

# ***Moerasfilter na de Waterzuivering: Verbetering in Waterkwaliteit en Biodiversiteit***



**Sanne Kalshoven, Marlou Scheltes en Lukas Tinbergen**

**Begeleiders: Wim Admiraal, Harm van der Geest, Ruud Kampf en Miriam Leon**

**Cursus Aquatische en Terrestrische Oecologie juli 2006**

*IBED, Aquatische Oecologie, Universiteit van Amsterdam*

*Kruislaan 404, 1098 SM Amsterdam*

## **INHOUDSOPGAVE**

1. Inleiding	2
2. Moerasfilter	3
2.1. Effect van Effluent op een ecosysteem	
2.2. De werking van een moerasfilter	
3. Materiaal en Methode	6
4. Resultaten	9
4.1. Fysische metingen	
4.2. Epiphyton	
4.3. Macro-invertebraten	
4.4. Soortdiversiteit van algen in macro-invertebraten	
5. Discussie	20
6. Literatuurlijst	22
7. Bijlagen	

## 1. INLEIDING

In een Rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) wordt afvalwater via het riool aangevoerd en vervolgens gezuiverd. Het gezuiverde afvalwater, effluent, wordt vervolgens geloosd in een nabij gelegen rivier, kanaal of in ander open water.

De lozing van het effluent is van grote invloed op het ecosysteem van het ontvangende oppervlakte water. Het heeft niet dezelfde kwaliteit als het water bij het lozingspunt, het bezit relatief een hoog nutriënten en organisch stofgehalte en een lage zuurstof concentratie door de hoge bacteriologische activiteit (Foekema, E.M., et al., 2003).

Een oplossing om het effluent meer overeen te laten komen met het ontvangende oppervlakte water is het gebruik maken van zuiveringsmoerassen met helofytenfilters. Hierbij worden nutriënten uit het effluent omgezet in plantaardige biomassa. Deze techniek wordt al jaren in allerlei landen toegepast. In de onderzochte installatie Everestekoog op Texel is nog een bijzondere toevoeging aan de biologische nazuivering gedaan. In een bezinkvijver ontwikkelen zich namelijk grote hoeveelheden watervlooien (*Daphnia*) die het water filtreren. Het combineren van een helofytenfilter en het gebruik van watervlooien wordt gezien als de mogelijkheid om de kwaliteit van het effluent gelijk te krijgen aan de kwaliteit van het oppervlakte water. De toename van de kwaliteit van het effluent sluit goed aan op de Europese Kaderrichtlijn Water, die van waterbeheerders eist dat zij in 2015 hun wateren in een goede ecologische toestand moeten hebben.

Voor ons onderzoek hebben wij metingen gedaan bij de RWZI op Texel, die in beheer is bij het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). Omdat Texel natuurlijk omringd wordt door de Noordzee is behoud van het zoete water een belangrijk aspect. Aan de hand van ons onderzoek willen wij kijken of de na-zuivering door middel van een moerassysteem inderdaad een betere waterkwaliteit tot gevolg heeft. Hierbij wordt gekeken naar de biodiversiteit op verschillende plaatsen in het moerassysteem en naar de zuurstofverzadiging van het water op verschillende stadia van de waterbehandeling. Daarbij is onze onderzoeksvraag: *“Kan het effluent door middel van een moerassysteem samen met de inzet van watervlooien omgezet worden tot water met een goede kwaliteit?”*

In dit verslag zal er eerst beschreven worden hoe een moerassysteem werkt. Vervolgens komt ons onderzoek en de gevonden resultaten ter sprake, we zullen de geschiktheid van de gebruikte methoden bespreken en aanbevelingen doen over verbeteringen aan de installatie.

## **2. MOERASFILTER**

### **2.1 EFFECT VAN EFFLUENT OP EEN ECOSYSTEEM**

De zuivering van afvalwater uit het riool wordt gericht op het omzetten van de organische afvalstoffen waarmee tevens de grote zuurstofvraag weg genomen wordt. Daarnaast worden wordt de enorme stank van het water verwijderd. In moderne installaties wordt tevens zo veel mogelijk stikstof verbindingen verwijderd samen met fosfaat. Dit dient om een algenbloei in het oppervlakte water tegen te gaan (Kampf et al., 1997). Het gezuiverde water is het zogenaamde effluent en dat dient aan kwaliteitscriteria te voldoen voordat het geloosd mag worden.

Lozing van effluent heeft een negatief effect op het oppervlakte water. Oppervlakte water heeft een complex ecosysteem met een hele keten van organismen en de daarbij horenden kringlopen van stikstof en fosfor. Het effluent bezit een hogere concentratie van deze stoffen en de enige organismen die hier voorkomen zijn micro-organismen afkomstig uit de RWZI of van humane oorsprong. Niet alle bacteriën en virussen van menselijke en dierlijke afkomst worden in het proces van de RWZI gedood of verwijderd. Een goede maat hiervoor is het aantal Ecoli bacteriën, dit gehalte wordt in het normale zuiveringsproces teruggebracht van ongeveer 10.000 tot 1000 per ml (Kampf et al., 1997).

Het effluent kan ook toxisch zijn voor aquatische organismen, hierdoor wordt wel waargenomen dat algengroei geremd wordt.

De kwaliteits verschillen tussen effluentwater en oppervlaktewater worden niet, of slechts ten dele overbrugd door conventionele, technische maatregelen (<http://www.ecological-engineering.nl>). Hierdoor kan de opbouw, van een bij het oppervlaktewater behorend ecosysteem, worden belemmerd.

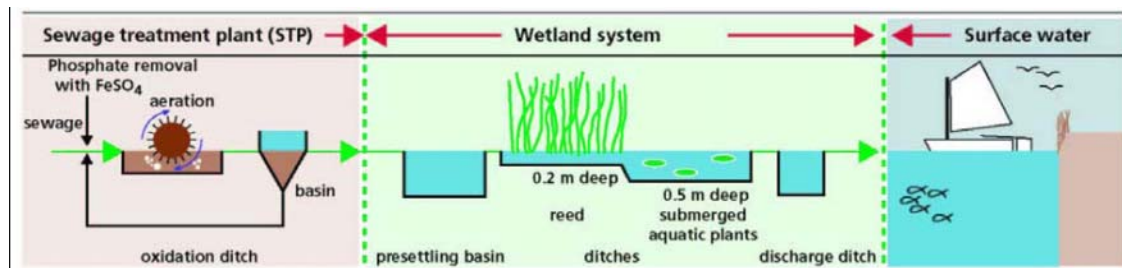
### **2.2 DE WERKING VAN EEN MOERASFILTER**

Een moerasfilter is een systeem van sloten en vijvers waar effluent doorheen stroomt. Hierbij worden eigenschappen van het water veranderd, zodat de kwaliteit meer overeen komt met het oppervlakte water bij het lozingspunt. Een meer natuurlijke waterkwaliteit wordt bereikt door middel van een verdere reductie van P en N gehalten, een herstel van een natuurlijke zuurstofdynamiek en de aanwezigheid en diversiteit van gebiedseigen waterorganismen (Boomen, R.M.,2004).

Net als het oppervlakte water is een moerassysteem ook een ecosysteem, waarbij de zon als energiebron fungeert. Met deze energie kunnen planten de nutriënten uit het water gebruiken die vervolgens weer gebruikt worden in het aanwezige voedselweb. Bij moerassen is alleen het bovenste laagje aëroob en daaronder meestal zuurstofloos. Door een wisselende waterstand kan dit leiden tot een reeks van anaërobe afbraakprocessen. Dit leidt tot overeenkomsten met het

actieve slibstelsysteem, waarin afwisselend aërobe, anoxische en anaërobe afbraakprocessen gebruikt worden (Schreijer, M., et al., 2003)

Het effluent komt terecht in een voorbezinkslot, via duikers wordt het water vervolgens verdeeld over negen sloten, helofytensloten. Daarna komt het effluent van alle negen sloten weer terecht in een afvoerslot.



Bron: (Schreijer, M., et al., 2003)

Dwarsdoorsnede door het moerassysteem van west naar oost (zie ook fig. 3).

Presettling basin = voorbezinkbassin, ditches= helofytendeel, submerged aquatic plants= waterplantendeel, discharge ditch= afvoersloot, eveneens met waterplanten.

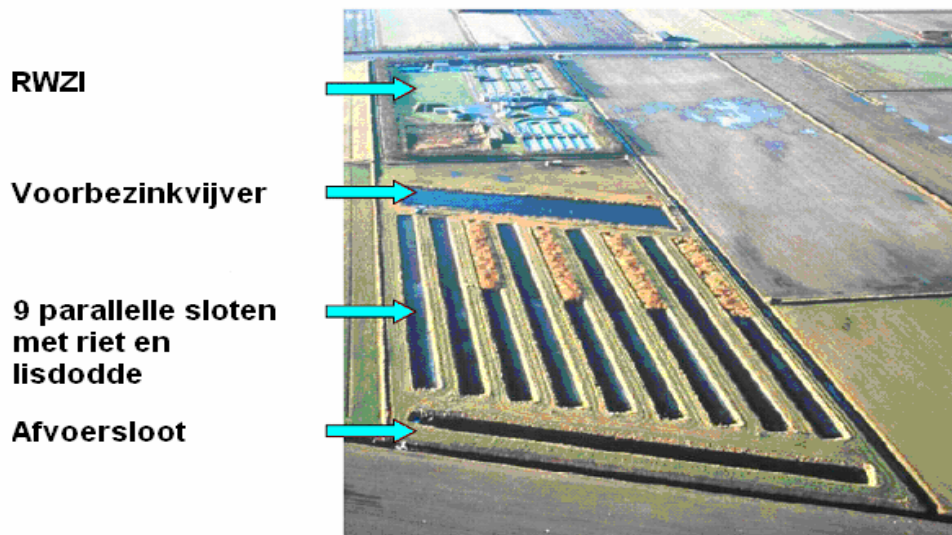
Helofyten zijn planten die in ondiep water groeien, waarbij ze in de bodem wortelen en met stengel en bloeiwijze boven water uitsteken. Voorbeelden van helofyten zijn: riet, lisdodde, biezen, zeggen etc. Helofyten bezitten luchtkanalen, waardoor ze ook kunnen groeien in zuurstofloze (anaërobe) moerasbodems. Via de luchtkanalen wordt zuurstof naar de plantenwortels getransporteerd. Een deel van de zuurstof diffundeert naar de anaërobe moerasbodem, waardoor rondom de plantenwortels wel zuurstof beschikbaar is. Bij een helofytenfilter wordt meestal riet ingezet, omdat deze plant goed bestand is tegen zware of wisselende (chemische) belasting (<http://www.neerslag-magazine.nl/artikel.asp?key=364>). Daarnaast zijn de stengels het hele jaar door aanwezig ook buiten het groeiseizoen.

De ruime aanwezigheid van riet en andere moersplanten zorgt voor een natuurlijke zuiveringscapaciteit van het water doordat het ze invloed hebben op de zuurstofhuishouding, door het invangen van zwevende stof deeltjes, plaats bieden als substraat en schuilplaats aan flora en fauna. Er vindt sedimentatie en flocculatie van zwevend materiaal plaats. Er vindt afbraak plaats op de rietstengels en –wortels, waar biofilms gevormd worden. Door alle processen vindt in deze helofyten bestanden reductie plaats van de gehalten totaal-N, totaal-P, CZV en zwevend stof activiteit (Foekema, E.M., et al., 2003).

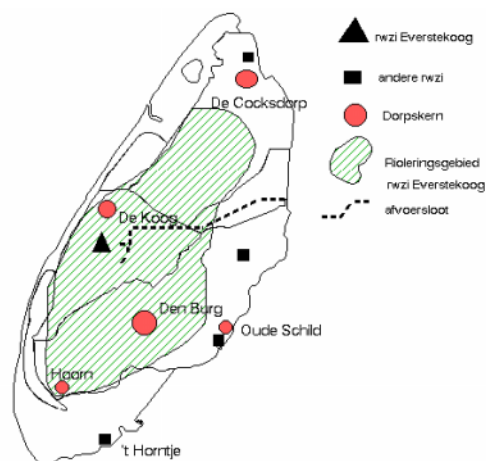
In de sloten zijn tevens zeer veel watervlooien aanwezig. Deze grazen op het resterende actieve slib in het effluent. Hierdoor verandert de samenstelling van het actief slib en krijgt het een meer natuurlijke samenstelling, waarna door de filterende werking nog meer actief slib verdwijnt. Naast de zuiverende werking, hebben de watervlooien ook nog een functie in een

groter geheel. Met de aanwezigheid van de watervlooiën kan de de stand van de stekelbaarjes gestimuleerd worden. De stekelbaarsjes vormen op hun beurt weer de voornaamste voedselbron van de broedende lepelaars. Dit is een zeldzame vogel op Texel en op deze manier kan de aanwezigheid van de lepelaar gestimuleerd worden (Foekema, E.M., et al., 2003).

Verderop in de sloot zorgt de aanwezigheid van waterplanten voor het herstel van de natuurlijke zuurstofdynamiek. Door alle eerdere processen heeft het water een lage zuurstofconcentratie, wat door middel van ondergedoken waterplanten weer wordt hersteld. Dit zorgt voor een natuurlijk dag -en nachtritme van de zuurstof concentratie.



De zuiveringsinstallatie Eversteekoog' op Texel met de onderzochte moerasfilters.



Bron: ( Schreijer, M., et al., 2003)

### 3. MATERIAAL EN METHODE

#### BEMONSTERING

Het onderzoek heeft plaats gevonden bij het RWZI te Eversteekooog, Texel. De bemonstering vond plaats in alle negen sloten en in de voorbezinkvijver, door middel van kicksampling. In elke sloot zijn twee monsters genomen, waarvan één bij de in-stroom en één bij de uit-stroom. Ook in de voorbezinkvijver zijn twee monsters genomen. De bemonstering hield het verzamelen van macro-invertebraten en algen in. Daarnaast werd op iedere locatie de pH en de zuurstofverzadiging gemeten.



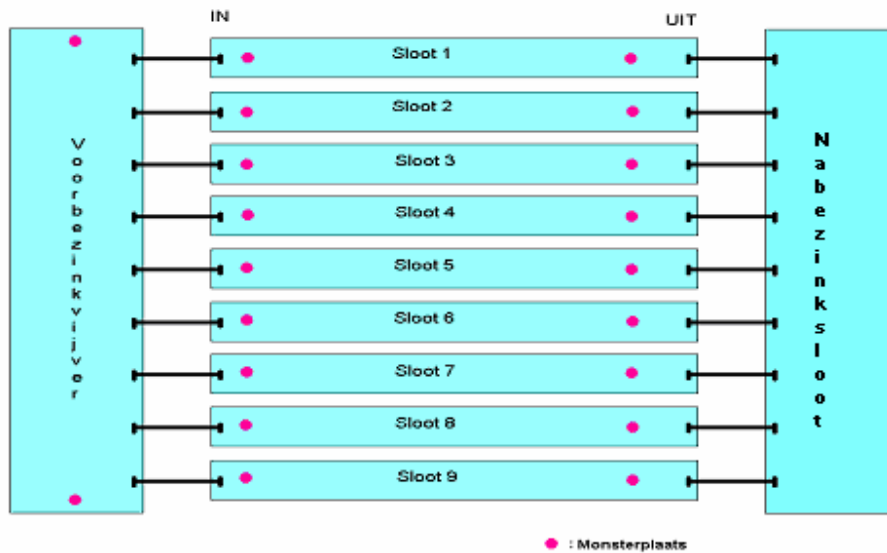
Elke bemonstering is gedaan door een groep van drie mensen. Iedere groep heeft twee monsters genomen. De pH en zuurstofverzadiging zijn door één groep gemeten, met behulp van een WTW pH/Oxi 340i. Door de sensoren circa 5 centimeter in het water te steken, totdat de uitkomst zich gestabiliseerd heeft. Hierbij zijn tevens de waardes van de nabezinksloot gemeten.

De algen zijn alleen verzameld van vast substraat, in dit geval alleen planten. Er zijn algen verzameld van rietstengels. Hier is vervolgens een suspensie van gemaakt door middel van een stuk rietstengel in buisjes slootwater te stoppen en vervolgens te schudden. De hoeveelheid (genoeg om honderd cellen in te tellen) is naar inzicht van de verzamelaar bepaald. De macrofauna is verzameld door met een fijnmazig schepnet (maasgrootte 1mm) oppervlakkig door de plantenmassa te steken gedurende circa tien minuten. Alle emmers en epifytenbuisjes zijn genummerd met het nummer van de sloot en plek (in of uit) van het monster.

De dag erna zijn alle monsters in Amsterdam verder behandeld. De macro-invertebraten zijn per monsters gezeefd met twee zeven (maasgrootte 500 en 200 micrometer). Vervolgens zijn ze zover mogelijk gedetermineerd en allemaal geteld. Aangezien de hoeveelheid aan Daphnia dusdanig groot is in ieder monster, zijn deze niet geteld. De algen monsters zijn onder de microscoop bekeken en gedetermineerd tot op genera. Per monster zijn honderd cellen geteld, wat een percentuele indicatie geeft van het gehele monster.

## DATA ANALYSE

Voor de data analyse hebben we vooral gebruik gemaakt van Excel. We hebben nog een clusteranalyse gemaakt met SPSS, waar geen bruikbare resultaten uitkwamen. Daarnaast hebben we gebruik gemaakt van verschillende indexen om de data te verduidelijken en samen te vatten.



De verschillende indexen die gebruikt zijn staan hier onder uitgelegd

Margalef index:	Diversiteitindex (Index gebaseerd op de diversiteit van macro-invertebraten en epiphyton)	$Da = (S-1) / \ln N$ (hoe hoger het getal, hoe hoger de diversiteit)	Da= Margalef index S= # soorten N= # individuen
GDI:	General Diatom Index (Kwaliteitsindex gebaseerd op Diatomae)	(Uitkomsten: 1-5; 1= meest tollerant; 5= meest gevoelig)	
IPS:	Indice de polluosensibilité (Index voor mate van vervuiling aan de hand van de GDI waarde)	$IPS = 4,75 * GDI - 3,75$ ( >14= goed 11.1-14= gemiddeld 8-11= matig < 8 = slecht )	
BBI:	Belgisch biotische index (kwaliteitsindex gebaseerd op macro-invertebraten)	(Klassen van 1-7; 1= meest gevoelig 7= meest tollerant)	



Jaccard coëfficiënt  
of similarity:

Similariteits index  
(het % soorten van  
het totale aantal  
soorten dat  
gemeenschappelijk  
is voor beide  
monsters)

$I = C / (A + B - C)$   
(percentage  
overeenkomst)

I= Jaccard coëfficiënt  
A= # soorten in-sloten  
B= # soorten uit-sloten  
C= # soorten in-en uit-sloten

## 4. RESULTATEN

### 4.1 FYSISCHE METINGEN

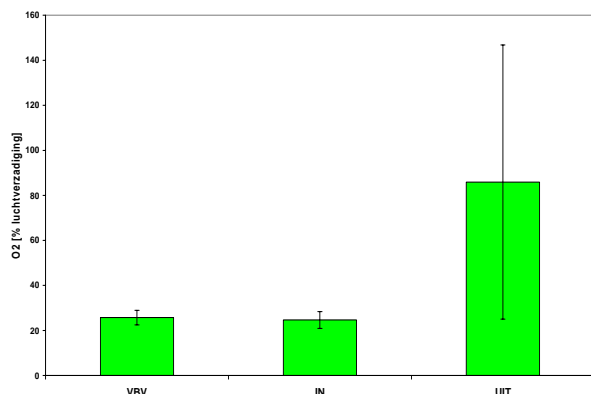
Bij elke monsterplaats in het moerasfilter bij Eversteekooog zijn verschillende fysische metingen gedaan. Uit de metingen, te zien in tabel 1, blijkt dat er geen grote verschillen te zien zijn in de pH waardes en de temperatuur, deze schommelen respectievelijk tussen 7.20 en 7.80, en 16.7 °C en 18.9 °C. De zuurstofverzadiging laat echter wel duidelijke verschillen zien per monsterplaats. Terwijl het water op de meeste sites een verlaagd zuurstof gehalte heeft, zijn er ook sites waarbij een oververzadiging van zuurstof, gehalten boven de 100%, optreden.

Tabel 1

Fysische metingen van het moerasfilter bij Eversteekooog. In de voorbezinkvijver en in elke in- en uit-sloot zijn de pH, zuurstof concentratie en temperatuur bepaald.

	pH	Zuurstof (mg/l)	Zuurstof (%)	Temp. (°C)
Sloot 1 in	7.25	2.11	21.3	16.8
Sloot 1 uit	7.24	1.49	15.2	16.8
Sloot 2 in	7.20	2.07	21.0	17.1
Sloot 2 uit	7.36	5.20	47.6	17.4
Sloot 3 in	7.25	2.16	21.8	16.7
Sloot 3 uit	7.73	15.39	157.0	17.5
Sloot 4 in	7.28	2.51	25.2	16.9
Sloot 4 uit	7.50	7.64	81.1	18.9
Sloot 5 in	7.25	2.37	22.5	16.9
Sloot 5 uit	7.80	16.50	171.6	17.7
Sloot 6 in	7.27	2.43	24.6	16.8
Sloot 6 uit	7.23	3.68	38.2	18.0
Sloot 7 in	7.25	2.41	24.5	16.8
Sloot 7 uit	7.67	15.54	161.7	17.1
Sloot 8 in	7.35	3.13	31.9	17.1
Sloot 8 uit	7.25	5.36	55.6	18.1
Sloot 9 in	7.36	2.83	29.2	17.7
Sloot 9 uit	7.24	4.28	44.5	18.0
Voorbezinkvijver 1	7.27	2.33	23.4	16.9
Voorbezinkvijver 2	7.35	2.80	28.0	17.2

In Figuur 1 is het gemiddelde zuurstofverzadiging en de afwijking hierop aangegeven per site in het waterzuiveringssysteem. De uit-sloot laat een duidelijk gemiddeld hoger percentage in de zuurstofverzadiging zien ten opzichte van de voorbezinkvijver en de in-sloot, het heeft echter ook een grotere afwijking.



**Figuur 1**

Het gemiddelde percentage zuurstofverzadiging en de standaarddeviatie hierop aangegeven per plek in het waterzuiveringssysteem.

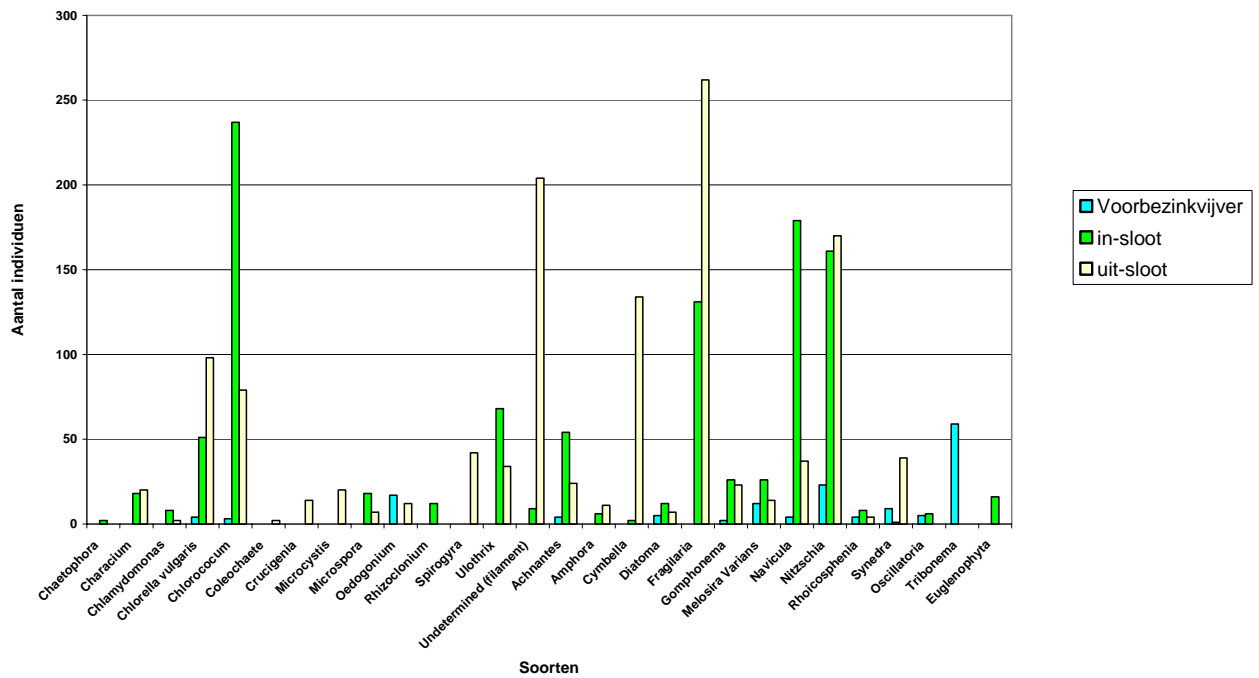
VBV: voorbezinkvijver

IN en UIT: respectievelijk de instroom en uitstroom van de sloten

## 4.2 EPIPHYTON

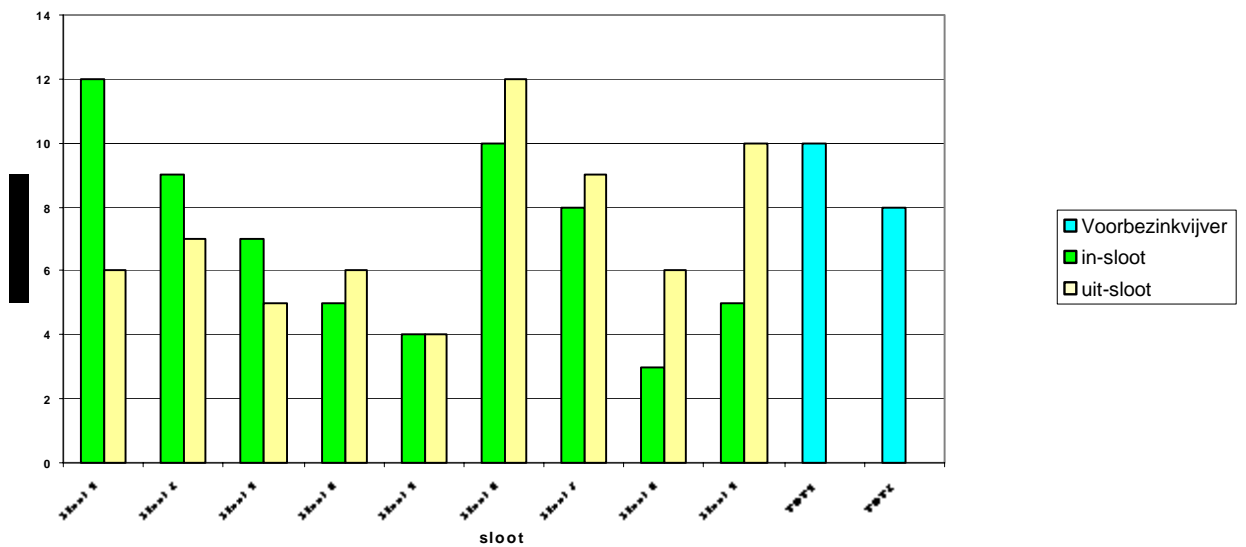
De genera die gevonden zijn staan vermeld in de figuur 2. Uit deze figuur valt op te maken dat de meerderheid van de genera die gevonden zijn ofwel binnen de familie diatomeeën vallen of tot de groenwieren behoren. Slechts een enkele goudwier, blauwalg en oogwier is gevonden. Het aantal individuen dat gevonden is per soort, staat hierin ook uitgezet. Er wordt hier onderscheid gemaakt in positie in het waterzuiveringssysteem, wat laat zien dat er een aantal soorten zijn die op één positie in dit systeem veelvuldig voorkomen en ergens anders vrijwel of zelfs helemaal niet gevonden zijn.

Voor elke monsterplaats is in Figuur 3 het aantal soorten epiphyton uitgezet dat daar voorkomt. Bij 3 sloten neemt het aantal soorten af gezien vanaf het begin van de sloot, waar het effluent in stroomt, ten opzichte van het eind van de sloot. Bij 5 sloten neemt het soorten aantal juist toe, terwijl het in één sloot precies gelijk blijft.



**Figuur 2**

Het aantal getelde individuen per soort van de epifyton uitgezet voor elke positie in het waterzuiveringsysteem. Een aantal genera zijn vrij dominant aanwezig in het systeem, zoals de *Navicula*, *Nitzschia*, *Fragilaria*, *Cymbella* en *Chlorococcum*, en andere zeer zeldzaam zijn in dit systeem, zoals *Chaetophora* en *Coleochaete*.

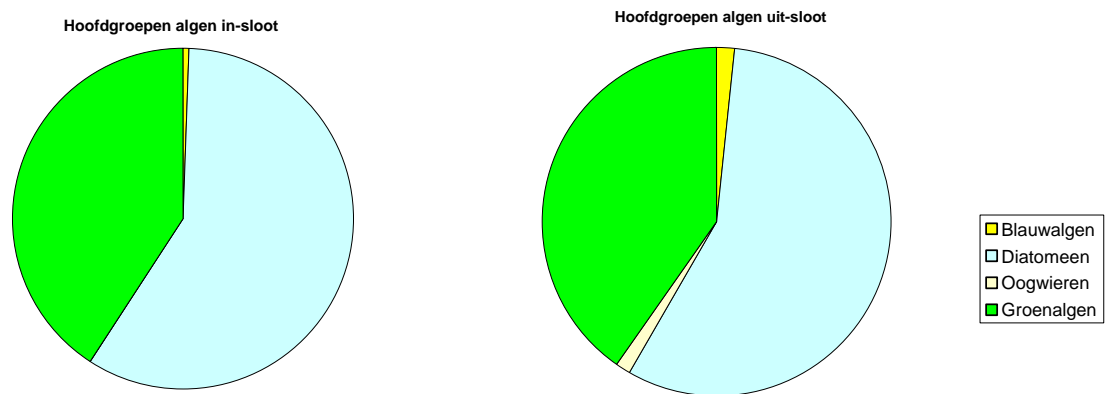


**Figuur 3**

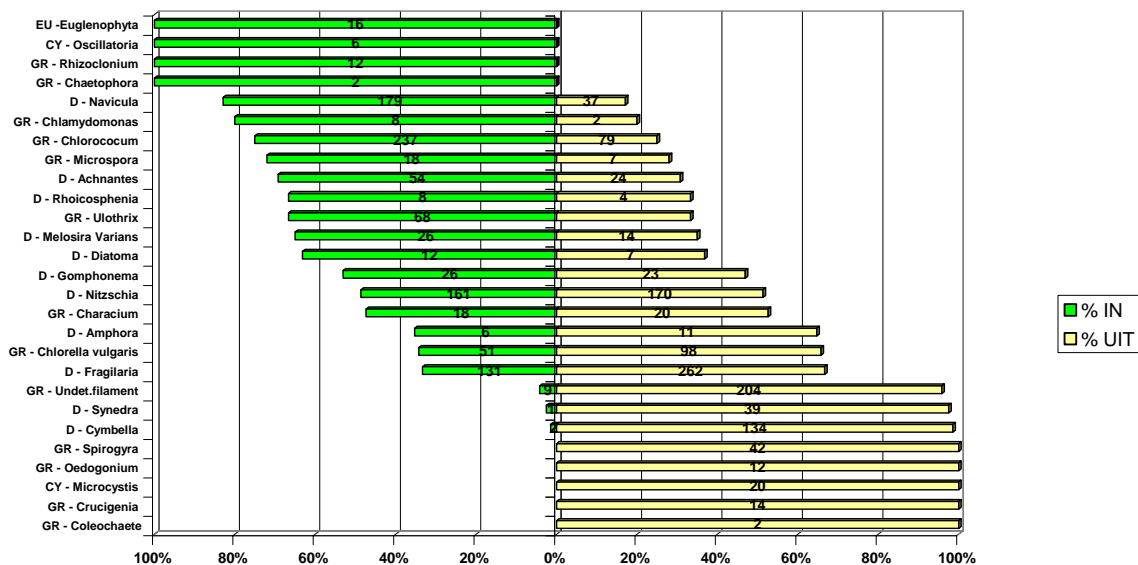
Het aantal soorten Epiphyton dat per monsterplaats voorkomt

In Figuur 4 staan de verhoudingen tussen de algen families weergegeven voor zowel de in- als de uit-sloot. Hier is te zien dat er op familieniveau geen verschuiving plaatsvindt van in de in- naar de uitsloot. De verhoudingen tussen het aantal individuen, per familie, blijven nagenoeg hetzelfde. Echter in Figuur 5 is te zien dat er wel een verschuiving plaatsvindt op het generaniveau.

Enkele genera komen alleen in de in-sloot en andere alleen in de uit-sloot voor. Er is echter nog wel een groot deel dat in beide delen van de sloot voorkomt, niettemin is hier ook een verschuiving te zien. Epiphyton genera als *Navicula* en *Chlorococum* hebben een veel groter aantal individuen in de in-sloot dan in de uit-sloot, terwijl *Cymbella* en *Synedra* voornamelijk in de uit-sloot voorkomen. De Jaccard similariteit tussen de twee posities in het moerasfilter is dan ook nog hoog, namelijk 66,67%.

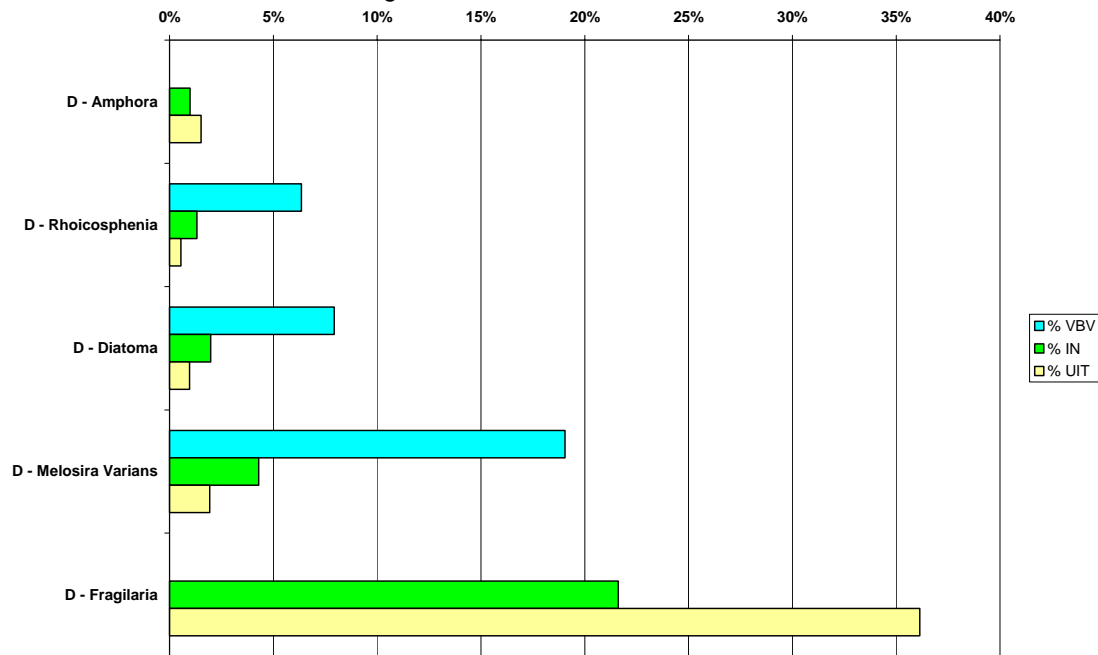


**Figuur 4**  
De verhoudingen tussen de epiphyton families tussen de in- en uit-sloot van het moerasfilter.



**Figuur 5**  
Percentage van genera epiphyton in de in- en de uit-sloot.

Door een aantal indicatoren van waterkwaliteit er uit te lichten zie je een duidelijke verschuiving van de voorbezinkvijver naar de uit-sloot, ofwel toenemend, dan wel afnemend (Figuur 6). De diatomeeën Amphora en Fragilaria laten een duidelijke percentuele toename zien richting de uit-sloot. Terwijl Rhoicosphenia, Diatoma en Melosira Varians juist een duidelijke afname laten zien in de richting van de uit-sloot.



**Figuur 6**  
Percentage van enkele algenindicatoren voor waterkwaliteit per positie in het waterzuiveringssysteem.

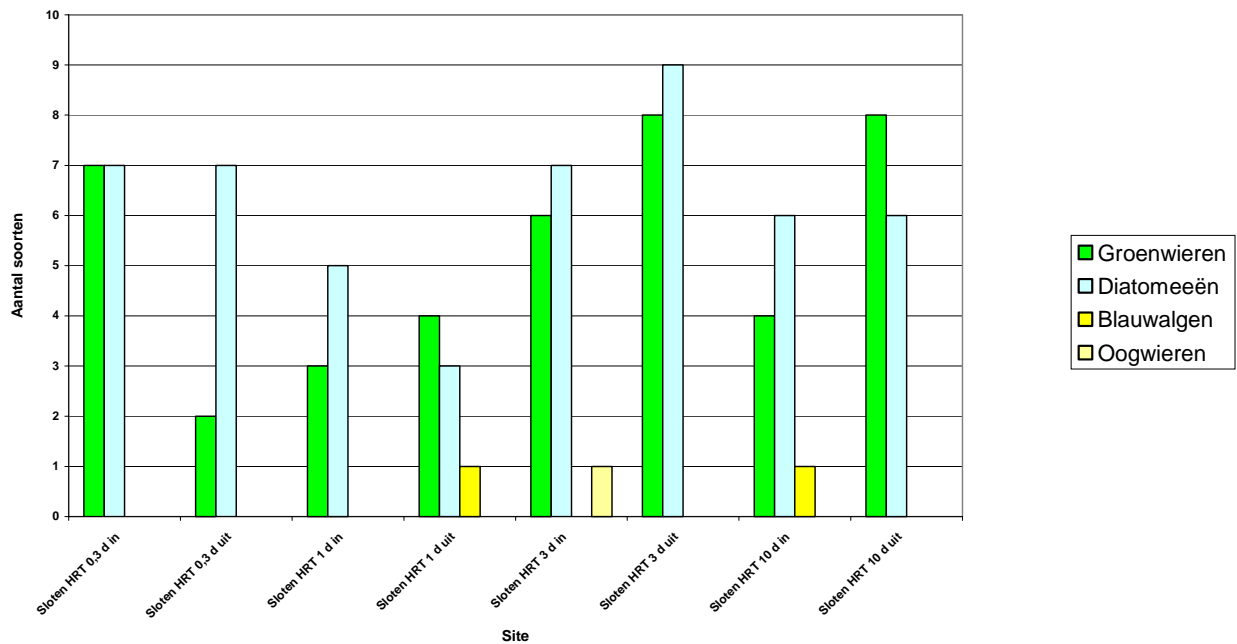
Het water in de sloten van het waterzuiveringssysteem heeft in een aantal sloten een andere verblijftijd (tabel 2). Door het samenvoegen van de sloten met eenzelfde waterverblijftijd, kan er gekeken worden naar wat de invloed hiervan is op het aantal soorten dat voorkomt in de verschillende sloten. In Figuur 7 is dit uitgezet voor de verschillende epiphyton families.

Kijkend naar de families die in alle sloten voorkomen, diatomeeën en groenwieren, is er weer een duidelijke verschuiving te zien van de in-sloot naar de uit-sloot. Vooral bij de groenwieren is er de trend dat er meer soorten voorkomen in de uit-sloot dan in de in-sloot, met als uitzondering de sloot met verblijftijd 0.3 dag. Verder lijkt er een optimum van aantal soorten te zitten bij een verblijftijd van 3 dagen.

**Tabel 2**

De gemiddelde Hydrologische Retentie Tijd van het water (HRT) per sloot

Sloot	HRT (dag)
1 en 4	0.3
3 en 8	1
2, 7 en 9	3
5 en 6	10



**Figuur 7**

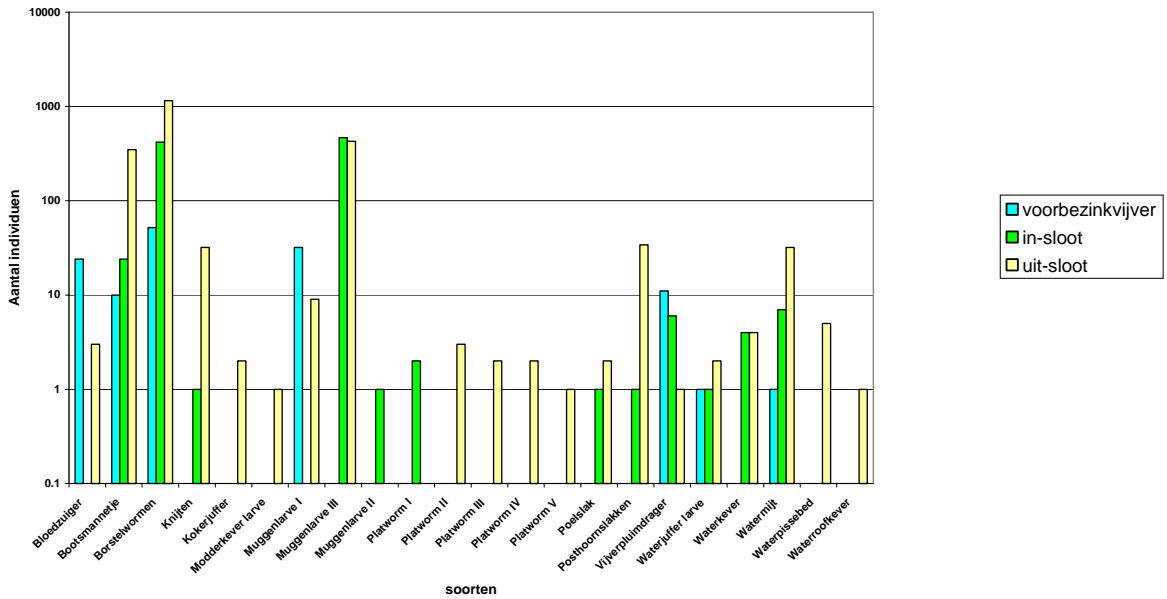
Voorkomen van algenfamilies in sloten, gerangschikt naar waterverblijftijd (HRT 0.3-10 dagen) Voor de verschillende families van het Epiphyton is het soorten aantal in de instroom en de uitstroom.

### 4.3 MACRO-INVERTEBRATEN

In de tabel van bijlage II staan de soorten weergegeven die gevonden zijn per plek in het waterzuiveringsstelsel en hun aantallen. Deze tabel is gebruikt voor de Figuren 8 en 9. In Figuur 8 staan het aantal individuen weergegeven voor elke gevonden soort voor de verschillende posities in het waterzuiveringsstelsel. Er is een log schaal gebruikt vanwege het grote verschil in aantallen tussen de soorten. Van de borstelwormen zijn namelijk meer dan 1000 individuen geteld, terwijl andere veel minder frequent voorkomen, enkele zijn zelfs met slechts één individu vertegenwoordigd. Net als bij de epiphyton laat deze Figuur ook zien dat er een aantal soorten

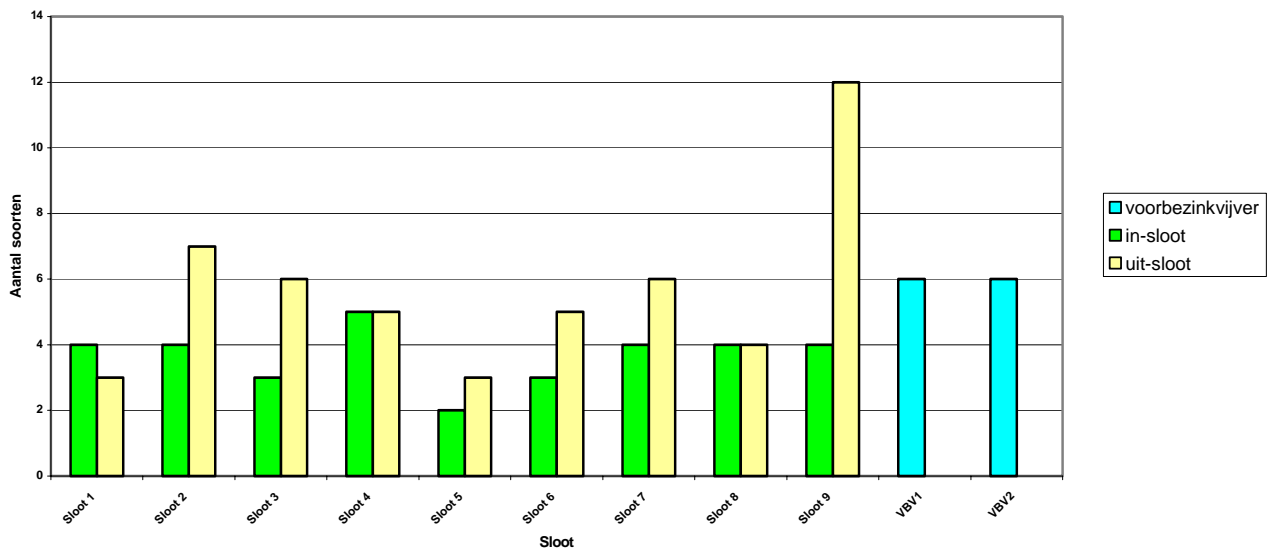
zijn die op één positie in dit systeem veelvuldig voorkomen en ergens anders vrijwel of zelfs helemaal niet gevonden zijn.

In Figuur 9 is voor elke monsterplaats het aantal soorten macro-invertebraten dat daar voorkomt uitgezet. In één sloot neemt het soort aantal af, gezien vanaf de in-sloot, in twee sloten blijft het soort aantal gelijk en in zes sloten neemt het soort aantal toe.



**Figuur 8**

Het aantal individuen macro-invertebraten weergegeven voor elke gevonden soort voor de verschillende posities in het waterzuiveringsysteem.

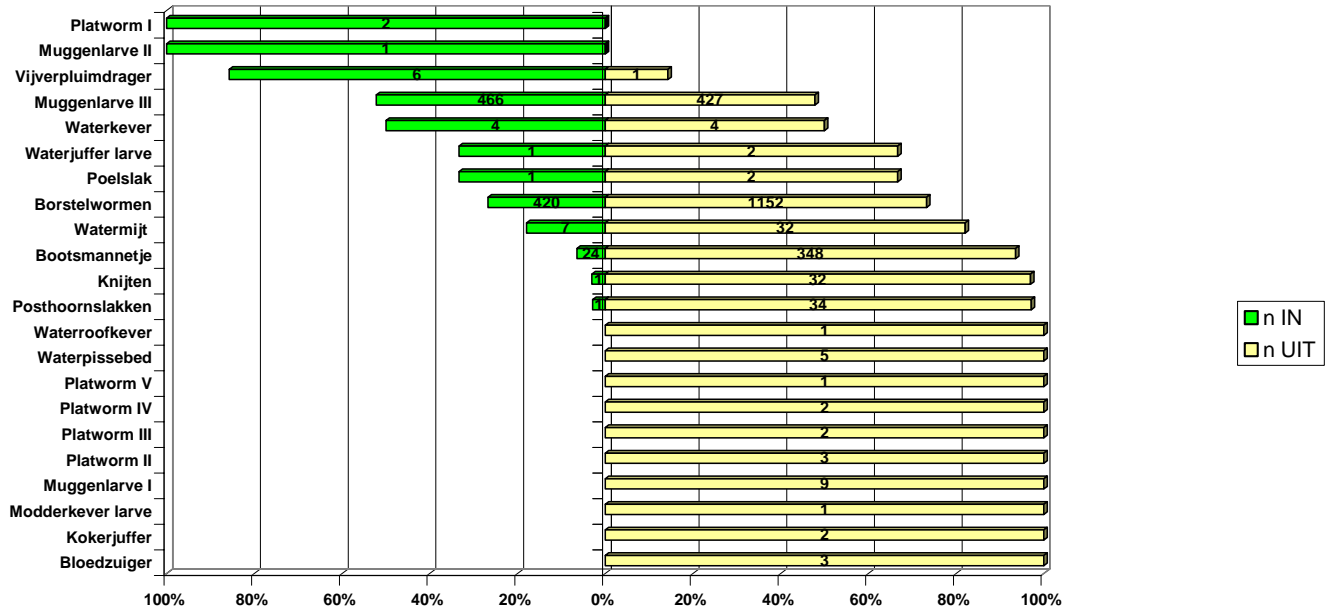


**Figuur 9**

Het aantal soorten macro-invertebraten op de verschillende posities in het waterzuiveringsysteem.

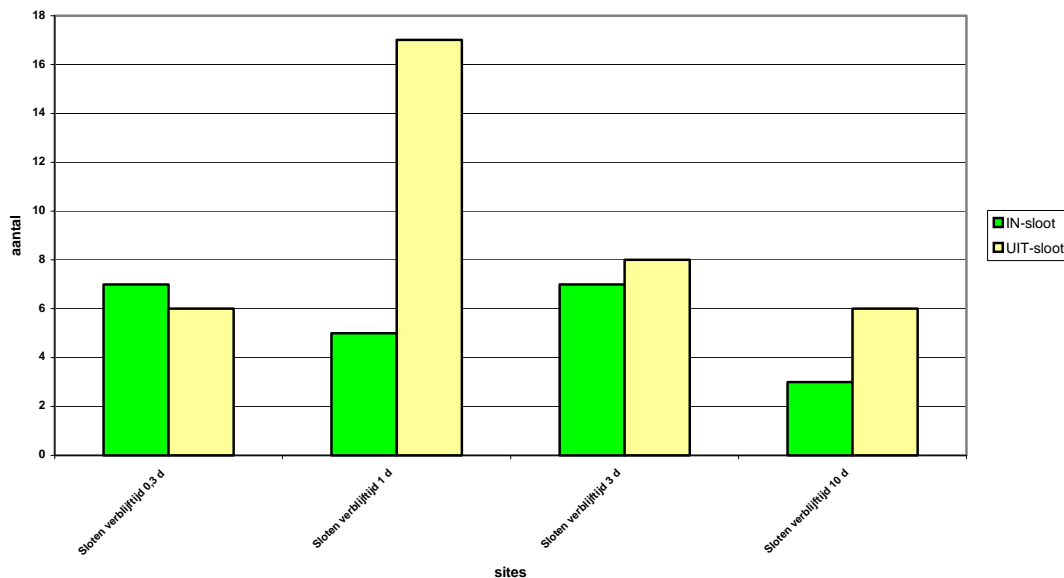


In Figuur 10 is de verschuiving van de macro-invertebraten te zien van de in-sloot ten opzichte van de uit-sloot. Hier is net als bij de epiphyton te zien dat er soorten in zowel de in- als de uit-sloot voorkomen en enkele soorten alleen in de in-sloot. In de uit-sloot zijn er echter wel tien soorten die alleen hier voorkomen, maar met geringe aantallen. Door het minder overeenkomen van de in- en de uit-sloot is de Jaccard similariteit dan ook gering, namelijk 45,45%.



**Figuur 10**  
Percentage van soorten macro-invertebraten in de in- en uit-sloot

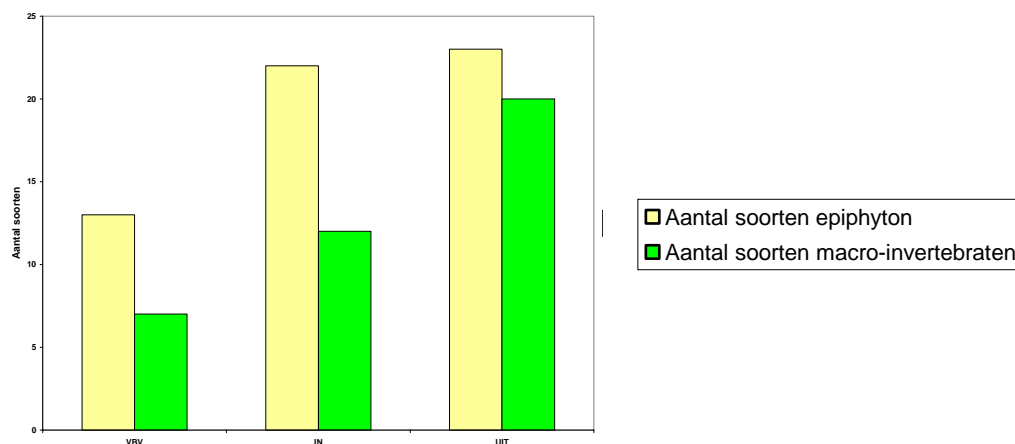
De macro-invertebraten vertonen dezelfde trend als het epiphyton, wanneer de sloten met dezelfde verblijftijd bij elkaar gevoegd worden (Figuur 11). Er is hier ook een duidelijke trend dat er meer soorten dat voorkomen in de uit-sloot ten opzichte van de in-sloot, met weer als enige uitzondering de sloot met verblijftijd 0.3 dag. Verder is er ook weer een klein optimum te zien bij een verblijftijd van 3 dagen.



**Figuur 11**  
 Voor de macro-invertebraten is het soorten aantal weergegeven ten opzichte van de sloten met eenzelfde waterverbleeftijd.

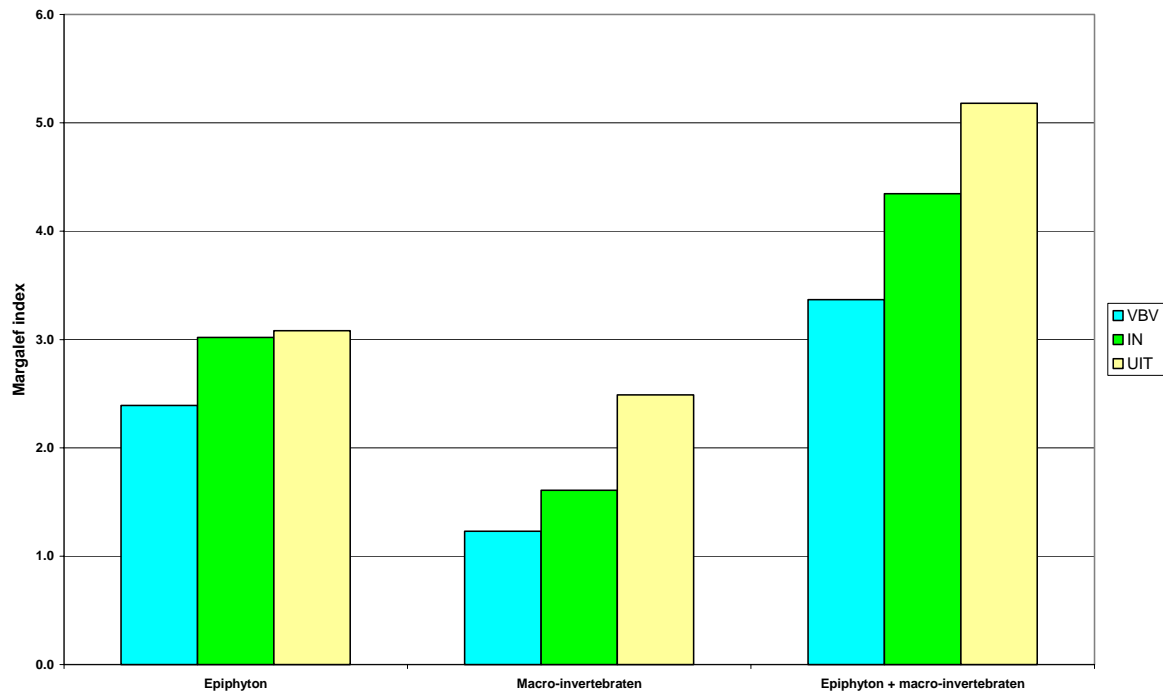
#### 4.4 SOORTSDIVERSITEIT VAN ALGEN IN MACRO-INVERTEBRATEN

Het totaal aantal soorten, voor zowel het epiphyton als de macro-invertebraten, dat gevonden is per positie in het waterzuiveringsysteem staat weergegeven in Figuur 12. Van de voorbezinkvijver naar de uit-sloot is er voor beide categorieën een stijgende lijn waar te nemen in het aantal soorten. De stijgende lijn voor de epiphyton wordt echter minder sterk tussen de in- en de uit-sloot in vergelijking met de macro-invertebraten.



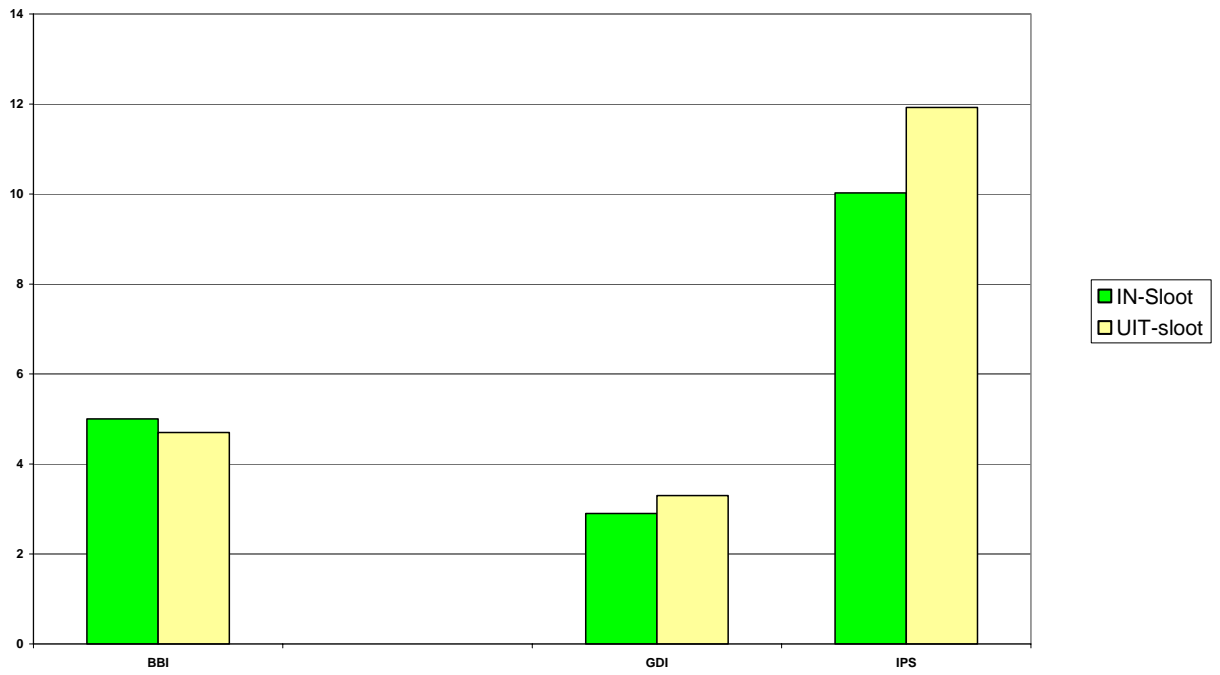
**Figuur 12**  
 Totaal aantal soorten algen en macro-invertebraten per positie in het waterzuiveringsysteem.

Figuur 13 laat zien dat voor zowel epiphyton, als macro-invertebraten en de gehele soortenlijst samengevoegd een stijgende lijn waar te nemen is in diversiteit, van de voorbezinkvijver naar de uit-sloot.



**Figuur 13**  
De Margalef diversiteit index voor de epiphyton, macro-invertebraten en deze samengevoegd per positie in het waterzuiveringsstelsel.

Figuur 14 laat verschillende waterkwaliteitsindexen zien die ofwel van toepassing zijn voor de macro-invertebraten of voor de epiphyton. De *Belgisch Biotische Index* (BBI) geeft voor de macro-invertebraten, met de waarden 4.7 en 5, aan dat het om een matige waterkwaliteit gaat in de gehele sloot. De *General Diatom Index* (GDI) geeft dit zelfde weer voor de epiphyton, met de waarden 2.9 en 3.3. De *Indice de Polluosensibilité* (IPS) geeft echter, met een waarde 10 voor de in-sloot en 11.9 voor de uit-sloot, wel een verschil weer tussen de in- en de uit-sloot. Volgens deze index heeft de in-sloot een matige waterkwaliteit de uit-sloot een gemiddelde waterkwaliteit.

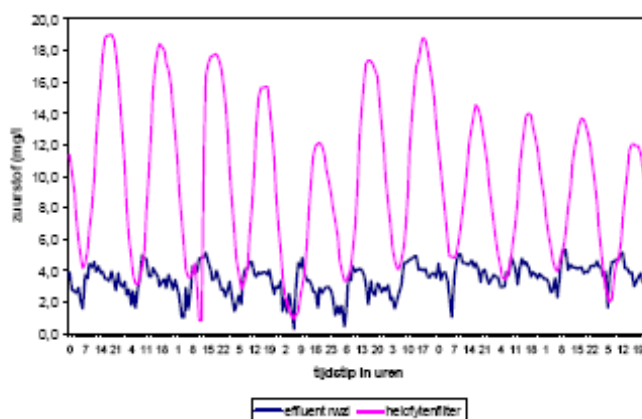


**Figuur 14**  
Verschillende waterkwaliteitsindexen.

## 5. DISCUSSIE

Na ons onderzoek met de vraagstelling: *“Kan het effluent door middel van een moerassysteem in samenwerking met de inzet van watervlooiën omgezet worden tot water met een betere kwaliteit?”* kan concluderend gezegd worden: Deze studie toont zeer duidelijk aan dat de waterkwaliteit en de biodiversiteit toenemen tijdens de passage van effluent door een moerasfilter. De gestelde vraag kan dus positief beantwoord worden. Hieronder worden een aantal aantekeningen gemaakt bij de gebruikte parameters en wordt een aanzet gegeven voor verdere toepassing van het onderzoek.

De zuurstof metingen laten zien dat op één na alle uit-slotten een hogere zuurstofverzadiging hebben. Er zijn wel drie uitschieters en die dragen sterk bij aan de hoge standaard deviatie van de zuurstof verzadiging. Deze variabiliteit is te begrijpen uit eerdere continue metingen van de zuurstofverzadiging (Schreijer, M. et al., 2003). Het natuurlijke dag en nacht ritme van zuurstof in de sloten is bijzonder sterk (Fig. 15). Puntmetingen, zoals gebruikt in onze studie worden dus gemakkelijk beïnvloed door plaatselijke en tijdelijke verschillen.



**Figuur 15**  
Hoeveelheden zuurstof het effluent en helofytenfilter gedurende een paar dagen (Schreijer, M. et al., 2003).

De biodiversiteit neemt naar de uitgang van de moerasfilters sterk toe, zo geven de meeste parameters te zien. Op het niveau van genus was zowel bij de epiphyton als bij de macro-invertebraten een onmiskenbare verschuiving vast te stellen. Duidelijk te zien is dat er meer soorten in de uit-slotten zitten dan in de in-slotten. Dit wordt nog eens bevestigd door de Margalef diversiteitindex, deze laat bij de voorbezinkvijver de laagste diversiteit zien gevolgd door de in-slotten en de uit-slotten met de hoogste diversiteit. Een verschuiving bij een paar indicator soorten sluit hierbij aan. Deze eenduidigheid in een aantal verschillende parameters vindt geen bevestiging bij de toepassing van de ecologische indicatoren. Deze indicatoren zijn gebaseerd op voorkeuren van individuele soorten voor waterkwaliteit, zoals gebleken in eerdere studies aan

allerlei watertypen. Voor het epiphyton geven de IPS waarden wel een betere waterkwaliteit aan in de uit-sloten, maar dit blijkt weer niet uit de berekende GDI index voor algen en de BBI index voor invertebraten. De GDI en de BBI zijn gemaakt om grovere verschillen in waterkwaliteit te bepalen, het zou dus kunnen dat het verschil in waterkwaliteit in de moerasfilters te klein is of dat de sloten te klein zijn en te dicht op elkaar liggen voor deze indexen. Ook was bij de BBI nog een probleem dat een groot deel van de gevonden dieren geen waarde had in de BBI, waardoor deze soorten niet in de berekening betrokken kon worden. Feitelijk is het ook zo dat de biodiversiteit in de moerasfilters laag was en het hier ook een bijzonder watertype, een modderige sloot, betreft, dat niet zonder meer in een internationaal systeem ingeschaald kan worden. Geconcludeerd moet worden dat deze indexen dan ook weinig toepasbaar zijn in de onderzochte moerassystemen.

Een voldoende verblijfstijd van het water in de sloten is mogelijk een belangrijke voorwaarde voor het bereiken van een verbeterde biodiversiteit. Inderdaad bleek een verhoging van de verblijfstijd van 0.3 dag naar 1 en 3 dagen tot een verhoogde biodiversiteit aan de uitstroom van de sloten te leiden. Het lijkt er ook op dat de diversiteit geen verdere toename vertoont bij een verblijfstijd van 10 dagen. De reden daarvan is onduidelijk. Er kan nog niet geconcludeerd worden dat verdere of langere behandeling van water in de moeras filters geen zin heeft. Voor verder onderzoek raden wij toch voornamelijk aan om dezelfde waarnemingen in sloten nogmaals te doen met een controle op de verblijfstijd en een meer eenvormige bemonstering in de lengtes van de sloten. Tevens moet aangetekend worden dat het verrichte onderzoek een tijdopname is, die in andere seizoenen een ander beeld kan geven. De bemonstering vond nu plaats in het voorjaar en de toeristenstroom, die de rwzi belast kan later in het jaar tot verschuivingen leiden.

Voor dit specifieke systeem raden wij vooralsnog aan om de stroomsnelheid van alle sloten af te stemmen op de waargenomen optimale verblijfstijd van drie dagen. Daarnaast zou het een mogelijkheid kunnen zijn de sloten breder te maken om zo meer oppervlakte te creëren, zodat er meer helofyten en waterplanten hun werk kunnen doen. Om de waterkwaliteit nog verder te verbeteren lijkt het ons nodig om de biodiversiteit in de nabezinksloot, en het ontvangende oppervlakte water te onderzoeken. Op het terrein van de rwzi en moerasfilters is ruimte gereserveerd voor uitbreiding van de moerasfilters. Voor zover bekend heeft de beheerder de werking van het moerasfilter nog niet geoptimaliseerd op de biodiversiteittoename, zoals aangetoond in deze studie. In het licht van de noodzaak om volgens de EU kaderrichtlijn Water een goede ecologische kwaliteit te garanderen lijkt het noodzakelijk de installatie verder aan te passen op verbetering van de biodiversiteit.

## 6. LITERATUURLIJST

Boomen, R.M. (2004). Praktijkonderzoek moerassysteem RWZI Land van Cuijk. *Stowa*, Utrecht.

Foekema, E.M., Blankendaal, V.G., Goedhart, P.C. & Hoornsman, G.(2003). Ecotoxicologische aspecten bij de nabehandeling van rwzi-effluenten met behulp van biomassa kwe. *Stowa*, Utrecht.

Kampf, R., Schreijer, M., Toet, S. & Verhoeven, J.T.A. (1997).; Van effluent tot bruikbaar oppervlaktewater.

Pauw, de N. & Vannevel, R. (2000). *Macro – invertebraten en waterkwaliteit*. Antwerpen; Kipdorp 11.

Schreijer, M., Kampf, R., Verhoeven, J.T.A. & Toet, S.(2003). Nabehandeling van RWZI-effluent tot bruikbaar oppervlaktewater in een moerassysteem. Purmerend.

Internet:

[www.ecological-engineering.nl](http://www.ecological-engineering.nl)

[www.neerslag-magazine.nl/artikel.asp?key=364](http://www.neerslag-magazine.nl/artikel.asp?key=364)

[www.rekel.nl](http://www.rekel.nl)

[www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

[www.waterharmonica.nl](http://www.waterharmonica.nl)