijlage 2: Chlorofylconcentraties en maandelijkse samenstelling fytoplanktongroepen

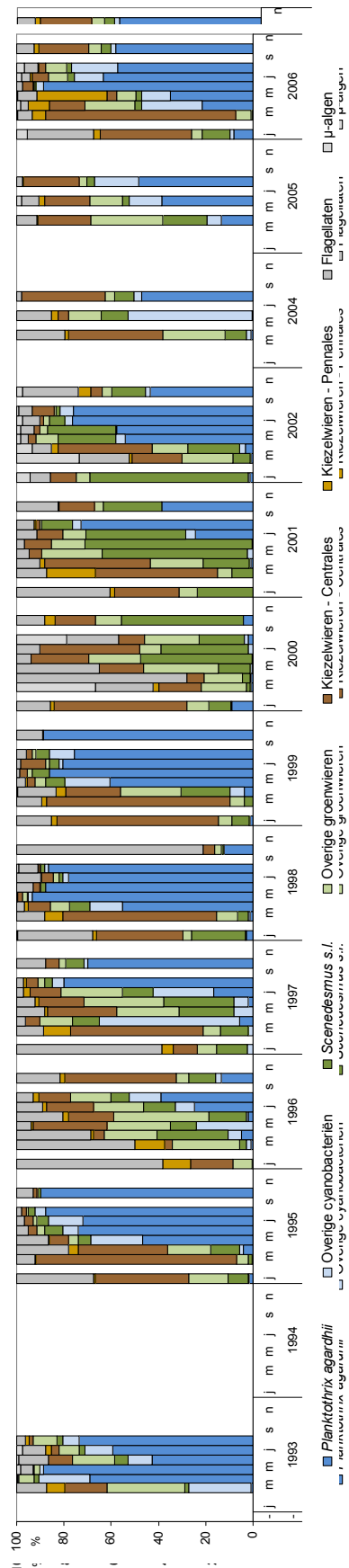
Zomerhalfjaargemiddelden van chlorofyl-a-concentraties.

Maand	'84-'92	'93-'99	'00-'06	'07-'09
jan		6	5	5
feb		11	14	3
mrt		56	49	15
apr	108	110	81	58
mei	150	64	91	59
jun	160	142	108	71
jul	158	113	105	101
aug	151	156	121	118
sep	148	157	113	54
okt		134	61	28
nov		51	21	13
dec		24	7	4
zomerhalfjaar	146	124	103	77
jaar		85	65	44

↓ Zomerhalfjaargemiddelden, nutriënten, chlorofyl-a-concentraties en kwaliteitsklassen op de maatlat voor type M14.

Maandelijkse samenstelling fytoplanktongroepen→

Jaar	tN mg/l	tP mg/l	N/P µg/l	Chl-a µg/l	Chl/a:tN µg/mg	Chl-a:tP µg/mg	Kwaliteit
'84	5,17	1,03	9,6	179	35	174	slecht
'85	6,06	0,85	13,9	158	26	186	slecht
'86	4,36	0,57	14,2	114	26	201	slecht
'87	4,52	0,71	11,9	178	39	249	slecht
'88	4,40	0,62	13,2	155	35	249	slecht
'89	5,18	0,95	10,5	134	26	141	slecht
'90	4,92	0,48	19,5	133	27	277	slecht
'91	5,30	0,61	16,7	119	22	195	slecht
'92	4,59	0,44	19,7	152	33	347	slecht
'93	3,71	0,32	20,8	78	21	241	ontoereikend
'94	4,68	0,33	27,0	108	23	331	ontoereikend
'95	4,78	0,36	24,9	130	27	359	slecht
'96	3,89	0,30	24,0	89	23	303	ontoereikend
'97	4,09	0,35	21,8	160	39	463	slecht
'98	5,63	0,43	25,6	166	29	389	slecht
'99	5,10	0,43	22,9	134	26	315	slecht
'00	2,20	0,12	28,2	89	41	752	ontoereikend
'01	2,60	0,19	22,4	135	52	718	slecht
'02	2,39	0,24	15,7	113	47	472	slecht
'03	2,10	0,21	14,8	86	41	411	ontoereikend
'04	2,01	0,12	23,6	139	69	1117	slecht
'05	1,83	0,13	18,9	91	50	682	ontoereikend
'06	1,99	0,13	21,6	77	39	576	ontoereikend
'07	1,89	0,13	20,6	80	43	624	ontoereikend
'08	1,79	0,09	27,3	62	35	702	matig
'09	2,07	0,10	29,7	88	43	858	ontoereikend
'84-'09	3,74	0,39	17,1	121	32	308	-





## Bijlage 3: Literatuur over flora en vegetatie van de Leijen door de jaren heen

(aangevuld naar AquaSense 2006)

<b>1900-1950</b>	Door Knevel (1996) is een literatuurstudie uitgevoerd naar de waterkwaliteit in verschillende Friese wateren vóór 1970. Daarvoor zijn o.a. herbaria en Floronbestanden nageplozen. Vóór 1950 werden de volgende soorten aangetroffen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– uit matig voedselrijke wateren: stomp fonteinkruid, klein fonteinkruid, brede waterpest, waterdrieblad en waterviolier;</li> <li>– uit voedselrijke wateren: doorgroeid fonteinkruid, klein kroos en kikkerbeet; weinig onderscheidende soorten: pijlkruid en grote waterweegbree.</li> </ul>
<b>1936</b>	Reeds van 1936 zijn vegetatieopnamen bekend van de Leijen. Hierin werden gemeenschappen beschreven met witte waterlelie en gele plomp, veel fonteinkruiden en krabbenscheer. De krabbenscheerassociatie geeft aan dat het water (matig) voedselrijk was, met een vrij laag fosfaatgehalte.
<b>1940-2003</b>	Over de water- en oeverplantensituatie sinds de jaren veertig zijn twee interviews gedaan met omwonenden (Olivier, 2003). Over het areaal waterriet werden tegenstrijdige uitspraken gedaan (nauwelijks versus grote afname). De geïnterviewden waren het er wel over eens dat de grote oppervlakten mattenbies van vroeger verdwenen zijn. Overige uitspraken: De kleine lisdodde is niet noemenswaardig afgenomen, maar de grote lisdodde, die vroeger langs de zuidkant van de Leijen stond, wel. Sinds 1980 zijn de uitgestrekte velden fonteinkruid (honderden meters in doorsnede) geleidelijk afgenomen, maar de laatste jaren is weer een toename te zien.
<b>1950-1970</b>	In bovengenoemd literatuuronderzoek van Knevel (1996) worden voor deze periode uit de Leijen genoemd: grof hoornblad, puntkroos, plat fonteinkruid, glanzig fonteinkruid, stijve waterranonkel en duizendknoopfonteinkruid. De laatste soort is een typische soort van al of niet droogvallende, ondiepe, zwak gebufferde wateren. Het is onwaarschijnlijk dat deze soort in het meer zelf is gevonden. Mogelijk betreft het een poeltje in de omringende rietlanden.
<b>1953</b>	Door Joustra is in 1953 uitgebreid plantensociologisch onderzoek gedaan naar de oost- en westoever van de Leijen. Over het midden van het meer werd opgemerkt dat glanzig fonteinkruid een van de weinige planten was, die hier werd aangetroffen. Verder kwam watergentiaan voor. De begroeiing van de westoever was rijker dan die van de overige oevers en vertoonde een verlandingsreeks van open water via waterleliegemeenschap, mattenbies-rietassociatie en associatie van moerasspirea en echte valeriaan naar diverse rietgemeenschappen en op onbegaanbare plekken, waar geen riet werd gesneden, naar elzenbroek. In de oostoever ontbrak in deze reeks veelal de zone met waterlelie en gele plomp, en ging de zone van moerasspirea en echte valeriaan (minder rijk dan in het westen, soms ontbrekend) over in 'het bekende vegetatiebeeld van het blauwgrasland, dat helaas elders in Friesland dreigt te verdwijnen'.
<b>1962</b>	Schroevers (1962) onderzocht de vegetaties van boezem- en rietlanden langs de Friese meren, o.a. de Leijen. Hij merkt op dat dit gebied oorspronkelijk een minder voedselrijk karakter had dan de rietlanden langs de overige Friese meren. Uit het rietland noemt hij naast riet hennegras, wateraardbei, waterdrieblad, dotterbloem, waterkruiskruid, moerasspirea, smeerwortel, moeraslathyrus, vogelwikke, lever-

	kruid, kattenstaart en smeerwortel. Het open water werd slechts oppervlakkig bestudeerd en bevatte waterlelie, gele plomp, watergentiaan en krabbenscheer. Verlanding in het water werd waargenomen na drijfkillen van waterscheerling en wortelstokken van gele plomp en via pluimzegge.
<b>1970</b>	Een vegetatieopname uit 1970 beschrijft een Watervorkjes-associatie met bultkroos, drijvend fonteinkruid, gewoon watervorkje, grote lisdodde, liesgras, manna-gras, smalle waterpest, sterrekroos, tenger fonteinkruid, veelwortelig kroos en veenwortel.
<b>1979</b>	Een provinciale ecologische inventarisatie van de meeroevers in Fryslân geeft een gedetailleerde beschrijving van de oevertypen van de Leijen (Smittenberg en Roukema, 1979): Aan de oostzijde van het meer, waar de golfwerking het ontstaan van een geschikt milieu voor lisdoddebegroeiingen verhindert, komen rietkragen op vaste bodem voor. Op beschutte plaatsen komt deze soort echter ook daar veelvuldig voor. Aan de westzijde van het meer komen rietlanden op drijfkillen voor, met een zeer moerassige oeverzone. Hier komt onder meer een groot oppervlakte echt veenmosrietland voor. Eveneens aan de westzijde komen over flinke oppervlakten waterplanten voor zoals fonteinkruid, waterlelie en watergentiaan. Elders zijn deze begroeiingen bijna overal verdwenen, daarom wordt dit aangemerkt als een bijzondere kwaliteit. De indruk bestaat echter wel dat deze velden ook hier sterk achteruitgaan. Boezemgraslanden komen naar verhouding weinig voor. Een deel is de laatste jaren veranderd in rietland of ruigte. De brede en goed ontwikkelde oeverzone brengt met zich mee dat niet alleen de rijkdom aan plantensoorten en gemeenschappen, maar ook aan vogels groot is. Het vermelden waard zijn bijvoorbeeld bruine kiekendief, roerdomp, snor, sprinkhaanrietzanger, waterral, porceleinhoen, tafeleend, zwarte stern en grote karekiet. Mogelijk broedt ook het woudaapje hier.
<b>1980</b>	Joustra, A. H. & D. Veeman (1980). Een kort onderzoek naar het voorkomen van Liesgras rondom de Leijen.
<b>1988-heden</b>	Hydrobiologisch onderzoek door Wetterskip Fryslân.
<b>2002</b>	In de zomer van 2002 is een uitgebreide vegetatiekartering uitgevoerd door Buro Bakker, in opdracht van Staatsbosbeheer. Hier zijn alle graslanden en rietlanden in de omgeving gekarteerd. Een vereenvoudigde vegetatiekaart is opgenomen in Bijlage 5 van AquaSense (2006). Langs vrijwel de hele oever komt rietland voor, op enkele plaatsen ook elzenbroekbos.
<b>2003</b>	In 2003 is een inventarisatie uitgevoerd van macrofyten, als nulmeting voor het NOLIMP-project. Er is bemonsterd op 141 puntlocaties en 21 transecten. Hierbij zijn zeer weinig planten aangetroffen. Ondergedoken waterplanten zijn vrijwel alleen in twee sloten aan de westzijde van het meer gevonden (buigzaam glanswier, smalle waterpest, stomp fonteinkruid en sterrenkroos) Ook drijvende waterplanten zijn vooral langs de westzijde aangetroffen (watergentiaan, witte waterlelie, gele plomp). Langs de gehele oeverzone zijn wel kleine velden mattenbies aangetroffen (Bijkerk e.a. 2004).
<b>2004</b>	Bijkerk, W., W. Altenburg & T. Claassen (2004): Water- en oeverplanten in de Leijen: inventarisatie van macrofyten in 2003. Rapport 436. Altenburg & Wymenga, Veenwouden.
<b>2006</b>	Thannhauser, M. (2006): Evaluatie monitoring oevervegetatie van het boezemmeer de Leijen 2002 t/m 2006. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden. 7p.
<b>2009</b>	Claassen, T. & M. Thannhauser (2009): Recente veranderingen van de oevervegetatie van Friese boezemmeren. H2O 42(21): 41-45.
<b>2010</b>	Altenburg & Wymenga (in voorb.): Water- en oeverplanten in de Leijen. Inventarisatie van macrofyten in 2010.

## Bijlage 4: Tansley-opnamen de Leijen (hele plas)

Zie Tabel 11 voor de verklaring van de getallen.

Laag	Soort	Datum	08-07-94	21-06-95	17-07-96	20-08-97	29-07-98	07-07-99	24-07-00	20-08-02	14-07-05	04-07-06	05-08-09	Soort
submers	<i>Callitriche</i>			1	1									Sterenkroos
submers	<i>Ceratophyllum demersum</i>						1							Grof hoornblad
submers	<i>Elodea nuttallii</i>			1	1	1	1					1		Smalle waterpest
submers	<i>Lemna trisulca</i>		1	1	1	1	1	1						Puntkroos
submers	<i>Nitella flexilis</i>			1	1		1							Buigzaam glanswier
submers	<i>Potamogeton trichoides</i>			1										Haarfonteinkruid
submers	<i>Riccia fluitans</i>				1	1								Gewoon watervorkje
submers	<i>Utricularia vulgaris</i>					1								Groot blaasjeskruid
drijvend	<i>Glyceria fluitans</i>				1									Mannagras
drijvend	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>			1	1		1							Kikkerbeet
drijvend	<i>Nuphar lutea</i>		5	5	5	2	3	5	3	5	5	5	3	Gele plomp
drijvend	<i>Nymphaea alba</i>		5	5	5	4	5	5	3	5	5	5	3	Witte waterlelie
drijvend	<i>Nymphoides peltata</i>		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Watergentiaan
drijvend	<i>Persicaria amphibia</i>		5	3	3		1	3	2	3	2	1		Veenwortel
kroos	<i>Lemna gibba</i>			2										Bultkroos
kroos	<i>Lemna minor</i>		2	2	1	1	1	1						Klein kroos
kroos	<i>Spirodela polyrrhiza</i>		1	2	1		1							Veelwortelig kroos
kroos	<i>Wolffia arrhiza</i>			1										Wortelloos kroos
emers	<i>Acorus calamus</i>		4	2	2		2	4	2	2	2	2	3	Kalmoes
emers	<i>Agrostis stolonifera</i>				1		1							Fioringras
emers	<i>Alisma lanceolatum</i>						1							Slanke waterweegbree
emers	<i>Alisma plantago-aquatica</i>		1	1	1			1			1			Grote waterweegbree
emers	<i>Berula erecta</i>			1			1							Kleine waterrepe
emers	<i>Bolboschoenus maritimus</i>						1				1			Heen
emers	<i>Butomus umbellatus</i>		1		1							1	1	Zwanebloem
emers	<i>Carex</i>			1	1									Zegge (G)
emers	<i>Carex acuta</i>			1	1		2			1		1		Scherpe zegge
emers	<i>Carex acutiformis</i>			1	1									Moeraszegge
emers	<i>Carex paniculata</i>							2	1	1	1	1	1	Pluimzegge
emers	<i>Carex pseudocyperus</i>		1	1	1		1	2		1	1	1		Hoge cyperzegge
emers	<i>Carex riparia</i>		1	1	1		2	2	1	1		1	1	Oeverzegge
emers	<i>Cicuta virosa</i>			1										Waterscheerling
emers	<i>Glyceria maxima</i>		2	3	2		2	2	1	1	1	1	2	Liesgras
emers	<i>Hottonia palustris</i>						1							Watervolier
emers	<i>Iris pseudacorus</i>		1	2	1		1	2	2	2	2	1	1	Gele iis
emers	<i>Lycopus europaeus</i>		2	1	1		1	2	1	2	2	1	2	Wolfspoot
emers	<i>Lysimachia thyrsiflora</i>		1	1	1			1		1		1	1	Moeraswederik
emers	<i>Mentha aquatica</i>			1	1			1				1		Watermunt
emers	<i>Myosotis laxa</i>		1	1	1			2			1			Zompvergeet-mij-nietje
emers	<i>Myosotis scorpioides</i>		1	2	1		1	1	1	1	2		1	Moerasvergeet mij nietje
emers	<i>Persicaria hydropiper</i>			1	1		1	1		1	1			Waterpeper
emers	<i>Peucedanum palustre</i>		1	1	1		1	1	1		1	1		Melkeppe
emers	<i>Phalaris arundinacea</i>		1	1	1		1	2		1				Rietgras
emers	<i>Phragmites australis</i>		6	6	6		6	6	6	6	6	6	5	Riet
emers	<i>Ranunculus flammula</i>				1									Egelboterbloem
emers	<i>Ranunculus sceleratus</i>		1	1	1			1				1		Blaartrekkende boterbloem
emers	<i>Rorippa amphibia</i>		2	2	1		1	2	1	1	2	1	1	Gele waterkers
emers	<i>Rorippa palustris</i>			1	1									Moeraskers
emers	<i>Rumex hydrolapathum</i>		2	2	1		1	1	1	1	1	1	2	Waterzuring
emers	<i>Rumex maritimus</i>										1		1	Goudzuring
emers	<i>Rumex palustris</i>			1										Moeraszuring
emers	<i>Sagittaria sagittifolia</i>						1							Pijlkruid
emers	<i>Schoenoplectus lacustris</i>		3	3	3			4	3	5	5	3	3	Mattenbies
emers	<i>Sium latifolium</i>			1						1	1			Grote waterrepe
emers	<i>Solanum dulcamara</i>		2	2	1		2	2	1	2	2	2	2	Bitterzoet
emers	<i>Sparganium erectum</i>		2	1	1		1	2	1	2	1	1	2	Grote egelskop
emers	<i>Typha angustifolia</i>		5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	Kleine lisdodde
emers	<i>Typha latifolia</i>		1	1	1		2	2	1	2	2	1	2	Grote lisdodde

Laag	Soort	Datum	08-07-94	21-06-95	17-07-96	20-08-97	29-07-98	07-07-99	24-07-00	20-08-02	14-07-05	04-07-06	05-08-09	Soort
oever	<i>Achillea ptarmica</i>				1							1		Wilde bertram
oever	<i>Alopecurus geniculatus</i>													Geknikte vossestaart
oever	<i>Angelica sylvestris</i>		1	1	1		1	1	1	2	2	1	1	Gewone engelwortel
oever	<i>Bidens cernua</i>		1		1									Knikkend tandzaad
oever	<i>Bidens connata</i>				1									Smal tandzaad
oever	<i>Bidens frondosa</i>				1									Zwart tandzaad
oever	<i>Bidens tripartita</i>				1		1							Veerdelig tandzaad
oever	<i>Caltha palustris</i>		1	1	1			1		1		1		Dotterbloem
oever	<i>Calystegia sepium</i>		2	2	2		2	2	2	2	2	2	1	Haagwinde
oever	<i>Carex elata</i>		1		1									Stijve zegge
oever	<i>Carex otrubae</i>			1										Valse voszegge
oever	<i>Cirsium palustre</i>				1									Kale jonker
oever	<i>Epilobium</i>			1										Basterdwederik (G)
oever	<i>Epilobium hirsutum</i>		2	3	3		2	2	1	2	3	3	2	Harig wilgenroosje
oever	<i>Eupatorium cannabinum</i>		2	2	2		2	2	1	2	2	2	2	Koninginnekruid
oever	<i>Filipendula ulmaria</i>		1	1	1		1	1			1	1	1	Moerasspirea
oever	<i>Galium palustre</i>		1	1				1		1	1	1		Moeraswalstro
oever	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>			1	1									Watermavel
oever	<i>Juncus bufonius</i>				1									Greppelrus
oever	<i>Juncus effusus</i>		1	1	1		1	1		1	2	1	1	Pitrus
oever	<i>Lysimachia nummularia</i>			1	1									Penningkruid
oever	<i>Lysimachia vulgaris</i>		1	1	1		1	1			1	1	1	Grote wederik
oever	<i>Lythrum salicaria</i>		2	1	1		1	2	1	1	2	1	2	Grote kattenstaart
oever	<i>Scutellaria galericulata</i>		1	1	1			2		1	1		2	Blauw gliedkruid
oever	<i>Stachys palustris</i>		1	1	1		1	2	1	2	1	1	2	Moerasandoorn
oever	<i>Stellaria uliginosa</i>		1											Moerasmuur
oever	<i>Symphytum officinale</i>		1	1	1		1	1	1	1	2	1	1	Gewone smeerwortel
oever	<i>Valeriana officinalis</i>		1	1	1			1				1		Echte valeriaan



## Bijlage 5: Bedekking, aantal soorten en EKR macrofyten De Putten

Voor het bedekkingspercentage en de biologische kwaliteit zijn steeds de gemiddelden per locatie en voor alle locaties vermeld. Voor het aantal soorten is steeds het totale aantal soorten per locatie en voor alle locaties vermeld. - = niet relevant, gg = geen gegevens beschikbaar; Klassen: 1 =slecht, 2 = ontoereikend, 3 = matig, 4 = GEP.

Karakteristiek jaar	zuid (449)						noord (928)						west (1005)				oost (1006)				alle				
	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'04	'05	'06	'09	'04	'05	'06	'09					
<b>Bedekkingspercentage</b>																									
submers	20	95	80	66	60	60	64	10	50	5	3	75	2	24	75	1	95	85	64	50	10	5	<1	16	42
drijvend	3	3	5	5	1	2	3	<1	1	1	1	1	<1	1	15	5	80	1	25	30	<1	2	1	8	9
kroos	0	0	0	3	<1	1	1	0	0	0	1	<1	<1	0	0	0	0	<1	0	0	0	0	<1	0	0
flab	5	40	5	<1	<1	<1	8	50	40	0	0	<1	<1	15	5	0	0	60	16	0	0	0	0	0	10
emers	20	2	20	7	30	20	17	10	<1	<1	2	2	2	3	20	<1	1	10	8	<1	2	1	1	1	7
totaal	43	98	100	75	90	83	82	20	51	5	5	78	5	27	90	6	100	95	73	70	12	5	2	22	51
<b>Aantal soorten</b>																									
submers	9	9	9	6	6	7	13	6	7	7	5	7	7	9	7	4	5	4	9	6	5	3	5	9	17
drijvend	4	4	5	3	6	4	7	1	3	1	0	4	1	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	7
kroos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
flab	0	2	0	1	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
emers	27	28	25	27	24	25	37	10	14	12	7	13	10	24	8	6	7	10	19	12	11	5	6	18	41
oever	17	21	18	12	13	15	30	14	13	13	3	11	7	23	4	5	5	5	12	6	9	5	2	12	34
alle	64	71	64	57	57	59	91	38	46	39	21	42	31	64	28	23	25	29	44	32	33	21	22	43	104
<b>Ecologische kwaliteit (KRW-type 1a)</b>																									
Klasse	3	3	4	3	3	4	3,3	2	2	1	1	2	1	1,5	3	1	2	2	2,0	3	2	1	1	1,8	2,1
EKR totaal	,57	,43	,63	,57	,48	,62	,55	,30	,31	,19	,14	,40	,18	,25	,52	,11	,34	,31	,32	,41	,22	,14	,09	,22	,33
EKR groeivormen	,54	,31	,67	,62	,46	,67	,55	,37	,32	,11	,19	,44	,17	,27	,77	,11	,49	,43	,45	,50	,27	,16	,09	,26	,38
EKR submers	,50	,40	,80	,99	,93	,93	,76	,40	,80	,20	,12	,87	,08	,41	,87	,04	,40	,70	,50	,80	,40	,20	,02	,36	,51
EKR drijvend	,12	,12	,20	,20	,04	,08	,13	,02	,04	,04	,04	,04	,02	,03	,45	,20	,87	,04	,39	,60	,02	,08	,04	,19	,18
EKR emers	1,0	,40	1,0	,68	,40	1,0	,75	,80	,10	,10	,40	,40	,40	,37	1,0	,10	,20	,80	,53	,10	,40	,20	,20	,23	,47
EKR flab	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EKR kroos	,73	,33	,73	,75	,79	,78	,69	,27	,33	,80	,79	,79	,79	,63	,73	,80	,80	,20	,63	,80	,80	,80	,79	,80	,69
EKR oever	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
EKR soorten	,59	,54	,59	,53	,49	,56	,55	,23	,29	,26	,10	,36	,20	,24	,26	,12	,18	,18	,18	,33	,16	,12	,10	,18	,29



## **Bijlage 6: Tansley-opnamen De Putten (zuiveringsmoeras)**

Zie Tabel 11 voor de verklaring van de getallen.

Soorten van minder voedselrijke korte, gesloten of pioniersituaties, vaak met wisselende waterstand en soorten van niet vervuilde zoete wateren zijn gemerkt met een asterisk (\*).

Laag	Locatie	zuid (449)					noord (928)					west (1005)			oost (1006)			Soort						
		Datum	19-07-04	20-07-05	12-07-06	11-07-07	24-06-08	01-07-09	19-07-04	20-07-05	12-07-06	11-07-07	24-06-08	01-07-09	19-07-04	20-07-05	12-07-06		01-07-09					
<b>Submers</b>																								
	Sterrenkroos		3	1	1	1		2	2		1	2					3	2	3	<i>Callitriche</i>				
	Grof hoornblad		2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	8			<i>Ceratophyllum demersum</i>				
	Brede waterpest													4		8				<i>Elodea canadensis</i>				
	Smalle waterpest		4	9	6	6	3	2	5	6	3	2	2	1	6	1	8	4	5	3	3	1	<i>Elodea nuttallii</i>	
	* Knolrus				2																		<i>Juncus bulbosus</i>	
	Puntkroos		3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	4	1	2							<i>Lemna trisulca</i>	
	Aarvederkruid																	2				2	<i>Myriophyllum spicatum</i>	
	Fonteinikruid (G)													2				2					<i>Potamogeton</i>	
	* Spits fonteinikruid			2																			<i>Potamogeton acutifolius</i>	
	Gekroesd fonteinikruid		2																				1	<i>Potamogeton crispus</i>
	Glanzig fonteinikruid		4	4	4	5	4	6	4	4	4	2	8	3										<i>Potamogeton lucens</i>
	Schedefonteinikruid		2	2	2	1	6		4	1	1	1	8	2				3				2	1	<i>Potamogeton pectinatus</i>
	Tenger fonteinikruid		6	5	2			5							2		8		5	1				<i>Potamogeton pusillus</i>
	Haarfonteinikruid		6		6	2			4		1		2		6	2				1	2			<i>Potamogeton trichoides</i>
	Stijve wateranonkel		2	2		2	2			2		2		2					3	2				<i>Ranunculus circinatus</i>
	Gewoon waterworkje		1																					<i>Riccia fluitans</i>
	Zannichellia							2																<i>Zannichellia palustris</i>
<b>Drijvend</b>																								
	Mannagras		2				2		2		1			2	2	2	3	4	4	3	3			<i>Glyceria fluitans</i>
	Kikkerbeet		3	4	3	3	2	2	2	2	1	2		4	3	5	2	4	2	2	2			<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>
	Gele plomp		1	1	2	1	1	1																<i>Nuphar lutea</i>
	Witte waterlelie					1	1	1																<i>Nymphaea alba</i>
	Watergentiaan				1																			<i>Nymphoides peltata</i>
	Veenwortel			1	1		1		1	1		1												<i>Persicaria amphibia</i>
	Drijvend fonteinikruid		1	2	1		1	2																<i>Potamogeton natans</i>
<b>Flab</b>																								
	Darmwier								1															<i>Enteromorpha</i>
	Waternetje			5		2																		<i>Hydrodictyon reticulatum</i>
	Spiraalwier			3					5															<i>Spirogyra</i>
<b>Kroos</b>																								
	Klein kroos		2	4	4	4	2	3	2	3	3	3	2	4	4	7	2	2	3	2	2			<i>Lemna minor</i>
	Veelwortelig kroos		2	2	2	2	2	3	2	2	2			5	3	3	2	2	2	2	2			<i>Spirodela polyrhiza</i>
<b>Emers</b>																								
	Kalmoes		2	3	3	3	3	5						1		1								<i>Acorus calamus</i>
	Fioringras		2	2					2	3					2	2								<i>Agrostis stolonifera</i>
	Grote waterweegbree		2	2	2	1	1	1		1	2					2		2						<i>Alisma plantago-aquatica</i>
	Kleine waterrepe		2	3	3	3	2	3	3	3	2	1	2	4		2	2	2	2	2	3			<i>Berula erecta</i>
	Heen						1																	<i>Bolboschoenus maritimus</i>
	Zwanebloem		1	2	2	1	2	2		1	1		2					2	2	2				<i>Butomus umbellatus</i>
	Scherpe zegge		1		2	1	2																	<i>Carex acuta</i>
	Pluimzegge			1			2																	<i>Carex paniculata</i>
	Hoge cyperzegge		2	2	3	2	2	3	1										1				2	<i>Carex pseudocyperus</i>
	Oeverzegge		2	1	2	2	2	3						1		2								<i>Carex riparia</i>
	* Snavelzegge					1	2	2																<i>Carex rostrata</i>
	Holpijp											2	2		2		1							<i>Equisetum fluviatile</i>
	Liesgras		2	2	3	3	3	5	2	3	3	2	2	3	2		3		2			1		<i>Glyceria maxima</i>
	* Waterviolier																	1	2	1				<i>Hottonia palustris</i>
	Gele lis		2	1	2	2	2	2					1				1							<i>Iris pseudacorus</i>
	Wolfspoot		2	2	2	1	1						1											<i>Lycopus europaeus</i>
	Moeraswederik		2		1	1																		<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>
	Watermunt			2	2	2	2	2	1	1	1	2	1											<i>Mentha aquatica</i>
	Zompvergeet-mij-nietje		2	2			2	2		2				1				2						<i>Myosotis laxa</i>
	Moerasvergeet mij nietje		2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	4			1	1		2	2	2		<i>Myosotis scorpioides</i>
	Watertorkruid		1															1						<i>Oenanthe aquatica</i>
	Waterpeper		2	1											2			1	1					<i>Persicaria hydropiper</i>
	* Melkeppe			1	1	1					1													<i>Peucedanum palustre</i>
	Rietgras		2	2	2		4		4	4	2	2	2	2		2				3	2			<i>Phalaris arundinacea</i>
	Riet		4	3	5	5	5	5	5	4	4	4	4	3	5	3	3	2						<i>Phragmites australis</i>
	* Egelboterbloem			2		1																		<i>Ranunculus flammula</i>
	* Grote boterbloem							1																<i>Ranunculus lingua</i>
	Blaartrekkende boterbloem		5	1	1		1	1			1		2		1			3	1			2		<i>Ranunculus sceleratus</i>
	Gele waterkers				1	2								1			1			1				<i>Rorippa amphibia</i>
	Slanke waterkers		2	2	2	1	1	1		2		2	1											<i>Rorippa microphylla</i>
	Moeraskers		2	2						1	1													<i>Rorippa palustris</i>
	Waterzuring		1	1		1	1	1	2		1						1							<i>Rumex hydrolapathum</i>
	Pijlkruid		2	3	3	2	2	2		1							1			1	1			<i>Sagittaria sagittifolia</i>
	Mattenbies								1															<i>Schoenoplectus lacustris</i>
	Grote waterrepe					1	1				1	1												<i>Sium latifolium</i>
	Bitterzoet		1	2	2	1	1	1																<i>Solanum dulcamara</i>

Laag	Locatie	zuid (449)					noord (928)				west (1005)			oost (1006)			Soort				
		19-07-04	20-07-05	12-07-06	11-07-07	24-06-08	01-07-09	19-07-04	20-07-05	12-07-06	11-07-07	24-06-08	01-07-09	19-07-04	20-07-05	12-07-06		01-07-09			
Soort	Datum																				
Kleine egelskop		3	2	2	1			1			2							<i>Sparganium emersum</i>			
Grote egelskop				2	1	2	2							1	1				<i>Sparganium erectum</i>		
Kleine lisdodde		2	2	2	2	2	3											<i>Typha angustifolia</i>			
Grote lisdodde		2	2	2	2	2	3										1	<i>Typha latifolia</i>			
Rode waterereprijs											1							<i>Veronica catenata</i>			
Knikkend tandzaad		1	1			1		2					2			2	2	<i>Bidens cernua</i>			
Harig wilgenroosje		1	2	2	1	1			1							1	1	<i>Epilobium hirsutum</i>			
Moerasandoorn		1	2	2		2	3	1	1		1	2	1	2	1	2		1	1	1	
* Zeegroene muur		3															2	<i>Stellaria palustris</i>			
<b>Oever</b>																					
Geknikte vossestaart		2											3			3		<i>Alopecurus geniculatus</i>			
Gewone engelwortel					1	2	1	1	1		1	1			1			<i>Angelica sylvestris</i>			
Tandzaad (G)											1							<i>Bidens</i>			
Smal tandzaad			2															<i>Bidens connata</i>			
Zwart tandzaad		2		1	2	1	1	1		1				1				<i>Bidens frondosa</i>			
Veerdelig tandzaad			1	1	1			1		1								<i>Bidens tripartita</i>			
* Dotterbloem		3																<i>Caltha palustris</i>			
Haagwinde		2	1	1	1	2	2	2										<i>Calystegia sepium</i>			
* Tweerijige zegge				2		1	1			1								<i>Carex disticha</i>			
Stijve zegge						1												<i>Carex elata</i>			
* Geelgroene zegge			1															<i>Carex oederi ssp. oedocarpa</i>			
Kale jonker																1	2	<i>Cirsium palustre</i>			
Basterdwederik (G)		1	2	1			1	2	1				1		1	1	1	<i>Epilobium</i>			
Koninginnekruid			1	1		1	1											<i>Eupatorium cannabinum</i>			
Moerasspirea							1											<i>Filipendula ulmaria</i>			
Moeraswalstro		1	1	1	2	3	2	2	2	1		3	3		1		1	<i>Galium palustre</i>			
* Moerasdroogbloem		2	1	1														<i>Gnaphalium uliginosum</i>			
* Waternavel			2					1										<i>Hydrocotyle vulgaris</i>			
Geveugeld hertshooi			1		1		1	1	1	1								<i>Hypericum tetrapterum</i>			
* Zomprus		3	3	2		2	2		1	2			1					<i>Juncus articulatus</i>			
* Greppelus		5	3	2				1					1			3		<i>Juncus bufonius</i>			
* Biezeknoppen			3		2	2		1		1				1		2		<i>Juncus conglomeratus</i>			
Pitrus		5	6	5	6	5	5	2	3	4	3	5		2	3	3	3	2	4	5	3
Moerasrolklaver		1	2	1	2	1	1	3	2	2		1	2				1		<i>Lotus pedunculatus</i>		
Grote wederk			2					1										<i>Lysimachia vulgaris</i>			
Grote kattenstaart		1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2				1	<i>Lythrum salicaria</i>			
Kluwenzuring										1								<i>Rumex conglomeratus</i>			
Blauw gliedkruid		2	2	2	2	2	2											<i>Scutellaria galericulata</i>			
Echte valeriana					1	1	1	1	1			1	1	1		1		<i>Valeriana officinalis</i>			
* Schildereprijs					1													<i>Veronica scutellata</i>			