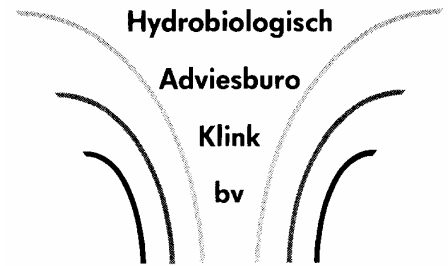


# Paleo-ecologie en KRW-referentie voor laagveenplassen

Een pilotstudie in de Loenderveense Plas



Alexander Klink



# **Paleo-ecologie en KRW-referentie voor laagveenplassen**

**Een pilotstudie in de Loenderveense Plas**

**Alexander Klink**

**Hydrobiologisch Adviesburo Klink Rapporten en  
Mededelingen nr. 95. Project 231 Concept**

**September 2007**

**In opdracht van Waternet en STOWA**

# Inhoudsopgave

<b>1. INLEIDING .....</b>	<b>2</b>
1.1. REFERENTIE EN KRW .....	2
1.2. WAAROM EEN PILOTSTUDIE? .....	3
<b>2. ONTSTAAN VAN DE LOOSDRECHTSE PLASSEN.....</b>	<b>6</b>
<b>3. LOCATIEKEUZE EN MONSTERKEUZE .....</b>	<b>11</b>
3.1. LOCATIEKEUZE .....	11
3.2. BEMONSTERING EN MONSTERKEUZE .....	11
<b>4. BEWERKING VAN DE MONSTERS .....</b>	<b>14</b>
4.1. ALGEN .....	14
4.2. WATERVLOOIEN (CLADOCERA) .....	14
4.3. MACROFAUNA (CHIRONOMIDAE).....	15
4.4. PLANTAARDIGE MACRORESTEN.....	15
<b>5. RESULTATEN .....</b>	<b>16</b>
5.1. SEDIMENTATIESNELHEID EN DICHTHEID VAN DE SUBFOSSIELEN .....	16
5.2. ALGEN .....	17
5.3. DIATOMEËËN .....	18
5.4. WATERVLOOIEN (CLADOCERA) .....	19
5.5. MACROFAUNA (CHIRONOMIDAE).....	21
<b>6. DISCUSSIE .....</b>	<b>23</b>
6.1. DOELSTELLING.....	23
6.2. WAT ZIJN GESCHIKTE GROEPEN ORGANISMEN? .....	23
6.3. CHRONOLOGISCHE INTEGRITEIT .....	24
6.4. INTERPRETATIE VAN HET HUIDIGE MATERIAAL .....	24
6.5. WAAR ZIJN DE BEWONERS VAN HET VOEDSELARME MOSVEEN? .....	25
<b>7. HOE VERDER? .....</b>	<b>26</b>
7.1. BEMONSTERING VAN HET SEDIMENT .....	26
7.2. DATERING .....	27
7.3. RECONSTRUCTIE VAN DE LEVENSGEMEENSCHAP EN DE BIJBEHORENDE MILIEUVARIABLEN .....	27
<b>8. LITERATUUR .....</b>	<b>29</b>

# 1. Inleiding

## 1.1. Referentie en KRW

De Kaderrichtlijn Water (2000) beoogt onder meer de bescherming en verbetering van aquatische ecosystemen en duurzaam gebruik van water. Hiertoe wordt een kader geboden voor het vaststellen van doelen, monitoren van de kwaliteit en nemen van maatregelen. De goede toestand moet bereikt zijn in 2015, maar er is ruimte voor uitstel of een lagere ambitie. De huidige toestand wordt voor het eerst getoetst en gerapporteerd in het Stroomgebiedsbeheersplan in 2009. In maart 2005 heeft NL al aangegeven dat nagenoeg alle wateren ‘at risk’ zijn om in 2015 niet aan de doelstellingen te kunnen voldoen.

### 1.1.1. Goede toestand

De goede toestand is onderverdeeld in een goede chemische en een goede ecologische toestand. De goede ecologische toestand is weer onderverdeeld in een goede biologische toestand en eisen ten aanzien van hydromorfologie, algemene fysische chemie en geloosde overige verontreinigende stoffen.

De technische specificaties worden vermeld in Bijlagen II en III van de KRW. Hierin staat onder andere, dat:

Oppervlaktewateren benoemd en begrensd moeten worden

Dat deze waterlichamen moeten worden ingedeeld in categorieën en typen

Dat per type de ecologische referentiecondities moeten worden bepaald

## 1.1.2. Referentie

De referentie beschrijft een nagenoeg onverstoorde toestand en is dus nadrukkelijk niet hetzelfde als de ecologische norm of beleidsdoelstelling. Voor natuurlijke watertypen ligt de norm bij de (ondergrens van de) Goede Ecologische Toestand. In het geval dat het een sterk veranderd of kunstmatig watertype betreft, wordt een Goed Ecologisch Potentieel als ecologische norm gesteld, waarbij de norm wordt afgeleid van de referentie van het meest gelijkende natuurlijke watertype.

Tenslotte kan deze norm nog worden aangepast in hoogte en tijdstip van realisatie. De uitkomst hiervan is een beleidsdoelstelling.

De referenties voor de natuurlijke watertypen zijn geformuleerd in een globaal beeld met getalswaarden voor de biologie, hydromorfologie en de algemene fysische chemie (GET). De getalswaarden zullen na bestuurlijke besluitvorming onderdeel uitmaken van een AMK. De referentie en norm voor sterk veranderde en kunstmatige wateren wordt niet landelijk uitgewerkt, maar door de rijkswateren door Rijkswaterstaat en voor de regionale wateren zijn hiervoor Provincie en Waterschappen verantwoordelijk.

## 1.2. Waarom een pilotstudie?

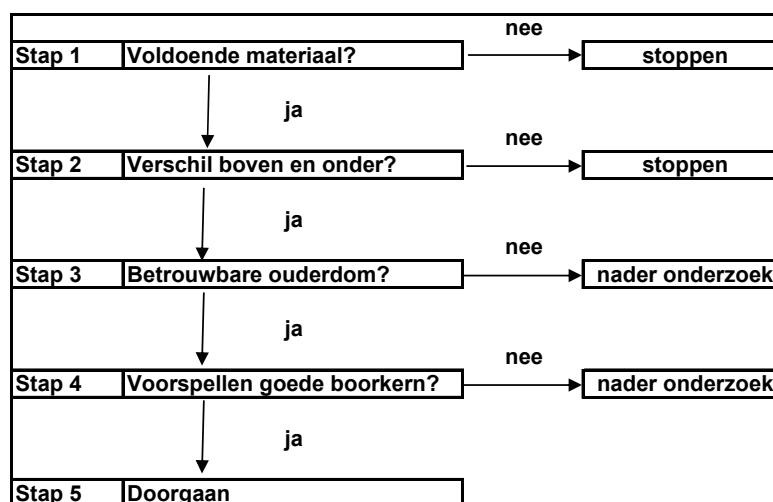
Voor het vaststellen van de referentietoestand van sterk veranderde en kunstmatige wateren, staan slechts een beperkt aantal middelen ter beschikking. Een beproefde methode is historisch onderzoek. Helaas blijkt vaak dat oude gegevens niet systematisch zijn verzameld en deels ook anekdotisch van aard zijn. Bovendien heeft de beschikbare informatie vaak slechts betrekking op populaire groepen van organismen (veelal planten en vogels). Een alternatief dat steeds meer wint in populariteit betreffende klimaat- en waterkwaliteitsstudies is paleo-ecologisch onderzoek. Dit type onderzoek baseert zich op het feit dat veel in het water levende organismen resten nalaten in het sediment. Als dit sediment dan ook op een geordende manier wordt afgezet, dan kan van jaar tot jaar de natuurlijke historie worden teruggelezen. Een mooi voorbeeld hiervan geeft Figuur 1. Een boorkern in een 66 m diep Zwitsers meer (Baldeggersee). Het sediment is opgebouwd uit jaarlijkse laagjes en beslaat een periode van 1885 tot 1993. De omslag van licht naar zwart gekleurd sediment heeft in 1928 plaatsgevonden. Het diepe sediment is vanaf die tijd anoxisch. De diatomeeën geven een graduele verandering van oligotrofe (1885 – 1908) naar eutrofe omstandigheden (1928 – heden).



**Figuur 1. Voorbeeld van gelaagd sediment in een diep Alpenmeer links (Lotter, 1998) en homogeen organisch materiaal (20-220 cm diep) uit de Loenderveense Plas rechts (dit onderzoek)**

In ondiepe laagveenplassen is de gelaagdheid ver te zoeken, zoals blijkt uit Figuur 1. Door wind en scheepvaart wordt de bodem opgewerveld, met als resultaat dat het meeste materiaal zich ophoopt in de zuid-westhoek van de plassen en dat er in de rest van de plas geen sedimentatie optreedt. Tot overmaat van ramp slaat ook het niet vergraven veen weg en mengt dit oude materiaal zich met het recent gevormd slib. Het is dan ook zeer twijfelachtig of paleo-ecologisch onderzoek in deze laagveenplassen bruikbare informatie voor een KRW referentie.

In Figuur 2 staat een diagram met stappen die moeten worden doorlopen opdat zinvolle informatie uit paleo-ecologisch onderzoek kan worden afgeleid.



**Figuur 2. Stroomdiagram voor de beoordeling van een boorkern**

Als richtlijn voor het beoordelen of paleo-ecologie zinvol is in laagveenplassen is een stappenplan opgesteld, met daarin 5 stappen. Tijdens deze pilotstudie zijn de eerste twee stappen onderzocht. De eerste stap is het bepalen of er überhaupt resten van organismen aanwezig zijn. Zijn deze resten in voldoende mate aanwezig, dan wordt een analyse gemaakt van het verschil in samenstelling tussen de boven- en onderkant van een boorkern. Is het verschil te verwaarlozen, dan is het aannemelijk dat het sediment sterk geroerd is en dat oud materiaal niet van jong te onderscheiden is. Als de boven- en onderkant van een boorkern sterk verschillen, dan is dit een belangrijke aanwijzing dat er sprake is van een zekere gelaagdheid. Dit wordt in stap 3 nader onderzocht door, bijvoorbeeld, isotopenonderzoek. In stap 4 ligt de nadruk op het achterhalen van het proces van sedimentatie. Hierdoor kan ervaring worden opgebouwd waar sediment te vinden is dat geschikt is voor referentieonderzoek. Verloopt ook deze stap voorspoedig, dan zijn er geen veldomstandigheden meer die paleo-ecologisch onderzoek in de weg staan. Als stap 1 en 2 niet met goed gevolg worden doorlopen, dan heeft paleo-ecologisch onderzoek in laagveenplassen geen zin. Bij de stappen 3 en 4 dient nader onderzocht te worden waarom er geen betrouwbare ouderdom kan worden bepaald en waarom sediment zich in een plas niet voorspelbaar gedraagt.

## 2. Ontstaan van de Loosdrechtse Plassen

De geschiedenis van de Loosdrechtse Plassen is grotendeels ontleend aan “De noordelijke Vechtplassen flora en fauna” (Bakker et al., 1976). Deze geschiedenis begint na de laatste ijstijd als er een pakket zand is afgezet en de stuwwallen van het Gooi en de Heuvelrug zijn ontstaan. Vanaf 8000 jaar geleden begint er hoogveen te groeien in de laagten waarin nu de plassen liggen. Dit voedselarme veen, grotendeels bestaand uit veenmossen (Sphagnum), groeit onafhankelijk van het grondwater en wordt uitsluitend gevoed door regenwater. Vermoedelijk heeft dit veen zich nog ontwikkeld tot in de eerste eeuwen van onze jaartelling. Langs de randen van de hogere zandgronden kwelt regionaal grondwater omhoog, waarin zich matig voedselrijk zeggemoeras ontwikkelt. Langs de Vecht ontstaan oeverwallen met daarachter komgronden, waarin bij hoog water klei wordt afgezet. In deze strook ontstaat bosveen (wilgen en els) of rietveen als de zee brak water aanvoert vanuit de voorloper van de Zuiderzee. Het hoogveen neemt verreweg het grootste areaal in van het huidige plassengebied en heeft de eigenschap om zich steeds verder omhoog te werken op dikke sponzige lagen van dode mossen. Dit landschap moet onbegaanbaar zijn geweest totdat vanaf 1000 na Chr. grote percelen zijn uitgegeven door de bisschoppen van Utrecht en de graven van Holland. Vanaf die tijd is een begin gemaakt met de ontwatering van het hoogveen. Tot 1530 heeft men uitsluitend droge vervening toegepast. Hierbij werd de bovenste laag (zode met wortels) terzijde gelegd, de tweede laag was waardeloos en werd gebruikt om uitgeveende putten te dichten en geschikt te maken voor akkerbouw en weiland (zg. toemaken van vullinglanden). Hiervoor werd ook vuilnis (inclusief aardewerkscherven e.d.) van de grote steden Amsterdam en Utrecht gebruikt alsmede mest vanuit de omgeving. De derde laag, die tot het grondwater werd uitgestoken, bestond uit witte turf (van veenmos) die zeer waardevol was.



Het resultaat van deze activiteiten was dat het veen door de ontwatering ging inklinken en het voormalige voedselarme hoogveen verzopen werd door het voedselrijke water van de Vecht. Was van oorsprong de Drecht een riviertje dat vanuit het hoogveen afwaterde op de Vecht, al (ver) voor 1719 is een schutsluis bij Mijnden gesticht in de Drecht bij de uitmonding in de Vecht, omdat de Vecht inmiddels hoger lag dan de Drecht.

Vanaf 1530 komen er vermeldingen over het slagturven ofwel de natte vervening, die al tweehonderd jaar eerder werd toegepast bij de turfwinning in de Norfolk Broads in Engeland. Allereerst werd hierbij een legakker aangelegd door de zode af te steken en in het water te werpen. Daarna werd met een baggernet aan een lange stok (beugel) de veenbagger onder water omhoog getrokken. Dit materiaal, dat veel overeenkomst vertoont zal hebben met de gestoken boorkern in de Loenderveensche plas (Figuur 1 rechter deel) werd met water gemengd en in een laag van ca. 40 cm dik op de legakker aangebracht. Na drogen en aanstampen werden hieruit turfjes gesneden dit grofweg 10\*10\*25 cm groot waren.

Voor de Loenderveensche polder wordt in 1653 een vergunning verleend om te vervenen. Zoals in Figuur 3 te zien is, is in 1734 al meer dan de helft van het Loenderveen vergraven. De legakkers zijn echter nog prominent aanwezig en de petgaten waren nog smal.



**Figuur 3. Loenderveen in 1734 (Binnenkant omslag van de boeken Noordelijke (Bakker et al, 1976) en Zuidelijke Vechtplassen (Leentvaar, 1969)). De rode punt is de plaats waar de boorkernen gestoken zijn.**

Iets meer dan een eeuw later is in Figuur 4 te zien dat de vervening zich slechts in beperkte mate heeft voortgezet in westelijke richting. De grootste verandering is het opruimen van de legakkers en het ontstaan





**Figuur 5. De Loenderveensche Polder ca. 1900 (Grote historische Atlas Utrecht (Uitgeverij Nieuwland, 2005).**

De huidige situatie (Figuur 6), zien we de Waterleidingplas, aangelegd in 1957 (Hootsmans, 2001) en de bouw van een zuiveringsinstallatie. vijvers en een stuk land Ten noordwesten van Fort Spion zijn de legakkers omgezet in vijvers en een stuk land. Tegenwoordig komen de legakkers alleen nog voor bij Terra Nova in het noordwestelijke deel van de Loenderveensche Plas. In de vorige eeuw is naar schatting een kwart van deze legakkers verdwenen. Over de recente levensgemeenschap in de Loenderveensche Plas is weinig achterhaald (misschien kan Gerard hier wat aan doen?). Van belang is het onderzoek van Leentvaar en Mörzer Bruyns (1962) die een verspreidingskaartje van Chara-begroeiing geven in de Loosdrechtse Plassen van 1942 en 1961. In 1942 staat Chara in het merendeel van de plassen. Ook in de huidige waterleidingplas en een centraal deel van de huidige Loenderveensche Plas kwamen kranswieren voor. In 1961 is het water vertroebeld en zijn de kranswieren teruggedrongen tot een refugium in het oostelijke deel van de Derde Plas. Een volgende aanslag op de Loosdrechtse Plassen manifesteert zich in het verdwijnen van Krabbenscheervegetaties (Bakker et al., 1972; Higler, 1977). Dit blijkt het gevolg te zijn van het inlaten van Rijnwater (Smolders, 1995). dat dan op zijn smerigst is. Het totaal-P gehalte bedraagt dan ca. 1 mg/l bedraagt. In 2001 is dit nog 0,11 mgP/l (Dijkzeul, 1982; Heymen en

van der Weijden, 1991; RIWA, 2002). In hoeverre de Loenderveense Plas te leiden heeft gehad van de inlaat van dit water is niet achterhaald (Gerard)



**Figuur 6. Loenderveen anno 2003 (ANWB, 2004) .**

Uit het kaartmateriaal komt wel duidelijk naar voren dat slagturven in het verleden een “big business” was. Zo is alleen in het Utrechtse Deel van de Vechtstreek in één jaar (1801) ca. 110 ha gespreide bagger omgezet in turf (Bakker et al., 1976). Deze grootschalige vervening heeft zich doorgezet tot ca. 1850. Land begon al zo schaars te worden dat er in 1833 in Loosdrecht een verbod werd uitgevaardigd op het vervenen van werven, tuinen en hofsteden, opdat het dorp niet verdwijnt. In 1860 wordt er serieus gestudeerd op het droogmaken van de plassen. Zo ver is het nooit gekomen. Alleen de Horstermeer (1882), een natuurlijk meer, en de Bethunepolder (jaartal) zijn drooggemalen.

## 3. Locatiekeuze en monsterkeuze

### 3.1. Locatiekeuze

De locatiekeuze is gemaakt door Waternet als één van de opdrachtgevers (G. ter Heerdt). De keuze is gevallen op de Loenderveense plas omdat deze zich nog lang heeft weten te onttrekken aan de nivellerende werking van de voedselverrijking (eutrofiëring) enerzijds en ook versterking van de bodem door de scheepvaart hier niet optreedt. Binnen deze plas is gekozen voor een locatie waar de maximale hoeveelheid slib aanwezig is. De bodem van de Loenderveense Plas bestaat voor het overgrote deel uit hard zand. Slechts in het zuidelijke deel van het open water bevindt zich een laagje zwart slib van enkele cm op de zandbodem. Alleen in het beschutte deel bij Fort Spion ligt tussen de restanten van de legakkers een vier dikke laag organisch materiaal (zie Figuur 1 rechter deel). Deze locatie is uitgekozen omdat hier al het materiaal bezinkt dat in de plas wordt opgewerveld bij de heersende zuidwesten wind en via de onderstroom dus naar deze hoek wordt getransporteerd.

### 3.2. Bemonstering en monsterkeuze

De bemonstering van het sediment is uitgevoerd met een transparante zuigerboor van Eijkelkamp (Figuur 7). Ook is een UWITEC sediment sampler uitgetest met een buislengte van 60 cm (Figuur 8).



**Figuur 7. Zuigerboor van Eijkelkamp**

Met de zuigerboor is op locatie F(ort)S(pion) V tm XI een reeks diepten bemonsterd van 320 – 0 cm volgens onderstaande tabel. Van deze monsters zijn FS V, FS VI en FSXI in behandeling genomen.

**Tabel 1. Monsters genomen met de zuigerboor**

Zuigerboor Fort Spion 18-7-2007	X 131555	Y 468215	
Monster	boven	onder	materiaal
FSXI	0	50	bruin organisch slib
FSX	50	100	"
FSIX	100	150	"
FSVIII	150	200	"
FSVII	200	225	"
FSVI	225	275	"
FSV	270	320	"



**Figuur 8. UWITEC sediment sampler**

De monsters genomen met de UWITEC sampler zijn op drie verschillende locaties genomen (Tabel 2). FSI en FS IV eveneens bij Fort Spion in de dikke laag organische modder. LP02 is in het zuidelijke deel van de Loenderveense plas genomen op een vast bemonsteringslocatie van Waternet. Dit monster bestaat uit slechts 3 cm zwarte modder Deze monsters zijn ingevroren voor mogelijke analyse in een volgende stadium van dit onderzoek.

**Tabel 2. Monsters genomen met de UWITEC sampler**

<b>UWITEC sampler Fort Spion en Loenderveense Plas Z</b>					
<b>18-7-2007</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>boven</b>	<b>onder</b>	<b>materiaal</b>
FSI: 1	131624	468159	0	11	bruin organisch slib
FSI: 2	131624	468159	11	22	"
FSI: 3	131624	468159	22	32	"
FSI: 4	131624	468159	32	42	"
FSI: 5	131624	468159	42	49	"
FSI: 6	131624	468159	49	58	"
FSIV: 1	131613	468169	206	216	bruin organisch slib
FSIV: 2	131613	468169	216	226	"
FSIV: 3	131613	468169	226	236	"
FSIV: 4	131613	468169	236	246	"
FSIV: 5	131613	468169	246	253	"
FSIV: 6	131613	468169	253	260	"
LP02: 1	132073	468255	0	3	zwart slib

De keuze voor monsters met de zuigerboor is ingegeven door het feit dat met deze boor nauwkeurig op diepte kan worden bemonsterd, door pas op de gewenste diepte de zuiger opwaarts te bewegen. Bij de UWITEC sampler moet bij sediment dikker dan 60 cm de buis door het bovenstaande sediment worden gedrukt, waardoor aanzienlijke verstoring kan optreden. Het nadeel van de zuigerboor is dat het monster tijdens de boring wordt geroerd omdat met de zuiger vacuüm wordt gezogen. Om dit euvel te ondervangen zijn grote monsters genomen over een diepte van ca. 50 cm. De bovenste en onderste zijn aanvankelijk geselecteerd (FSXI en FS V). FSV bleek echter grotendeels van terrestrische oorsprong, zodat vervolgens FSVI in analyse is genomen. Daarnaast zijn van alle monsters van deze boorkern (FSV – FS XI) dichtheden bepaald van de diatomeeën.

## 4. Bewerking van de monsters

### 4.1. Algen

Voor de bestudering van algen is enkele grammen verzameld uit het totale monster. Dit materiaal is gesplitst in twee submonsters, waarvan één voor algen en één voor diatomeeën. Uit beide submonsters is een bekende hoeveelheid geteld onder de microscoop bij een vergroting van 600 maal. Hieruit zijn de dichtheden bepaald in aantal per gram nat- en drooggewicht. Ten behoeve van de determinatie van de algen is onbewerkt materiaal gedetermineerd bij een vergroting van 600 – 900 maal bij scheve belichting. Voor de determinatie van diatomeeën zijn speciale preparaten vervaardigd. Hiervoor zijn de monsters geoxideerd met geconcentreerd zwavelzuur ( $H_2SO_4$ ) en een 30% oplossing van waterstof peroxide ( $H_2O_2$ ) en is het gereinigde materiaal ingegoten in Naphrax. Deze determinaties zijn verricht bij een vergroting van 1500 maal en scheve belichting.

### 4.2. Watervlooien (Cladocera)

Voor de telling en determinatie van Cladocera is een submonster van enkele grammen gespoeld over een zeef met een maaswijdte van 53  $\mu m$ . De zeefrest is in de zeef overgoten met paraffine (zie bij macrofauna) en het materiaal is goed gemengd. Vervolgens is dit materiaal met koud water overgebracht in een bekeerglas en heeft het minimaal een half uur kunnen bezinken. Hierna is de laag paraffine weer gezeefd over een maaswijdte van 53  $\mu m$ . Dit materiaal is vervolgens driemaal gewassen met afwasmiddel en bijna kokend water. Hierna is het materiaal overgebracht in een kweekbuis van 50 ml. De onderdelen van Cladocera en macrofauna drijven hierbij aan het oppervlak. Om dit



materiaal over te brengen op objectglazen, worden twee ruggelings tegen elkaar aan liggende objectglazen langzaam door het wateroppervlak gestoken en weer teruggehaald. De chitine blijft aan de glaasjes plakken en dit materiaal kan worden afgedekt met een dekglas, nadat een druppel geconcentreerd melkzuur is toegevoegd. Aangezien de drijvende resten niet zijn te submonteren, moet al het materiaal uit de kweekbuis worden gevist en geteld. Zowel het tellen als het determineren vindt plaats bij een vergroting van 300 – 600 maal bij scheve belichting.

### 4.3. Macrofauna (Chironomidae)

Voor de telling en determinatie van de macrofauna wordt dezelfde procedure gevolgd als voor de Cladocera. De noodzaak voor een paraffine extractie was bij de Cladocera niet strikt noodzakelijk gezien de relatief grote dichtheden in het sediment. Bij de macrofauna bleek deze extractie wel noodzakelijk omdat slechts enkele kopkapsels per gram nat materiaal aanwezig waren. Het verzamelen van voldoende kopkapsels zou zonder paraffine meerdere dagen in beslag genomen hebben. Met deze extractie kan binnen 4-6 uur een voldoende groot aantal kopkapsels worden verzameld. Verschillen met de verwerking van Cladocera zijn:

- Er is meer uitgangsmateriaal nodig (orde 10-tallen grammen)
- Het materiaal wordt gezeefd over 106  $\mu\text{m}$  ipv. 53  $\mu\text{m}$
- De macrofauna wordt op het objectglas met een naald tussen de resten van de Cladocera uitgevist en overgebracht op een ander objectglas voor de determinatie.

### 4.4. Plantaardige macroresten

De plantaardige macroresten blijven achter in de waterfase na de scheiding met paraffine. In deze fase van het onderzoek is met dit materiaal nog niets gedaan. Een eerste inspectie leerde dat er geen of nauwelijks plantenzaden in voorkomen en ook oösporen van kranswieren zijn niet aangetroffen. Wel zijn blaadjes aangetroffen van veenmos (Sphagnum), afkomstig uit het voormalige hoogveen.

## 5. Resultaten

### 5.1. Sedimentatiesnelheid en dichtheid van de subfossielen

Op grond van de oude kaarten blijkt dat het monsterpunt bij Port Spion nog land was in 1734. Rond 1850 waren er op deze locatie petgaten en legakkers aanwezig. Indien we aannemen dat de locatie in 1800 is uitgeveend, dan hebben we sediment bemonsterd die een periode van 207 jaar zou omvatten. Aangezien tenminste tot een diepte van 275 cm resten van aquatische organismen in grote aantallen zijn aangetroffen, betekent dit dat er jaarlijks gemiddeld 13,3 mm materiaal op deze locatie bezonken zou zijn. In vergelijking met de literatuur is dit een vrij uitzonderlijke situatie. Een geringe sedimentatiesnelheid bedraagt ca. 1 mm/jaar en wordt in een aantal Canadese meren aangetroffen (Walker en Mathewes, 1989). In een klein alpenmeer is door Heiri en Lotter (2003) een sedimentatiesnelheid berekend van 1,8 mm/jaar gedurende de afgelopen 1000 jaar. Klink (1986) meet in zes verzuurde Nederlandse vennen een gemiddelde sedimentatiesnelheid van 1,9 mm per jaar met een spreiding van 1 – 3,9 mm/j. In een Baai in Ontario waar een stroomgebied van 17.000 km<sup>2</sup> op afwatert, vindt Warwick (1980) een sedimentatie van 2,6 mm/jaar. Kansanen (1986) treft in het meest geëutrofeerde meer van Finland een sedimentatiesnelheid aan van 3,9 mm/jaar. In een eutroof Zweeds meer waarin enkele rivieren uitkomen, meten Wiederholm en Eriksson (1979) tot 4,7 mm/jaar. In het IJsselmeer is er van 1950 tot 2005 gemiddeld 6,7 mm/jaar gesedimenteerd (TNO, 2006). Spaanse stuwmeren spannen de kroon met een maximum van 100 mm/jaar (Prat en Daroca, 1983).

In Tabel 3 zijn de dichtheden weergegeven van de geanalyseerde groepen. Algen en diatomeeën zijn talrijk aanwezig in de monsters. Met enkele grammen is ook al een goede analyse mogelijk met de Cladocera. Voor de Chironomidae geldt dat ca. 100 gram sediment

geanalyseerd moet worden om een representatief beeld (200 resten) te krijgen van het monster.

**Tabel 3. Dichtheden van de verschillende groepen per g nat monster**

Zuigerboor Fort Spion Monster	Dichtheden	
	FSVI	FS XI
Diepte cm in bodem	225-275	0-50
Algen	48.908	370.313
Diatomeeën	224.000	237.000
Cladocera	162	74
Chironomidae	2,0	3,2

In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van de afzonderlijke groepen in de twee monsters. Hierbij moet in gedachte worden gehouden dat het uitgangsmateriaal bestaat uit ca. 600 ml materiaal en dat er voor de algen en diatomeeën uiteindelijk maar enige µg materiaal zijn gedetermineerd. Voor de Cladocera zijn enkele grammen bekeken en voor de Chironomidae zijn hoeveelheden geanalyseerd die representatief geacht kunnen worden voor het monster. Ondanks deze restrictie zal een vergelijking worden gemaakt tussen de soorten uit de verschillende monsters en zal een grove milieu-indicatie worden gegeven van de betreffende monsters. Daarnaast wordt een similariteits ratio gegeven om de mate van overeenkomst tussen de monsters weer te geven volgens:

$$\text{Similariteits ratio} = \frac{\sum X_{ij}X_{ik}}{(\sum (X_{ij})^2 + \sum (X_{ik})^2 - \sum X_{ij}X_{ik})}$$

$X_{ij}$  = aantal van soort i in monster j

$X_{ik}$  = aantal van soort i in monster k

De werkelijke aantallen zijn hierbij wortel getransformeerd.

Deze ratio ligt tussen 0 en 1, waarbij er in het eerste geval geen enkele soort in beide monsters voorkomt en de ratio is 1 als alle soorten in dezelfde aantallen voorkomen in beide monsters.

## 5.2. Algen

Van algen zijn in de literatuur geen dichtheden gevonden. Deze groep wordt ook zelden meegenomen in paleolimnologisch onderzoek. De resten die zijn aangetroffen zijn afkomstig van een zeer beperkt aantal taxa, waarvan *Pediastrum*, *Scenedesmus* en *Tetraedron* de meest voorkomende zijn. Blijkbaar zijn de omstandigheden in het sediment van de Loenderveense Plas zodanig ongunstig dat de celwand van de andere algengroepen niet bewaard blijven. In een paleoecologisch onderzoek aan zes verzuurde vennen in Nederland bleken er in twee vennen (Achterste Goorven en Groot Huisven) grote aantallen sieralgen (Desmidiaceae) in het sediment bewaard te zijn gebleven (Klink, 1986). Waarom dit in de andere vennen niet het geval was, is niet achterhaald. In Tabel 4 zijn de analyses van de algen weergegeven van de onderzochte monsters.

**Tabel 4. Vergelijking van de algen in de beide monsters**

Zuigerboor Fort Spion Monster Diepte	Algen	
	FVI 225-275 cm	F XI 0-50 cm
Anabaena subcylindrica	3	
Anabaena cf. flos-aquae	1	
Pediastrum biradiatum	1	
Tetrastrum hortobagyi	1	
Scenedesmus gr. armati 2	34	3
Pediastrum boryanum	19	9
Scenedesmus gr. Desmodesmus	16	14
Tetraedron caudatum	1	1
Pediastrum tetras	3	4
Tetraedron minimum	15	38
Scenedesmus gr. armati 1	5	17
Pediastrum duplex	1	8
Tetrastrum glabrum		1
Chrysococcus		2
Pediastrum simplex		3
<b>Totaal aantal individuen</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Totaal aantal taxa</b>	<b>12</b>	<b>11</b>
<b>Similariteits ratio</b>	<b>0,65</b>	

De similariteits ratio is vrij hoog met 0,65 vrij hoog, omdat de dominante taxa van *Pediastrum*, *Scenedesmus* en *Tetraedron* in beide monsters voorkomen. Deze taxa komen ook vooral voor in voedselrijke wateren. Verder is opmerkelijk dat er in het diepe monster rustsporen van *Anabaena* zijn aangetroffen. Mogelijk een aanwijzing voor blauwalgenbloei in dit monster.

### 5.3. Diatomeeën

In Tabel 5 zijn met behulp van de indicatiewaarden van de afzonderlijke soorten (van Dam et al., 1994) een aantal indicatiewaarden berekend voor beide monsters.

**Tabel 5. Indicatiewaarden voor enige parameters**

Zuigerboor Fort Spion Monster	Diatomeeën	
	FSVI	FS XI
Diepte cm in bodem	225-275 cm	0-50 cm
pH	7,32	7,41
Cl mg/l	325	246
Zuurstof verz. %	75	80
Saprobie	β-meso	β-meso
Trofie	meso-eu	meso-eu
Plankton %	44	13
Benthos %	56	87
Similariteits ratio	0,21	

Uit Tabel 5 blijkt dat de indicatiewaarden voor de meest belangrijke parameters nauwelijks verschillen tussen de monsters. De indicatiewaarde voor zuurstof en chloride zijn wat gunstiger voor het oppervlakkige monster. Wel is er een groot verschil tussen de verdeling van de planktonische en benthische soorten. In het diepe monster is het aandeel van het benthos maar 1,2 maal zoveel als van het plankton. In het ondiepe monster zijn de benthische soorten 6,7 maal zo talrijk als de planktonische soorten. Ook aan de similariteits ratio is te zien dat beide monsters totaal niet op elkaar lijken. In het plankton van het diepe monster domineren *Aulacoseira granulata*, *A. ambigua* en *Thalassiosira bramaputrae*, terwijl in het oppervlakkige monster alleen *Aulacoseira ambigua* frequent voorkomt. In het benthos van FSVI domineren *Fragilaria construens* en de variëteit *binodes* terwijl in FS XI *Fragilaria pinnata* en *F. brevistriata* de belangrijkste soorten zijn.

## 5.4. Watervlooien (Cladocera)

Van de watervlooien zijn alleen resten gevonden van Bosminidae en Chydoridae. Belangrijke grazers als *Daphnia* laten helaas geen exoskelet na in sedimenten (Frey, 1958, 1959), alleen ephippia of wintereieren. Deze zijn in te geringe aantallen in de monsters aanwezig om er bruikbare informatie uit te halen. In FS VI zijn dichtheden gevonden van 162 en in FSXI van 74 resten/g nat materiaal. In vergelijking met de literatuur zijn dit zeer geringe dichtheden. Hofmann (1987) geeft dichtheden op van Cladocera van ca. 5 - >10.000/g natgewicht. De lage dichtheden werden gevonden in laat glaciële afzettingen met veel allochtoon materiaal. Hofmann (1993) noemt voor boorkernen uit de Eifelmaaren dichtheden van 1.000 – 100.000/g drooggewicht. Smol en Boucherle (1985) treffen in het postglaciaal in Ontario dichtheden aan van 5.000 – 100.000 per g drooggewicht, terwijl Edmondson (1969) in een meer in de VS niet verder kwam dan 500 – 5000/g drooggewicht. Bigler et al. (2006) onderzochten in 30 alpenmeren het oppervlakkige sediment en de dichtheden varieerden van ca. 25 – 1800 per g. De laagste dichtheden troffen ze aan in de meren boven de 2500 m.

Tabel 6. Overzicht van de verzamelde watervlooien

Zuigerboor Fort Spion Monster	Watervlooiën	
	FSVI	FS XI
Diepte cm in bodem	225-275 cm	0-50 cm
Dichtheid/g nat	162	74
Pleuroxus cf. aduncus	1	
Schaal type 5	1	
Chydorus sphaericus	102	25
Bosmina longirostris	68	16
Alona quadrangularis	6	12
Alona rectangula	13	53
Disparalona rostrata	1	8
Bosmina coregoni	8	71
Alona affinis		9
Alonella exigua		2
Pleuroxus truncatus		2
Acroperus harpae		1
Leydigia acanthocercoides		1
<b>Totaal aantal</b>	<b>200</b>	<b>200</b>
<b>Litoraal</b>	<b>31</b>	<b>91</b>
<b>Planktonisch</b>	<b>69</b>	<b>9</b>
<b>Similariteitsratio</b>	<b>0,57</b>	

De samenstelling in de twee monsters komt overeen. De meest dominante soorten zijn in beide monsters aanwezig. Voor een kleine groep als *Bosmina* en *Chydoridae* ligt dit ook voor de hand. Deze watervlooiën kunnen worden ingedeeld in drie groepen:

- *Bosmina longirostris*; planktonisch
- *Chydorus sphaericus*; litoraal en planktonisch
- Overige soorten die voorkomen in het litoraal

*Bosmina longirostris* is de enige soort die zich goed staande weet te houden bij veel planktivore vis. Het is ook de enige soort die massaal in eutrofe wateren voorkomt zonder waterplanten voorkomt. *Bosmina coregoni* daarentegen is sterk negatief gecorreleerd aan het voorkomen van planktivore vis en reageert juist positief op het voorkomen van waterplanten in het litoraal (Jeppesen et al., 1996; Lieder, 1996).

*Chydorus sphaericus* is één van de meest vervuilingstolerante soorten, die dominant kan voorkomen in extreem eutroof water of bij andere ernstige verstoringen. In helder water heeft de soort een voorkeur voor het litoraal. In troebele ondiepe eutrofe meren komt de soort ook planktonisch voor. Vooral bij bloei van blauwalgen, hechten ze zich aan deze draden, waarmee ze door het water zweven. Als voedsel zijn de blauwalgen te groot en worden kleinere deeltjes uit het water gefilterd. (Flößner, 1972; Frey, 1985).

De overige soorten (*Chydoridae* en *Bosmina coregoni*) hebben een sterke voorkeur voor ondergedoken waterplanten waartussen ze dekking zoeken (Alhonen, 1970, 1971; Flößner, 1972; Jeppesen et al., 1996).

Het meest sprekende in Tabel 6 is de sterke wisselende verhouding tussen de planktonische en litorale soorten. Hierbij is *Chydorus sphaericus* buiten beschouwing gelaten. In het onderste monster overheerst *Bosmina longirostris* als soort die niet gebonden is aan ondergedoken waterplanten en kan leven in troebel water. In het

bovenste monster zijn het juist de vegetatiebewoners die sterk de overhand hebben en aangeven dat het water relatief helder is.

## 5.5. Macrofauna (Chironomidae)

De monsters worden, wat macrofauna betreft, gedomineerd door resten van dansmuglarven (Chironomidae). Sporadisch zijn resten gevonden van kokerjuffers (Trichoptera), pluimmuggen (Chaoborus), knutten (Ceratopogonidae) en slijkvliegen (Sialis). De dichtheden van de Chironomidae variëren van 2 tot ruim 3 per g nat sediment. Dit is laag in vergelijking met ander onderzoek. Hofmann (1986) adviseert om 5-10 g sediment in analyse te nemen omdat er dan altijd wel 50 exemplaren aangetroffen worden (5 – 10/g). Warwick (1980) analyseerde een kern die de periode 1970 – 2770 BP omsluit en vindt dichtheden van 6 – 124 koppen van Chironomidae per ml. Dichtheden in vijf ondiepe (< 10 m), oligotrofe Noorse meren varieerden van 24 – 2860 kopkapsels/g (Heiri, 2004). Bigler et al. (2006) vond in 30 Zwitserse bergmeren concentraties van 25 – 1900/g). In verzuurde meren kan de dichtheid lager zijn zoals blijkt uit een sterk verzuurd Zweeds meer (14 ind/ml, range 3-24; Henrikson et al., 1982). In zes verzuurde Nederlandse vennen werd een gemiddelde dichtheid van 8 ind./ml aangetroffen (Klink, 1986). Slechts in één onderzoek zijn lagere dichtheden aangetroffen (0,2-11/ml). In dit geval bestroef het een klein Zwitsers meer, waarbij het sediment grotendeels uit anorganisch materiaal bestond (Heiri en Lotter, 2003).

In Tabel 7 wordt een overzicht gegeven van de aangetroffen Chironomidae. De similariteits ratio is met 0,49 vrij hoog. Dit komt doordat abundante soorten in beide monsters voorkomen. Daarnaast geldt voor deze groep, veel meer dan voor de overige groepen, dat een groot deel van het materiaal is verbruikt dat over een diepte van 50 cm is verzameld met de zuigerboor. Aangezien 50 cm gemiddeld in een periode van 38 jaar (50/1,33) zal zijn afgezet is het denkbaar dat de monsters een verzameling zijn van gemeenschappen die in verschillende perioden hebben geleefd. In deze situatie zullen de eurytope soorten veel meer op de voorgrond treden dan de kritische soorten, waardoor de overeenkomst tussen de monsters zal toenemen. Op basis van literatuurgegevens (Brundin, 1949; Saether, 1979; Moller Pillot en Buskens, 1990; Verdonschot et al., 1992; Vallenduuk en Moller Pillot, 2007) is een trofie-indicatiegetal berekend. Dit getal ligt tussen 1 (oligotroof) en 3 (eutroof) in. Beide monsters hebben een score van 2,7. Hieruit blijkt dat de kenmerkende soorten van minder voedselrijk water nauwelijks een rol spelen. *Conchapelopia*, *Lauterborniella agrayloides*, *Micropsectra*, *Natarsia* en *Stempellinella* uit het onderste monster duiden op oligo-mesotrofe omstandigheden. Hierbij is *Lauterborniella* een doelsoort voor laagveenplassen (van der Molen en Pot, 2006). In het bovenste monster is *Nanocladius bicolor* agg. een soort van oligo-mesotrofe omstandigheden. *Microchironomus tener*, *Psectrocladius* gr. *psilopterus* en *Schineriella schineri* zijn soorten van mesotrofe plassen. De overige soorten komen vooral voor in voedselrijk water.

Daarnaast wordt de verdeling gegeven van de het percentage Chironomidae dat leeft op of in modder/slib, vast substraat (planten en stenen) en zand. Hierin blijkt wel enig verschil tussen de monsters aanwezig. Het diepe monster bevat meer bewoners van slib of modder, terwijl het ondiepe monster meer zandbewoners bevat. Voor beide monsters geldt dat vast substraat (grof organisch, planten, stenen) de voornaamste biotoop vormen voor de Chironomidae.

**Tabel 7. Overzicht van de aangetroffen Chironomidae**

Zuigerboor Fort Spion Monster	Dansmuglarven	
	FSVI 225-275	FS XI 0-50
<b>Diepte cm in bodem</b>	<b>2,0</b>	<b>3,2</b>
<b>Dichtheid/g nat</b>		
Conchapelopia	2	
Lauterborniella agrayloides	6	
Micropsectra	5	
Natarsia	2	
Stempellinella	5	
Einfeldia gr. carbonaria	4	
Limnophyes	1	
Macropelopiini	2	
Orthoclaadiinae indet	1	
Parachironomus gr. arcuatus	2	
Tanypodinae fragment	3	
Pseudorthocladius	4	1
Chironomus zwarte gula	32	6
Microtendipes gr. chloris	12	3
Chironomus gr. luridus	21	6
Phaenopsectra	5	2
Cricotopus Isocladius	4	2
Procladius	10	6
Polypedilum nubeculosum	8	6
Glyptotendipes gr. pallens	56	43
Polypedilum sordens	2	2
Dicrotendipes nervosus	2	4
Tanytarsini	4	10
Cladotanytarsus gr. mancus	2	10
Endochironomus albipennis	5	31
Chironomus type 1		6
Chironomus type 2		5
Cladopelma gr. lateralis		3
Corynoneura scutellata agg.		8
Cricotopus gr. cylindraceus		2
Cricotopus gr. fuscus		2
Cryptochironomus		2
Endochironomus gr. dispar		1
Endochironomus tendens		6
Microchironomus tener		4
Nanocladius bicolor agg.		2
Polypedilum bicrenatum		2
Psectrocladius gr. psilopterus		1
Tanytus kraatzi		6
Tanytarsus lestagei agg		16
Schineriella schineri		2
<b>Totaal aantal ind.</b>	<b>200</b>	<b>200</b>
<b>Totaal aantal taxa</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
<b>Similariteits ratio</b>		<b>0,49</b>
<b>Trofie</b>	<b>2,7</b>	<b>2,7</b>
<b>modder/slib</b>	<b>43</b>	<b>24</b>
<b>vast substraat</b>	<b>47</b>	<b>50</b>
<b>zand</b>	<b>10</b>	<b>26</b>



## 6. Discussie

### 6.1. Doelstelling

In Figuur 2 worden de stappen weergegeven die genomen moeten worden om te komen tot zinvol paleoecologisch onderzoek. Stap 1 (is er voldoende materiaal aanwezig?) en stap 2 (is er verschil tussen boven en onderkant van de boorkern) kunnen beide bevestigend worden beantwoord. Daarmee is de doelstelling van deze pilotstudie gehaald.

### 6.2. Wat zijn geschikte groepen organismen?

Tijdens dit onderzoek zijn algen, diatomeeën, watervlooien en dansmuglarven onderzocht. Van deze groepen bleken alleen de algen weinig toe te voegen aan informatie. Ze hebben alle een voorkeur voor eutroof water en het enige onderscheid tussen de monsters kon worden afgeleid uit het al dan niet voorkomen van rustsporen van Anabaena-soorten (draadvormende blauwalgen). De overige groepen hebben wel aanzienlijk bijgedragen aan het begrip van het milieu waarin dit sediment is ontstaan.

## 6.3. Chronologische integriteit

De volgende stap is te komen tot een datering van dit materiaal. In de inleiding is al ter sprake gekomen dat ondiepe meren verre van ideaal zijn voor paleoecologisch onderzoek door allerlei mogelijke verstoringen. Gons et al. (1986) tonen aan dat een groot deel van de bodemdeeltjes tijdens stormen in beweging is in de Loosdechtse Plassen. De plaats waar de minste resuspensie plaatsvindt is overigens de onderzochte locatie. Ondanks deze beperkingen is gebleken dat in zes ondiepe Nederlandse vennen de chronologie van het sediment intact is gebleven. Zelfs in het Beuven, met een oppervlak van ca. 600 ha in een uitgestrekt heidegebied is geen merkbare verstoring door resuspensie opgetreden (Klink, 1986).

Op grond van het geanalyseerde materiaal is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over de chronologie van de boorkern. Dit zal nader onderzocht kunnen worden met kortlevende isotopen (Cs137 en/of Pb210).

## 6.4. Interpretatie van het huidige materiaal

Cruciaal voor de interpretatie van de huidige gegevens is de datering. Aangezien die ontbreekt is het onderstaande gebaseerd op de speculatie dat het diepe monster is afgezet rond 1800, net na de vervening.

*Hoe waarschijnlijk is het dan dat er in die tijd een zeer eenzijdige levensgemeenschap aanwezig is van bewoners van eutroof en troebel water?*

Met als natuurlijke opvatting, dat vroeger alles beter was, is dit geen voor de hand liggend denkbeeld. We moeten echter niet vergeten dat in de periode 1800 – 1850 veel activiteiten in het gebied zijn ontplooid. Te beginnen met het graven van petgaten en het aanleggen van legakkers, gevolgd door het opruimen van de legakkers en tenslotte wellicht het oogsten van Krabbenscheer. Tellen we daarbij op de invloed van het eutrofe Vechtwater op al het veen dat in suspensie aanwezig was, dan is interne eutrofiering niet ondenkbaar. De grote boosdoener bij interne eutrofiëring is immers sulfaat (Smolders, 1995; Lamers et al., 2004) en de natuurlijke concentratie in de Rijn (en dus de Vecht) bedraagt ca. 30 mg/l en in 1875 werd 40 mg/l gemeten (Molt, 1961; van der Weijden en Middelburg, 1989). Van belang hierbij is hoeveel Vechtwater er rond 1800 in de Loenderveensche plas terecht kon komen. Deze plas stond toen in verbinding met het water ten zuiden van de Bloklaan en daardoor wellicht ook in verbinding met de Drecht (zie Figuur 4 ter hoogte van de Witte Brug in de Bloklaan). De huidige (2001) concentratie SO<sub>4</sub> in de Rijn bedraagt gemiddeld 53 mg/l (RIWA, 2002).

De diatomeeën en watervlooien in het bovenste monster wijzen op een beduidend betere situatie, met minder troebel water en meer ondergedoken vegetatie. Voor de Chironomidae zijn de verschillen, met

het diepere monster, in soort- en aantalsamenstelling aanzienlijk. De indicatiewaarden voor trofie zijn echter identiek aan die van het onderste monster. Of deze situatie overeenkomt met die van de huidige Loenderveense Plas dient nog onderzocht te worden.

## 6.5. Waar zijn de bewoners van het voedselarme mosveen?

In de geanalyseerde monsters is de plantaardige fractie niet onderzocht. Hierin zullen ongetwijfeld restanten te vinden zijn die duiden op de hoogveenontwikkeling van weleer. Ook is in beide monsters één blaadje veenmos waargenomen. Aanvankelijk was de verwachting dat er ook resten van algen of fauna van het zure water zouden worden aangetroffen. Aangezien er nog niet één zuurminnende diatomee is waargenomen, moet worden afgeleid dat het toenmalige hoogveen ter plaatse van het type hoogveenbulten moet zijn geweest, waarin er voor aquatisch leven geen plaats is. Dit verklaart dan tevens dat de dichtheden van macrofauna en watervlooien in de monsters zo laag is. Immers het recente materiaal is als het ware verdund met ouder materiaal waarin geen resten aanwezig zijn van deze groepen.

## 7. Hoe verder?

Tijdens deze pilotstudie zijn de eerste onzekerheden overwonnen. Er is voldoende materiaal in het sediment aanwezig om een beeld te krijgen van de aquatische levensgemeenschap en de bijbehorende abiotische omstandigheden. Ook het sediment is niet volledig gemengd, want er bestaan duidelijke verschillen tussen de boven- en onderlaag.

Vervolgonderzoek dient zich te richten op:

- Bemonstering
- Datering
- Reconstructie van de levensgemeenschap en de bijbehorende milieuv variabelen

### 7.1. Bemonstering van het sediment

De gekozen locatie lijkt zeer geschikt voor het nemen van additionele boorkernen omdat de resuspensie minimaal is (Gons et al., 1986) en de ophoping van materiaal maximaal is. Verder weten we dat ter plaatse grofweg 3 m sediment op het hoogveen aanwezig is.

Tijdens dit onderzoek zijn monsters van een zuigerboor gebruikt die per definitie geroerd zijn. Ook de UWITEC sediment sampler is niet geschikt omdat hiermee maar tot max. 110 cm sediment in éénmaal te bemonsteren is. De laag daaronder is niet ongestoord omhoog te halen.

In de vervolgstudie zou er een boring moeten worden gezet die deze laag in zijn geheel en ongestoord naar boven haalt. Hierbij valt te denken aan een zg. vibro-corer, waarmee een lange pijp in het sediment wordt gedreven. Deze buis moet voldoende breed zijn om met dunne plakjes toch voldoende materiaal te verzamelen voor de analyse van

Chironomidae. Gebleken is dat 100 g. nat materiaal voldoet. Er blijft dan nog voldoende over voor de overige groepen en de datering. Deze hoeveelheid heeft een volume van < 100 ml. Uitgaande van een buis met een diameter van 10 cm zou een laagje van 13 mm al voldoende materiaal opleveren. Bij de berekende sedimentatiesnelheid van 13,3 mm/jaar zou levensgemeenschap met een resolutie van één jaar te achterhalen zijn.

## 7.2. Datering

Voor de datering komen twee methoden in aanmerking. De pollendatering en de isotopendatering.

### 7.2.1. Pollendatering

De pollendatering is gebaseerd op de regionale pollen verspreiding die een weerslag is van landbouwgewassen, bosaanplant en ziekten. Zo zijn gewassen als boekweit en rogge opgekomen en verdwenen. De aanplant van de dennenbossen vanaf medio 19<sup>e</sup> eeuw is terug te vinden in het pollenspectrum. Moderne indicatoren zijn bijvoorbeeld mais en cannabis (med. Frans Bunnik).

### 7.2.2. Isotopendatering

Aangezien de periode waarin we geïnteresseerd zijn ca. 200 jaar bedraagt, zijn er twee isotopen die bij uitstek voor datering in aanmerking komen en dat zijn Cs137 en Pb210. Het eerste isotoop heeft een halfwaardetijd van 26,6 jaar en is vrijgekomen bij kernproeven en de nucleaire ramp in Tsjernobil in 1986. Pb210 is een natuurlijk isotoop met een halfwaardetijd van ca. 22 jaar. Deze dateringen kunnen worden ondersteund door pollenonderzoek. Ook de resten in de boorkern kunnen aanleiding zijn voor gericht historisch onderzoek. Hierbij wordt vooral gedacht aan zaden en macroresten van hogere planten zoals Krabbenscheer die in het verleden een belangrijke rol hebben gespeeld.

## 7.3. Reconstructie van de levensgemeenschap en de bijbehorende milieuvariabelen

Tijdens deze pilot is het gelukt om een beeld te krijgen van de diatomeeën, watervlooien en dansmuggen. Vooral voor de diatomeeën

bestaan al veel zg. transfer functions, waarmee abiotische factoren te kwantificeren zijn. Voorbeelden hiervan zijn WACALIB (Line et al., 1994) en EDDI (<http://craticula.ncl.ac.uk/eddi>) waarmee onder andere de pH en totaal P zijn te berekenen uit oude afzettingen. Verder kan gebruik gemaakt worden van zg. trainingsets. Dit zijn bestanden met de levend verzamelde organismen uit laagveenplassen en de daarbij behorende fysisch-chemische factoren. Hierbij wordt voor iedere soort de preferentiewaarde voor de abiotische factoren berekend. Met deze waarden kunnen alle opgenomen abiotische factoren voor de paleo-gemeenschappen in het sediment worden berekend. Een nadeel kan zijn dat deze paleo-gemeenschappen niet meer in Nederland voorkomen en dat buitenlandse gegevens moeten worden opgespoord, die wellicht afwijken van de specifieke Nederlandse situatie. Naast genoemde groepen is het zeker ook de moeite waard om de plantaardige macroresten en pollen te analyseren. De macroresten, geven informatie over de plaatselijke flora, waaronder ook kranswieren. De pollen geven een indicatie van de datering, maar ook een beeld van de locale en extra locale vegetatie.

## 8. Literatuur

- Alhonen, P., 1970 On the significance of the planktonic/littoral ratio in the cladoceran stratigraphy of lake sediments Soc. Sci. Fenn., Comm. Biol. 35: 1-9
- Alhonen, P., 1971 The flandrian development of the pond Hyrynlampi, Southern Finland, with special reference to the pollen and cladoceran stratigraphy Acta Bot. Fenn. 95: 1-19
- ANWB, 2004 ANWB topografische atlas Utrecht/Flevoland 1:25.000 ANWB media 112 pp.
- Bakker, P.A., Hoeven-Loos, C.A.J. van der, Mur, L.R., Stork, A., (red.) 1976 De Noordelijke Vechtplassen Stichting Commissie voor de Vecht en het oostelijk en westelijk Plassengebied 393 pp.
- Berglund, B.E., (ed.), 1985 Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology Wiley & Sons New York 869 pp.
- Bigler, C., Heiri, O., Krskova, R., Lotter, A.F., Sturm, M., 2006 Distribution of diatoms, chironomids and cladocera in surface sediments of thirty mountain lakes in south-east Switzerland Aquat. Sci. 68: 154-171
- Brundin, L., 1949 Chironomiden und andere Bodentiere der Südschwedischer Urgebirgseen. Ein Beitrag zur Kenntnis der bodenfaunistischen Charakterzüge schwedischer oligotrofe Seen Rep. Inst. Freshw. Res. Drott. 30: 1-914
- Dijkzeul, A., 1982 De waterkwaliteit van de Rijn in Nederland in de periode 1970-1981 Rapp. RIZA 82.061: 112 pp.
- Edmondson, W.T., 1969 Cultural eutrophication with special reference to Lake Washington Mitt. Internat. Verein. Limnol. 17: 19-32
- Flößner, D., 1972 Krebstiere, Crustacea. Kiemen-und Blattfüßer, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura Die Tierwelt Deutschlands 60: 501 pp.
- Frey, D.G., 1958 The late glacial cladoceran fauna of a small lake Arch. Hydrobiol. 54: 209-275
- Frey, D.G., 1959 The taxonomic and phylogenetic significance of the head pores of the Chydoridae (Cladocera) Verh. int. Ver. Limnol. 14: 271-278
- Frey, D.G., 1985 Cladocera analysis In: Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology Berglund, B.E. (ed.), Wiley & Sons Ltd: New York p. 667-692
- Gons, H.J., Veeningen, R., Keulen, R. van, 1986 Effects of wind on a shallow lake ecosystem: resuspension of particles in the Loosdrecht Lakes Hydrobiol. Bull. 20(1-2) 109-120

- Heiri, O., 2004 Within-lake variability of subfossil assemblages in shallow Norwegian lakens *J. of Paleolimnology* 32: 67-84
- Heiri, O., Lotter, A.F., 2003 9000 Years of chironomid assemblage dynamics in an alpine lake: long-term trends, sensitivity to disturbance, and resilience of the fauna *J. of Paleolimnology* 30: 273-289
- Henrikson, L., Olofsson, J.B., Oscarson, H.G., 1982 The impact of acidification on Chironomidae (Diptera) as indicated by subfossil stratification *Hydrobiologia* 86: 223-229
- Heymen, R., van der Weijden, M., 1991 Resultaten van het waterkwaliteitsonderzoek in de Rijn in Nederland 1971-1990 RIZA nota 91.047: 109 pp.
- Higler, L.W.G., 1977 Macrofauna-cenoses on Stratiotes plants in Dutch broads *RIN Verhandelingen* 11: 1-86
- Hofmann, W., 1986 Chironomid analysis In: *Handbook of Holocene Palaeoecology and palaeohydrology* B.E. Berglund (ed.), John Wiley & Sons Ltd p. 715-727
- Hofmann, W., 1987 Cladocera in space and time: analysis of lake sediments *Hydrobiologia* 145: 315-321
- Hofmann, W., 1993 Late-glacial/Holocene changes of the climatic and trophic conditions in three Eifel Maar lakes, as indicated by faunal remains 1. Cladocera In: *Negendank, J.F.W., Zolitschka, B., (Eds.)* 393-420
- Hootsmans, M., 2001 Wetland herstel en drinkwatervoorziening: partners voor een duurzame toekomst Verslag van de vijftiende bijeenkomst van het Platform Ecologisch Herstel Meren en Plassen d.d. 17 mei 2001
- Jeppesen, E., Madsen, E.A., Jensen, J.P., 1996 Reconstructing the past density of planctivorous fish and trophic structure from sedimentary zooplankton fossils: a surface sediment calibration data set from shallow lakes *Freshwater Biology* 36: 115-127
- Kansanen, P.H., 1986 Information value of chironomid remains in the uppermost sediment layers of a complex lake bassin *Hydrobiologia* 143: 159-165
- Klink, A., 1986 De geschiedenis van de verzuring in Nederland. Een palaeolimnologische studie naar de invloed van verzuring op levensgemeenschappen in enige zwakgebufferde wateren *Adviesburo Klink Rap. Med.* 27: 43 pp. + bijl.
- Lamers, L.P.M., Munckhof, P.J.J. van den, Klinge, M., Verhoeven, J.T.A., 2004 Verdroogd, vermest, verstart en versnipperd; hoe moet dat nu met onze laagveenwateren? Een onderzoeksplan voor systeemherstel OBN Laagvenen PDF 109-168
- Leentvaar, P. (ed.) 1969 De zuidelijkelijke Vechtplassen; flora en fauna *RIVON Verh. Uitg. St. Vecht & O+W Pl.Gebied* 7: 1-205 + bijl.
- Leentvaar, P., Morzer-Bruijns, M.F., 1962 De verontreiniging van de Loosdrechtse plassen en haar gevolgen *De Levende Natuur* 65: 42-48
- Lieder, U., 1996 Crustacea, Cladocera, Bosminidae Süßwasserflora von Mitteleuropa 8(2-3): 80 pp.
- Line, J.M., Braak, C.J.F. ter, Birks, H.J.B., 1994 WACALIB version 3.3 - a computer program to reconstruct environmental variables from fossil assemblages by weighted averaging and to derive sample-specific errors of prediction *J. of Paleolimnology* 10: 147-152
- Lotter, A.F., 1998 The recent eutrofication of Baldeggersee (Switzerland) as assessed by fossil diatom assemblages *The Holocene* 8: 395-405
- Michielsen, B., Lamers, L., Smolders, F., 2007 Interne eutrofiëring van veenplassen belangrijker dan voorheen erkend? *H2O* 8: 51-54
- Molen, D. van der., Pot, R., (red.), 2006 Referenties en concept-maatlatten voor meren ten behoeve van de kaderrichtlijn water update april 2006 *STOWA 2004-42A*: 271 pp.



- Moller Pillot, H.K.M., Buskens, R.F.M., 1990 De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera). Deel C: autoecologie en verspreiding Nederlandse faunistische Mededelingen 1C 87 pp.
- Molt, E.L., 1961 Verontreiniging van het Rijnwater In: Drinkwatervoorziening 13e vakantie cursus Moormans periodieke pers Den Haag p: 46-71
- Prat, N., Daroca, M.V., 1983 Eutrophication processes in Spanish reservoirs as revealed by biological records in profundal sediments In: Paleolimnology. Proc. 3rd Internat. Symp. Paleolimnol. Hydrobiologia 103: 153-158
- RIWA, 2002 Jaarverslag 2001-2002. De Rijn Rapport RIWA 168 pp.
- Saether, O.A., 1979 Chironomid communities as water quality indicators Holarct. Ecol. 2(2): 65-74
- Saether, O.A., 1980 The influence of eutrofication on deep lake benthic invertebrate communities Prog. Wat. Tech. 12: 161-180
- Smol, J.P., Boucherle, M.M., 1985 Postglacial changes in algal and cladoceran assemblages in Little Round Lake, Ontario Arch. Hydrobiol 103(1): 25-49
- Smolders, A.J.P., 1995 Mechanisms involved in the decline of aquatic macrophytes; in particular of *Stratiotes aloides* L. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen 159 pp.
- Staring, W., 1846 De aardkunde van Salland en het Land van Vollenhove. Eene voorlezing gehouden voor en uitgegeven door de Overijsselsche Vereeniging tot Ontwikkeling van de provinciale Welvaart van Tijl, Zwolle
- Staring, W., 1856 De bodem van Nederland. De zamenstelling en het ontstaan der gronden in Nederland ten behoeve van het algemeen beschreven. Eerste Deel A.C. Kruseman, Haarlem
- TNO, 2006 Diatoms and water quality. Ecological development of Lake IJssel since the construction of the Afsluitdijk Geobiology 4 pp.
- Uitgeverij Nieuwland 2005 Grote historische Atlas Utrecht 1: 25.000 Uitgeverij Nieuwland
- Vallenduuk, H.J., Moller Pillot, H.K.M., 2007 Chironomidae larvae. General ecology and Tanypodinae KNNV Publishing 144 pp.
- van-Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J., 1994 A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms of the Netherlands Neth. J. aquat. Ecol. 28(1): 117 - 133
- van-der-Weijden, C. H., Middelburg, J.J., 1989 Hydrogeochemistry of the River Rhine: Long term and seasonal variability, elemental budgets, base levels and pollution Wat. Res. 23(10): 1247-1266
- Verdonschot, P.F.M., Higler, L.W.G., van der Hoek, W 1992 A list of macroinvertebrates in Dutch water types: a first step towards an ecological classification of surface waters based on key factors Hydrobiol. Bull. 25(3): 241-260
- Walker, I., Mathewes, R.W., 1989 Chironomidae (Diptera) remains in surficial lake sediments from the Canadian Cordillera: analysis of the fauna across an altitudinal gradient J. Paleolimnology 2: 61-80
- Warwick, W.F., 1980 Palaeolimnology of the Bay of Quinte, Lake Ontario: 2800 years of cultural influence Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 206: 118 pp.
- Wiederholm, T., Eriksson, L., 1979 Subfossil chironomids as evidence of eutrophication in Ekoln Bay, central Sweden Hydrobiologia 62(3): 195-208
- Wolters-Noordhoff Atlasproducties 1990 Grote historische atlas van Nederland 1:50.000. 1. West-Nederland Wolters-Noordhoff Atlasproducties 103 pp.



