



<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>3</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>4</b>
<b>INLEDNING</b> .....	<b>5</b>
<b>SYFTE</b> .....	<b>7</b>
<b>BAKGRUND</b> .....	<b>8</b>
NÄRINGSÄMNINGEN .....	8
N/P-kvot .....	8
Kväve .....	8
Fosfor .....	9
Syrgashalt och konduktivitet .....	9
VATTENRENINGSKÄRR.....	10
Utförande.....	10
Funktion.....	10
Möjliga problem.....	11
KOMMUNALA VATTENRENINGSVÄRK .....	12
JÄMFÖRELSE MELLAN KOMMUNALT VATTENRENINGSVÄRK OCH VATTENRENINGSKÄRR	12
Kväve- och fosforbudget för Bergum och Ryaverket.....	12
Effekter av höga N/P-kvoter.....	13
PLANKTON .....	14
KORTFATTAT OM DOMINERANDE FUNNA PLANKTON.....	15
Växtplankton .....	15
CYANOPHYTA .....	15
EUGLENOPHYTA (Fylum) .....	16
CHLOROPHYTA (Fylum).....	17
Conjugatophyceae (Klass).....	18
CHRYSOPHYTA (Fylum).....	18
CRYPTOPHYTA (Fylum).....	19
Zooplankton.....	20
CILIOPHORA (Fylum) .....	20
PROTOZOA.....	21
ROTIFERA .....	22
ARTHROPODA.....	22
<b>METOD</b> .....	<b>24</b>
Provtagning .....	24
Bestämning av klorofyll a – koncentrationen i vattenprover.....	24
Mätning av växtplanktonmängden (primärproduktionen).....	24
<b>RESULTAT</b> .....	<b>26</b>
VÄDER OCH LEVÉFÖRHÅLLANDEN .....	26
Bergum .....	26
Lärjeåns trädgårdar .....	26
KLOROFYLLHALTER .....	27
Bergum .....	27
Lärjeåns trädgårdar .....	27
PLANKTONHALTER.....	28
Bergum .....	28
Lärjeåns trädgårdar .....	28
ARTER PER LEVÉ .....	29
Bergum .....	29
Lärjeåns trädgårdar .....	29
ARTSAMMANSÄTTNINGEN.....	30
Bergum .....	30
Lärjeåns trädgårdar .....	31
FÖREKOMST AV OLIKA ARTER I DE OLIKA LEVÉERNA.....	32
SYREHALT OCH KONDUKTIVITET .....	33
Syrehalt.....	33
Konduktivitet.....	34

<b>DISKUSSION</b> .....	<b>35</b>
BERGUM.....	35
Klorofyll .....	35
Syrehalt och konduktivitet.....	36
Plankton.....	36
Ammonium.....	37
LÄRJEÅNS TRÄDGÅRDAR .....	37
Klorofyll .....	38
Plankton.....	38
<b>SLUTSATS</b> .....	<b>39</b>
BERGUM.....	39
LÄRJEÅNS TRÄDGÅRDAR .....	39
<b>TACK</b> .....	<b>41</b>
<b>REFERENSER</b> .....	<b>42</b>
TRYCKTA KÄLLOR.....	42
KURS .....	43
INTERNET .....	43
Artinformation.....	43
Bilder .....	44

## Sammanfattning

Det nyanlagda vattenreningskärret i Lärjeåns trädgårdar samt det äldre vid Bergum fungerar som ett alternativ till konventionell vattenrening. I stället för att låta avloppsvattnet gå till ett vattenreningsverk, vilket i det här fallet skulle bli Ryaverket, får vattnet, efter slamavskiljning i trekammarbrunn, helt enkelt rinna ut i ett system av grävda dammar. I dammarna, levéerna, sker sedan en naturlig rening av vattnet genom att alger och bakterier tar upp näringsämnen. Näringsämnena förs sedan genom näringsvävar vidare uppåt i näringskedjan och så småningom ut ur systemet via predatorer. Principen är att vattenreningen ska ske genom biomassaöverföring, det vill säga att näringen transporteras uppåt i näringskedjan från primärproducenter via djurplankton vidare uppåt till toppkonsumenter som större insekter, ormar, fåglar och groddjur. På detta sätt förs näringsämnena ut ur systemet.

Tidigare studier av vattenreningskärr visar på en mycket god rening av fosfor och kväve, vilka är de ämnen som står för de övergödningseffekter som uppkommer i våra sjöar och hav. Studier har också visat på en mycket hög reningseffektivitet jämfört med andra typer av vattenrening. Kvävereduktionen mycket mer effektiv i vattenreningskärr än i vanliga vattenreningsverk som exempelvis Ryaverket. Till skillnad från vattenreningsverk har vattnet som lämnar vattenreningskärren därför en låg N/P-kvot. Detta betyder att vattnet från vattenreningskärren inte ökar primärproduktionen i havet vilken främst anses gynnas av kväve, dvs. av en hög N/P-kvot.

Då vattenreningskärr är extrema i sin miljö kan förändringar i kärret vad gäller bland annat planktonsammansättning ske plötsligt. Det kan därför vara svårt att ge förklaringar till alla ökning, minskningar och förändringar som har skett vad gäller arter och klorofyllhalter.

I mitt examensarbete har vattenprover tagits för att dels mäta klorofyllhalten och dels undersöka artsammansättningen i vattenreningskärren i Bergum och i Lärjeåns trädgårdar. Resultaten har för Bergums del jämförts med de mätningar av syrehalt och konduktivitet som gjorts där.

I Bergum visar både klorofyllmätningar, mätning av syrehalten samt planktonräkning att mängden växtplankton har minskat under sommaren. Denna bromsning av tillväxten av växtplankton berodde med största säkerhet på att de hade konkurrerats ut av den andmat, *Lemna minor*, som under större delen av sommaren låg som en matta över levéerna och därmed minskade ljusinflödet kraftigt. I Bergum dominerade *Merismopedia* upp till levé 4. Detta beror antagligen dels på det varma vädret som varit då cyanobakteriers blomning gynnas av höga temperaturer samt dels på *Merismopedia sp* eventuella konkurrensfördel vid utskuggning. Det vill säga att de eventuellt klarar av att fotosyntetisera bra vid låga ljusnivåer jämfört med andra plankton.

De arter som först hittades i Lärjeåns vattenreningskärr borde kunna räknas till så kallade opportunistiska arter, pionjärarter, vilka är snabba kolonisatörer av nya områden eller är snabbt på plats efter en miljöförändring. Till de släkten som hittades först i vattenreningskärret i Lärjeåns trädgårdar hör bland annat *Chrysococcus sp*, vilka fanns i stora mängder, *Trachelomonas sp* samt ordningen Oscillatoriales vilken fanns i relativt stor mängd under de två första provtagningarna. Däremot kan eventuellt *Chlamydomonas sp* ses som en relativt långsam kolonisationsart då släktet hade sin största halt vid den sista provtagningen. Men då *Chlamydomonas sp* hade ökat både i Bergum och i Lärjeåns trädgårdar till början på augusti kan det även tyda på att det hade varit för släktet gynnsamma väderförhållanden tiden innan.

## Summary

The newly constructed system for treatment of wastewater in Lärjeåns trädgårdar and the existing one in Bergum are alternatives to conventional systems. Instead of pumping the water to a wastewater treatment plant, which in this case would be Ryaverket, the water is running through a system of ponds. In the ponds a natural treatment then occurs through algae and bacteria which are taking up nutrients. These nutrients are supposed to be transported through food webs and leave the system via predators. The principle is that the water is cleaned through transference of biomass, i.e. the nutrients are transported from primary producers via zooplankton to top consumers such as bigger insects, snakes, birds and amphibians, which can transport the nutrients from the ponds.

Earlier studies of these types of wastewater treatment systems shows a very good removal of phosphorus and nitrogen. These are also the nutrients that can lead to eutrophication in lakes and oceans. Studies have also shown a high nutrient retention compared to other kinds of wastewater treatments. For example is the reduction of nitrogen much more effective in these ecological wastewater treatment systems than in other wastewater treatment plants such as Ryaverket. The water that leaves the ponds therefore has a low N/P-quotient. This means that the water from the wastewater treatment ponds do not increase primary production in the sea, which are considered to benefit of a high N/P-quotient.

As the wastewater treatment system is a very extreme environment, changes in plankton composition can occur very sudden. Therefore it can be very difficult to explain all increases, decreases and changes that have happened in plankton and chlorophyll.

In my study I have taken watersamples to measure the chlorophyll content and to examine the composition of plankton in the wastewater treatment systems in Bergum and Lärjeåns trädgårdar. For Bergum the results have been compared to earlier measurements of oxygen and conductivity, performed by Gunilla Magnusson at GM Vattenmiljö.

In Bergum measurements of chlorophyll and oxygen as well as plankton counts show that the biomass of phytoplankton has decreased during the summer. This decrease is probably caused by the competition of *Lemna minor* that covered the ponds during most of the summer and thereby the insolation to the plankton was reduced. The ponds 1-4 in Bergum were dominated by *Merismopedia sp.* This is probably caused by the warm weather, which benefits the bloom of cyanobacteria and that *Merismopedia sp.* may be very good at photosynthesing in low solar radiation compared with other plankton.

The first species invading the wastewater treatment systems in Lärjeåns trädgårdar may be called opportunistic species or pioneer species, i.e. species which can quickly colonize new habitats or that are first in place after a major change of the environment. The plankton first found in Lärjeåns trädgårdar were for example *Chrysococcus sp.*, which occurred in a large quantity, *Trachelomonas sp.* and Oscillatoriales which occurred in a relative large quantity during the first two sampling dates. *Chlamydomonas sp.*, on the other hand, may be a slower colonizer as the species had their largest quantity at the last sampling date. But, as the quantity of *Chlamydomonas sp.* had increased both in Bergum and Lärjeåns trädgårdar in the beginning of August this can also be due to some environmental circumstances, for example the weather, benefiting the species.

# Inledning

Vid konventionella vattenreningsverk, som till exempel vid Ryaverket i Göteborg, renas avloppsvattnet från näringsämnen i olika steg som bland annat innebär tillsatser av kemikalier. Dock förskjuts kvoten mellan kväve och fosfor så att det från reningsverket utgående vattnet har en N/P-kvot (viktenheter) på 40, istället för 7 som är det ideala för upptag i biologiska system.<sup>1</sup> Då kväve normalt sett är begränsande i marina system innebär detta att utsläppen från vattenreningsverk i själva verket kan ge upphov till övergödningseffekter i havet.<sup>2</sup>

Olika typer av småskaliga reningsanläggningar har utvecklats som ett alternativ till att koppla upp sig mot ett kommunalt reningsverk. Bland dessa kan nämnas markbäddar, infiltrationsanläggningar och rotzonsanläggningar. Reningseffekten hos dessa brukar dock vara lägre än vid de kommunala reningsverken.<sup>3</sup> Ytterligare en metod för småskalig rening av avloppsvatten är användandet av ett så kallat vattenreningskärr. Metoden är relativt ny och undersökningar på hur dess effektivitet kan ökas görs fortlöpande.<sup>4</sup> Vid Bergum, en fritidslantgård som ägs av Göteborgs kommun, finns sedan 1995 ett av dessa så kallade vattenreningskärr. Kärret renar gårdens hushållsvatten och är anpassat till 30 personekvivalenter.<sup>5</sup> Innan avloppsvattnet når den första levén rinner det genom en trekammarbrunn där fasta partiklar avskiljs. Därefter leds det ner i dammsystemet vilket består av 6 ihopkopplade dammar. Då dammarna är avlånga till formen tvingas vattnet att rinna en längre sträcka vilket ger maximal uppehållstid och möjlighet för rening. För att maximera ljusinsläpp och uppvärmning, vilket är viktigt för algtillväxten, är alla levéer grunda. Efter den sista dammen rinner det nu renade vattnet ut i ett litet vattendrag vars vatten så småningom når Lärjeån.

Syftet med ett vattenreningskärr av den typen som finns vid Bergum är att närsalter av fosfor och kväve från avloppsvatten ska tas upp av organismer och föras vidare uppåt i näringsvävar. På så sätt hålls näringsämnen kvar på land istället för att föras vidare ut i sjöar och hav och där ge upphov till övergödningssproblem.<sup>6</sup> Dessutom ger denna typ av öppen rening upphov till en ökad biologisk mångfald. Till exempel har man vid Bergum hittat en sällsynt och rödlistad snäcka.<sup>7</sup> De organismer som står för det absolut första upptaget av näringsämnen i ett vattenreningskärr är plankton och bakterier. I mitt arbete har jag undersökt artsammansättningen av plankton samt klorofyllhalten i vattenreningskärrarna i Bergum och Lärjeåns trädgårdar.

Ett vattenreningskärr, enligt samma principer som det vid Bergum, har under våren 2006 anlagts i Lärjeåns trädgårdar vilken är en biodynamisk handelsträdgård nära Angeredens centrum. Under sommarhalvåret har trädgården relativt många besökare då det förutom ekologiska odlingar även finns ett kafé. Man håller också diverse kurser, har utställningar och andra evenemang.<sup>8</sup> Hittills har det i trädgårdar endast funnits en tank för uppsamling av avloppsvatten, vilken har behövts tömmas ofta under sommaren. Anläggningen av ett

---

1 Olof Pehrsson, Bergums vattenreningskärr - utvärdering av en 5-årsperiod. 2001, sid 6

2 Bohuskustens vattenvårdsförbund, Troliga effekter på makrovegetation och växtplankton av ett eventuellt minskat fosforutsläpp från Ryaverket. Erlandsson J, Johannesson K, 2005, sid 4

3 <http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/fororen/overgod/eutro/karv.html>. 060829

4 <http://www.ekologikonsult.se>. 060718

5 Pehrsson Olof, Bergums vattenreningskärr - utvärdering av en 5-årsperiod, 2001, sid 2

6 <http://www.ekologikonsult.se>

7 Bottenfaunan i Göteborgs vattendrag, Miljöförvaltningen Göteborg, 2001, sid 9

8 <http://www.larjean.org>, 060403

vattenreningskärr i Lärjeåns trädgårdar är därför en bra lösning rent praktiskt men går också väl ihop med trädgårdens tankar om kretslopp och miljömedvetenhet.

Det nyanlagda vattenreningskärret i Lärjeåns trädgårdar består, liksom det i Bergum, av 6 levéer sammankopplade i ett system. Tanken är att vattnet i den sista levén kan användas till att bevattna odlingarna med.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> <http://www.vattenmiljo.se/pres.htm>. 060718

## Syfte

I början på 90-talet utvecklade Olof Pehrsson, docent och ekologikonstult, tekniken med vattenreningskärr som ett alternativ till konventionell vattenrening. Sedan dess har diverse undersökningar gjorts på de kärr som blivit anlagda. Man vet till exempel att vattenreningskärr är mycket effektiva i sin rening av näringsämnen. Det krävs dock mer forskning för att förstå processerna bakom reningen och för att veta vilka organismer som finns och som står för denna rening. Varje år har det tagits faunaprov vid Bergum men man har inte närmare undersökt vilka alger som finns där. Det har inte heller gjorts några undersökningar på de tidiga successionsstadierna av plankton direkt efter anläggningsfasen av ett vattenreningskärr.

Syftet med mitt examensarbete är att undersöka artsammansättningen av plankton i det nyanlagda kärret i Lärjeåns trädgårdar samt även i det sedan flera år existerande kärret vid Bergum. Klorofyllmätningar (klorofyll a) ska också göras vid varje provtillfälle för att på så sätt mäta biomassan av fytoplankton.

Värdena från Bergum ska sedan även jämföras med mätningar av syrehalt och konduktivitet.



# Bakgrund

## NÄRINGSÄMNEN

### N/P-kvot

De viktigaste näringsämnena för primärproducenter är kväve och fosfor. Till vattenreningskärr kommer näringsämnena genom tillförseln och nedbrytningen av organiskt material. Organiskt material har ett förhållande mellan kväve och fosfor, den så kallade N/P-kvoten, som ligger på 16 vad gäller antal atomer och 7 vad gäller vikt. Det vill säga: i organiskt material går det 16 kväveatomer på varje fosforatom och 7 gram kväve på varje gram fosfor. Vad gäller ett effektivt upptag av kväve och fosfor av alger i en vattenmiljö är därför det optimala förhållandet mellan dessa näringsämnen 16, i atomförhållandet, eller 7, i viktförhållande. Vid en högre kvot blir fosfor begränsande för planktontillväxten och vid en lägre kvot blir kväve det begränsande ämnet. I sjöar och kustnära vatten anses vanligtvis fosfor vara det begränsande näringsämnet för alg tillväxt medan kväve anses vara begränsande i öppna havsvatten.<sup>10</sup>

### Kväve

I naturen förekommer kväve i många olika former. I vatten finns dock det mesta som löst kvävgas (N<sub>2</sub>). Nitrat utgör ungefär hälften av det som är kvar och resten utgörs av löst organiskt bundet kväve samt ammonium och nitrit. Vid nedbrytning av organiskt material frigörs ammonium som sedan oxideras till nitrat om syretillgången är god. Denna nitrifikation sker genom bakteriers inverkan.<sup>11</sup>

Första steget:  $\text{NH}_4^+ + 1,5 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$

Andra steget:  $\text{NO}_2^- + 0,5 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$ <sup>12</sup>

Vid låga syrehalter kan sedan nitrat genom andra sorters bakterier reduceras till kvävgas. Processen kallas denitrifikation och leder till att kvävgasen därefter kan lämna vattenfasen.

$2 \text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{organiskt material} \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{HCO}_3^-$

I många traditionella vattenreningsverk utnyttjas nitrifikation och denitrifikation för att rena vatten från kväve.<sup>13</sup> I vattenreningskärr når det mesta kvävet den första levén i form av ammonium och omvandlas sedan snabbt till nitrat, vilket utnyttjas som kvävekälla av primärproducenterna. Höga nitratkoncentrationer kan leda till mycket kraftig alg tillväxt.

Förutom att omvandlas till nitrit kan ammonium även omvandlas till ammoniak, vilket är toxiskt vid koncentrationer större än 0,2 mg NH<sub>3</sub>-N/l. Detta kan ske vid höga temperaturer och höga pH-värden. I akvatiska system är denna omvandling därför möjlig under varma perioder på sommaren då primärproduktionen kan ha lett till en pH-höjning. Vid pH 7 och 25°C föreligger 0,6 % som ammoniak och resten som ammonium. Vid pH 9,5 och 30°C föreligger däremot 72 % som ammoniak. Ammoniaken kan sedan, beroende på jämviktsförhållandet mellan halten i vattnet och halten i luften, volatiliserar, det vill säga övergå i gasfas, och på så sätt lämna systemet.<sup>14</sup> Ammoniaken som förångas oxideras sedan

<sup>10</sup> Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson Mikael. Mäta vatten. Sid 69

<sup>11</sup> Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson Mikael. Mäta vatten. Sid 60

<sup>12</sup> Kurs: Emission, spridning, omvandling och deposition av föroreningar. Ht -03

<sup>13</sup> Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson Mikael. Mäta vatten. Sid 60

<sup>14</sup> Ekologgruppen i Landskrona AB. Våtmarkers reningsförmåga - Metaller, Bakterier, Pesticider, Toxiska substanser och Läkemedelsrester. 2003. Sid 12

på sin väg genom luften till nitrat. När ammoniumjonerna sedan åter når marken bidrar de till försurning då det i omvandlingen till nitrat har frigjorts vätejoner vilka är försurande.<sup>15</sup>

Ammonium kan även produceras i en våtmark genom att bakterier bryter ner organiskt material. Processen kallas ammonifikation och bakterierna får på detta sätt ut energi och användbara kolföreningar. Ammonifikation kan ske både aerobt och anaerobt. Levande organismer släpper även ut ammonium via exkretion eller läckage av lösta organiska kväveföreningar. Ammonium konsumeras som tidigare nämnts både genom upptag i växter och via nitrifikation samt genom eventuell omvandling till ammoniak.<sup>16</sup>

Genom att mäta totalkväve, det vill säga allt kväve, förutom kvävgas, som finns både löst (organiskt och oorganiskt) samt bundet till partiklar eller inkorporerat i biomassa kan man få en bild av ett vattens eutrofieringspåverkan.<sup>17</sup>

### **Fosfor**

I vattenmiljöer finns fosfor som partikulärt bunden, oorganisk eller organisk fosfor samt som löst organiskt fosfor och löst oorganisk fosfor. Den totala mängden fosfor kallas totalfosfor. Fosfor tillförs bland annat vattendrag och sjöar vid nedbrytning av organiskt material men också genom ytavrinning och vittring.<sup>18</sup>

Den enda formen av fosfor som växter kan tillgodogöra sig kallas fosfat-fosfor och består av de tre så kallade ortofosfaterna  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  och  $\text{PO}_4^{3-}$ . I aeroba vatten förekommer den lösta oorganiska fosfor som ortofosfat. Då fosfor i andra former, som inte kan tas upp direkt av växter eller växtplankton, kan omvandlas till fosfatfosfor, ses totalfosfor som en potentiell näringskälla.<sup>19</sup> En vattenmiljös vegetation reagerar snabbt på en ökad fosfat-fosforkoncentration genom en ökad tillväxt.<sup>20</sup>

Vid syrerika förhållanden kan fosfor bindas till järn(III)joner i sedimentet och kan på så sätt försvinna ur det biologiska kretsloppet. Om förhållandena vid botten vid senare tillfälle skulle bli syrefattiga frigörs åter fosfatjonerna och blir åter tillgängliga för upptag av organismer.<sup>21</sup>

### **Syrgashalt och konduktivitet**

Genom att mäta syrgashalten kan ett mått på fotosyntesaktiviteten i vattenreningskärr fås eftersom växtplankton och bakterier producerar syre. Syrgashalten kan även vara kopplad med vattnets konduktivitet, det vill säga halten lösta joner (närsalter) i vattnet. När det är låg konduktivitet är det normalt en hög syrgasutveckling. Detta eftersom hög syrehalt tyder på mycket plankton (eller högre växter) i vattenreningskärr vilka tar upp näringsämnen från vattnet och därigenom minskar vattnets ledningsförmåga. En låg konduktivitet tyder med andra ord på ett bra upptag av lösta näringsämnen.<sup>22</sup>

<sup>15</sup><http://www.greppa.nu/kunskapen/uppslagsboken/naringiomvarlden/forsurningpgaammoniak.4.1d59d3cf8019a445f7fff3400.html>. 2006-10-14

<sup>16</sup> Ekologgruppen i Landskrona AB. Våtmarkers reningsförmåga - Metaller, Bakterier, Pesticider, Toxiska substanser och Läkemedelsrester. 2003. Sid 12

<sup>17</sup> Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson Mikael. Mäta vatten. Sid 63

<sup>18</sup> Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson Mikael. Mäta vatten. Sid 65

<sup>19</sup> Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson Mikael. Mäta vatten. Sid 65.

<sup>20</sup> Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson Mikael. Mäta vatten. Sid 66

<sup>21</sup> Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson Mikael. Mäta vatten. Sid 66

<sup>22</sup> Magnusson Gunilla. Projektredovisning Svenseröd – anläggning av vattenreningskärr som enskilt avlopp. 2003. Sid 5

## VATTENRENINGSKÄRR

### Utförande

Ett vattenreningskärr består av ett antal grävda dammar, levéer, vilka är grunda och står i förbindelse med varandra genom ställbara rör. Både vid Bergum och i Lärjeåns trädgårdar är levéerna sex till antalet. Innan avloppsvattnet når den första levén har det först passerat en trekammarbrunn för slamavskiljning av mer fasta partiklar.

Vattenreningskärr kan användas för rening av vatten från enskilt avlopp, avrinningsvatten från jordbruk, dagvatten, och som ett extra steg då vatten har passerat genom ett reningsverk.<sup>23</sup> Genom att göra levéerna långsmala tvingas vattnet att passera en lång sträcka innan det till slut eventuellt rinner ut i recipienten. Vattnets uppehållstid i dammsystemet blir därför lång och reningseffektiviteten maximal. När vattnet i Bergum slutligen rinner ut i recipienten har det befunnit sig i kärret i 16 dygn och tillryggalagt en sträcka på 125 m.



**Bild 1.** Vattenreningskärret i Bergum.



**Bild 2.** Vattenreningskärret i Lärjeåns trädgårdar.

### Funktion

Tanken med ett vattenreningskärr är att vattnet ska renas från närsalter med hjälp av den biologiska aktiviteten. Näringsämnena tas först upp av växtplankton och bakterier vilka i sin tur äts av djurplankton, som sedan äts, osv. Högst upp i näringsvävarna hittas organismer som fåglar, ormar och groddjur. Näringsämnen förs på detta sätt, och genom att området runt

<sup>23</sup> <http://www.vattenmiljo.se/pres.htm>, 060508

dammarna hävdas, hela tiden bort från kärret.<sup>24</sup> Varje damm fungerar som ett eget ekosystem då miljön och förutsättningarna varierar mellan de olika levéerna.<sup>25</sup> Förutom att den biologiska aktiviteten i vattenreningskärr ger en god rening av vattnet ger det även upphov till en biologisk mångfald. I vattenreningskärret i Bergum finns bland annat den sällsynta och rödlistade snäckan *Omphiscola glabra* i levé nr 6.<sup>26</sup>

Förutom genom upptag i näringskedjan via växtplankton kan näringsämnen även reduceras genom att fosfor binds till sedimentet samt att kväve kan avgå som kvävgas efter denitrifikation.<sup>27</sup> En viktig skillnad mellan ett vattenreningskärr och andra typer av vattenrening är dock att syftet inte är att näringsämnen ska kvarhållas i systemet. Ett vattenreningskärr ska alltså inte fungera som en fälla utan snarare som en sluss som för över näringsämnen till organismer för att sedan inkorporeras i biomassan och på naturlig väg lämna systemet.<sup>28</sup> På det sätt som ett vattenreningskärr fungerar behövs därför inte funktioner som till exempel aktivslambassänger och återföring av vattnet som finns på ett konventionellt reningsverk. Undersökningar har visat att vattenreningskärr kan vara betydligt bättre på att föra bort kväve ur systemet än kommunala reningsverk med kväverening.<sup>29</sup>

Kvävet som når den första levén i ett vattenreningskärr kommer dit i form av ammoniumkväve då det är den formen kvävet får i den anaeroba trekammarbrunnen. Fritt ammonium kan visserligen assimileras direkt av växter och bakterier. Om syrehalten är god, vilket den oftast är i ett vattenreningskärr eftersom levéerna är grunda, kommer nitrifikationsbakterier dock att omvandla ammoniumet till nitrat (enligt formeln i nästa avsnitt) då avloppsvattnet rinner ut i det öppna dammsystemet. Nitrat assimileras dessutom mer effektivt av bakterier och plankton än ammonium<sup>30</sup> och kan leda till en mycket kraftig alg tillväxt.<sup>31</sup> Om förhållandena någonstans i kärret sedan skulle vara anaeroba kan därefter denitrifikation (se formeln i nästa avsnitt) ske, vilket innebär att nitrat omvandlas till kvävgas i syrefri miljö. Kvävgasen kan sedan lämna systemet. Kväve i form av nitrat tas dock effektivt upp av primärproducenter. Under normala förhållanden är levéerna i vattenreningskärr välluftade och utan ett syrefritt bottenkikt samt innehåller, åtminstone under sommarhalvåret, stora mängder plankton. Detta gör att den största mängden kväve bör tas upp i primärproduktionen istället för att omvandlas till kvävgas genom denitrifikation.<sup>32</sup>

## Möjliga problem

Vid kraftig skuggning, till exempel om vattenytan täcks av stora mängder av *Lemna minor*, andmat, kan ett vattenreningskärrs funktion försämrans genom att planktonproduktionen reduceras. Vid en minskad växtplanktonmängd minskar också syrehalten i vattnet. Förutom att en minskad syretillgång kan leda till att mängden djurplankton och högre djur minskar leder det även till en försämrad omvandling av ammonium till nitrat, nitrifikation. Detta i sin tur leder till en försämrad växtplanktonproduktion samt eventuellt dålig lukt av ammonium och svavelväte.<sup>33</sup>

24 Olof Pehrsson, Vattenrening i vattenreningskärr - bearbetning av data: jämförelser mellan Bergum och andra anläggningar, 1998, sid 2

25 Olof Pehrsson, Sammanfattning av resultat från Bergums vattenreningskärr 1996-2002, 2002, sid 6

26 Bottenfaunan i Göteborgs vattendrag, Miljöförvaltningen Göteborg, 2001, sid 9

27 Jan Stensson, Limmisk ekologi, ½ -05

28 Bergums vattenreningskärr - utvärdering av en 5-årsperiod. Olof Pehrsson 2001

29 Olof Pehrsson, Vattenreningskärret i Bergum - utvärdering av en försöksperiod, 1998, sid 6

30 Olof Pehrsson, Sammanfattning av resultat från Bergums vattenreningskärr 1996-2002, 2002, sid 6

31 Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson Mikael. Mäta vatten. Sid 61.

32 Sobis Katarina. Kan ljusanläggning öka reningseffektiviteten vintertid? 2004. Sid 30

33 Pehrsson Olof. Bergums vattenreningskärr - utvärdering av en 5-års period. 2001. Sid 13

## KOMMUNALA VATTENRENINGSVRK

I ett konventionellt vattenreningsverk som till exempel Ryaverket i Göteborg, Sveriges största vattenreningsverk, renas vattnet genom en flerstegsprocess innan det släpps ut i havet.<sup>34</sup> Avloppsvattnet renas från fosfor med hjälp av tillsatts av järnsulfat ( $\text{FeSO}_4$ ). Fosfor fälls då ut och sjunker till botten där den blandas med slam som sedan skrapas bort och deponeras.<sup>35</sup> Mycket av kvävet i det inkommande avloppsvattnet finns, liksom i vattenreningskärr, som ammoniumkväve. Kvävet renas genom denitrifikation och nitrifikation i flera steg.

Det inkommande avloppsvattnet förs först till så kallade aktivslambassänger, vilka innehåller aktivt slam, med mycket bakterier, från de så kallade eftersedimenteringsbassängerna. I den första aktivslambassängen sker denitrifikation då avloppsvattnet under syrefria förhållanden blandas med vatten från biobäddarna - vilka är bassänger fyllda med ett plastmaterial som verkar ytförstorande. På denna plast finns en biofilm av nitrifikationsbakterier vilka omvandlar ammoniumkvävet i vattnet till nitratkväve.<sup>36</sup> Denitrifikationsbakterier (t ex *Pseudomonas* och *Aeromonas*) i den första aktivslambassängen bildar sedan under de syrefria förhållandena kvävgas, med hjälp av nitrat från biobäddarna som oxidationsmedel, vid nedbrytningen av organiskt material. Kvävgasen kan sedan lämna bassängen.<sup>37</sup>

I den andra aktivslambassängen sker nitrifikation. Vattnet från denitrifikationsbassängen luftas här så att det blir både syrerikt, vilket gör att nitrifikation som är en aerob process kan ske, och koldioxidrikt, vilket behövs för bakteriernas celluppbyggnad. Nitrifikationsbakterier omvandlar (oxiderar) här ammoniumkväve till nitratkväve. Processen sker i två steg (vilket har visats tidigare) där det första steget, ammoniumoxidationen, utförs av *Nitrosomonas*-bakterier och det andra steget, den egentliga nitrifikationen, görs av bakterier som tillhör släktet *Nitrobakter*.<sup>38</sup>

Efter ytterligare några steg av rening där vattnet i omgångar pumpas tillbaka till aktivslambassängerna leds sedan hälften av vattnet ut från Ryaverket. Den andra hälften förs tillbaka till biobädden för ytterligare kväverening.<sup>39</sup>

## JÄMFÖRELSE MELLAN KOMMUNALT VATTENRENINGSVRK OCH VATTENRENINGSKÄRR

### Kväve- och fosforbudget för Bergum och Ryaverket

Under perioden 1996-2002 har det vid 26 tillfällen tagits prover på in- och utgående vatten i Bergums vattenreningskärr med avseende bland annat på totalkväve och totalfosfor. Proverna har tagits under alla årets månader.<sup>40</sup> Vad gäller Ryaverket tas där regelbundet prover vilka analyseras och redovisas i en årlig miljörapport.<sup>41</sup>

34 <http://www.gryaab.se/default.asp?ulid=3&show=1&lid=3>, 060403

35 <http://www.gryaab.se/default.asp?ulid=24&lid=3&show=1>, 2006-04-27

36 <http://www.gryaab.se/default.asp?ulid=24&lid=3&show=1>, 2006-04-27

37 Kurs: Emission, spridning, omvandling och deposition av föroreningar. Ht -03

38 Kurs: Emission, spridning, omvandling och deposition av föroreningar. Ht -03

39 <http://www.gryaab.se/default.asp?ulid=24&lid=3&show=1>, 2006-04-27

40 Sammanfattning av resultat från Bergums vattenreningskärr 1996-2002. Olof Pehrsson 2001, sid 2

41 Miljörapport 2005. Gryaab AB. Sid 65

**Tabell 1.** Jämförelser mellan Bergums vattenreningskärr och Ryaverket vad gäller fosfor- och kvävehalter.<sup>42 43</sup>

<b>Tot-P (mg/l)</b>	<b>in</b>	<b>ut</b>	<b>upptag</b>	<b>effektivitet (%)</b>
Bergum	12,4	1,30	11,1	89,5
Ryaverket	4,57	0,38	4,19	91,7
<b>Tot-N (mg/l)</b>	<b>in</b>	<b>ut</b>	<b>upptag</b>	<b>effektivitet (%)</b>
Bergum	76,4	8,6	67,8	88,7
Ryaverket	29,4	10,6	18,8	63,9
<b>N/P-kvot</b>	<b>in</b>	<b>ut</b>	<b>upptag</b>	
Bergum	6,5	8,2	6,6	
Ryaverket	6,4	27,9	4,5	

Både vid Ryaverket och vid Bergum har det ingående avloppsvattnet en N/P-kvot strax över 6. Detta är naturligt då det biologiska material vi lever av har en N/P-kvot runt 7 och därför även det som lämnar kroppen. I ett vattenreningskärr av typen som finns i Bergum och Lärjeåns trädgårdar håller sig N/P-kvoten sedan relativt konstant runt 7 då vattnet rinner genom levéerna. Vattnet som lämnar Bergum har en N/P-kvot på strax över 8. I ett traditionellt vattenreningsverk däremot förskjuts kvoten mycket mer under vattnets resa genom anläggningen. Detta beror på att vattenreningsverk är mycket effektiva på rening av fosfor men att däremot reningen av kväve är bristfällig.<sup>44</sup> Enligt resultaten av de provtagningar som har tagits i Bergums vattenreningskärr 1996-2002 är effektiviteten minst under årets mörkaste månader. Under tiden mars-december ligger effektiviteten mellan 90-100 % i stort sett hela tiden. De resultat som visas i tabellen ovan är dock ett medel för hela året vilket gör effektiviteten något mindre då ljusintensiteten, vilken i sin tur påverkar näringsupptaget, är mindre på vintern. Effektiviteten kan dock även minska under sommarhalvåret vid igenväxning och skuggning av levéerna.<sup>45</sup>

Anledningen till att vattenreningsverken är mindre bra på kväverening är att nitrifikations- och denitrifikationsprocesserna är beroende av olika miljöer. Nitrifikationsbakterierna är känsliga, de växer långsamt, vill ha lågt innehåll av organiskt material och god tillgång på syre för att vara effektiva. Denitrifikationsbakterierna däremot vill ha god tillgång på organiskt material och kräver en syrefri miljö för att omvandla nitrat till kvävgas då de bryter ner det organiska materialet. Är deras miljö aerob omvandlar de istället syre till vatten vid nedbrytning av organiskt material.<sup>46</sup> I Gryaab senaste årsrapport redovisas att utsläppet av totalkväve ligger på 11 mg/l, vilket överstiger gällande miljövillkor för kväve som endast tillåter ett utsläpp på 10 mg/l. Enligt Ryaverket beror detta på att anläggningen ursprungligen dimensionerades för utsläpp på 15 mg/l samt att processen är känslig för störningar.<sup>47</sup>

### **Effekter av höga N/P-kvoter**

Höga N/P-kvoter i utgångsvattnet kan leda till en förhindring av produktion i sötvatten (som anses vara fosforbegränsat) och en ibland explosionsartad produktion i saltvatten (som anses

<sup>42</sup> Sammanfattning av resultat från Bergums vattenreningskärr 1996-2002. Olof Pehrsson 2001, sid 2-3

<sup>43</sup> Miljörapport 2005. Gryaab AB. Sid 65

<sup>44</sup> Projektredovisning - Svenseröd anläggning av vattenreningskärr som enskilt avlopp. Gunilla Magnusson, 2003, sid 3.

<sup>45</sup> Sammanfattning av resultat från Bergums vattenreningskärr 1996-2002. Olof Pehrsson 2001, sid 3-4

<sup>46</sup> (<http://www.gryaab.se/default.asp?ulid=24&lid=3&show=1>. 2006-04-27)

<sup>47</sup> Årsredovisning 2005. Gryaab AB. Sid 19

vara kvävebegränsat).<sup>48</sup> Vattnet som lämnar ett vattenreningskärr som fungerar som det ska har en N/P-kvot runt 7 och bidrar med andra ord inte till någon övergödning eftersom kvoten är den ideala för att växter ska kunna ta upp maximalt av näringsämnen. Det vatten som rinner ut i havet från Ryaverket och har en N/P-kvot på nästan 28 har däremot ett stort kväveöverskott. Detta innebär att det utgående avloppsvattnet riskerar att ge upphov till övergödningseffekter i havet.<sup>49</sup> Övergödningseffekter ses bland annat som tillväxt av fintrådiga alger, algblomning, syrefria bottenar och bottenöd.<sup>50</sup> Det måste dock tilläggas att det inte bara är N/P-kvoten som spelar in vid eutrofiering utan naturligtvis även de mängder näringsämnen som tillförs vattendrag, sjöar och hav. En N/P-kvot runt 7 skulle ju kunna innebära att enorma mängder näringsämnen tillförs trots att de deras förhållande till varandra är ”bra”. Stora mängder näringsämnen leder därför till eutrofiering även om N/P-kvoten ligger runt 7.

## PLANKTON

Som nämnts tidigare är det det biologiska samspelet som står för reningen i ett vattenreningskärr. Först i denna närings- och reningskedja finns bakterier och växtplankton, vilka kan ta upp närsalter - *ammoniumkväve*, *nitrit- och nitratkväve* samt *fosfatfosfor* -lösta i vattnet. Näringsämnen i denna form är lättillgängliga för vattnets vegetation.<sup>51</sup> Växtplankton äts i sin tur av vissa djurplankton, zooplankton, vilka i sin tur äts, och så vidare.

Växtplankton är helt beroende av det omgivande elementet, vattnet, och reagerar därför lätt även för små förändringar i det samma.<sup>52</sup> Under en säsong eller beroende på förekomst av näringsämnen, ljus och värme kan därför planktonfloran variera kraftigt. Växtplankton består framförallt av autotrofa alger, det vill säga alger som liksom landväxter lever av CO<sub>2</sub>, vatten, oorganiska ämnen och solljus. De kan av detta syntetisera organiska ämnen. Det finns även heterotrofa alger, det vill säga alger som behöver organiska näringsämnen. Många autotrofa växtplankton kan under vissa omständigheter uppträda som heterotrofer. Dessutom ingår även bakterier i plankton. Växtplankton består till största delen av encelliga primitiva alger och, beroende på art, kan de leva som solitära eller bilda kolonier.<sup>53</sup>

Det som mest påverkar autotrofa växtplanktons existens är ljusstillgången, vilket gör att under sommaren är både artrikedomen och planktonbiomassan störst. Temperaturen har även den ett visst inflytande men mest vad gäller artsammansättning. Vattnets kemiska sammansättning, till exempel halten lösta näringsämnen, samt vattenområdets storlek och utseende spelar också stor roll för planktonens artsammansättning och biomassa.<sup>54</sup>

Beroende på olika vattens näringshalt varierar växtplanktonsammansättningen. Vissa arter har mycket specifika levnadskrav och behöver en näringsrik, eutrof, miljö medan vissa arter har lägre krav och klarar sig bra även i oligotrofa, näringsfattiga vatten. I näringsrika miljöer, som till exempel vattenreningskärr där kväve och fosfor finns i stora mängder, är både antalet växtplankton och produktionen hög. Under vissa perioder, speciellt i vatten med liten yta, kan vissa arter uppträda i så stora mängder att man kan tala om en blomning, där vattnet ibland kan anta den dominerande artens färg. Vissa arter kan anses som karakteristiska för en eutrof

48 Projektredovisning - Svenseröd anläggning av vattenreningskärr som enskilt avlopp. Gunilla Magnusson, 2003, sid 3.

49 Olof Pehrsson, Vattenreningskärr i Bergum - utvärdering av en försöksperiod, 1998, sid 6

50 <http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/foren/overgod/eutro.html>. 060822)

51 <http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/lagar/bedgrund/hav/havdok/eutro/naering.html>. 060901

52 Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 11

53 Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 12

54 Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 13

miljö. Till dessa hör bland annat euglenider, blågrönalger samt de grönalger som hör till ordningen *Chlorococcales*. I vattenreningskärr och i andra hypereutrofa miljöer med extrema förhållanden är planktonsammansättningen ofta avvikande. Dessutom förekommer oftare heterotrofa varianter av växtplankton.<sup>55</sup>

Vid perioder med låga kvävehalter kan cyanobakterier komma att gynnas då de har möjlighet att utnyttja luftens kväve (N<sub>2</sub>). Eftersom cyanobakterier kan tillgodogöra sig luftens kväve är de därför istället fosforbegränsade. Bakterierna trivs bäst vid värme och sol och brukar ha sina blomningar i juli-augusti.<sup>56</sup>

## KORTFATTAT OM DOMINERANDE FUNNA PLANKTON

Baserat på gemensamma drag och släktskap har arter sedan Linnés tid systematiserats in i olika grupper. När det gäller de bakterier och plankton som jag har påträffat har jag valt att använda mig av *fylum* (även kallad *stam*) som den grövsta indelningen. Varje *fylum* kan sedan delas in i *klasser*, vilka i sin tur kan delas in i *ordningar*. Ordningar delas därefter in i *familjer*, som delas in i *släkten*, som delas in i *arter*. Vid behov kan arterna sedan delas in i *underarter*.<sup>57</sup> Vid mina undersökningar har jag i vissa fall lyckats artbestämna planktonen. Ofta har jag tvingats stanna vid bestämning av släktet. I andra fall har jag inte kunnat komma längre än till familj eller ordning. Nedan följer en sammanfattning av de viktigaste dragen för varje grupp, indelat från *fylum* till släkte.

### Växtplankton

#### *CYANOPHYTA* (Fylum)

##### Cyanophyceae (Klass)

Cyanobakterier (blågrönalger). Påträffas i alla miljöer men massförekomst och blomning är företeelser som är typiska för näringsrika miljöer. Vissa arter kan producera gift och/eller fixera kvävgas från luften.<sup>58</sup>

##### *Chroococcales* (Ordning)

Encelliga. Lever oftast i kolonier men aldrig trådlika.

##### *Merismopedia* sp

Tämligen vanligt släkte i olika vattenmiljöer. De kan producera lipopolysackarider vilka kan orsaka hudirritation och magsmärtor.<sup>59</sup> *Merismopedia* fixerar inte kväve från luften.<sup>60</sup>

<sup>55</sup> Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 15

<sup>56</sup> Tryggvadotter Ingunn, Indikator för algblomningar i kustzonen – Rapporter om natur och miljö nr 2006:1. 2006. sid 10

<sup>57</sup> Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 48

<sup>58</sup> Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 52

<sup>59</sup> <http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Merismopedia>. 061117

<sup>60</sup> Upstate Freshwater Institute. Syracuse, NY. Phytoplankton Study for Southern Cayuga Lake, 2001. Sid 2





**Bild 3.** *Merismopedia glauca*<sup>61</sup>

#### *Microcystis sp*

Förekommer i kolonier. Många arter är vanliga i eutrofa vatten. Vissa arter kan producera toxiska substanser vilka vid algblooming kan orsaka hudirritation och magsmärtor samt vara giftiga för djur som eventuellt dricker av vattnet.<sup>62</sup>

#### **Oscillatoriales** (Ordning.)

Trådlika och mångcelliga. Saknar heterocyter och vilceller.

#### **Nostocales** (Ordning)

Trådlika och mångcelliga. Har vilceller och heterocyter.

### ***EUGLENOPHYTA*** (Fylum)

#### **Euglenophyceae** (Klass)

Ögonalger. Encelliga, solitära alger med gissel. Kan förekomma både som autotrofa och som heterotrofa, där heterotrofa former är karakteristiska bland annat i förorenade vatten. Trivs i vatten med hög halt av organiska och/eller oorganiska näringsämnen.<sup>63</sup>

#### **Euglenales** (Ordning)

Klassens enda ordning.

#### *Euglena sp*

Tillhör gruppen ögonalger. Har ett gissel samt ögonfläck. Trivs i eutrof miljö och miljö som är påverkad av avloppsvatten.

61 Bild från <http://vschool.scu.edu.tw/HAPPY1/class/algae/page121.htm> 070531

62 [http://www.dnr.state.md.us/bay/cblife/algae/cyano/microcystis\\_aeruginosa.html](http://www.dnr.state.md.us/bay/cblife/algae/cyano/microcystis_aeruginosa.html). 061117

63 Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 162



**Bild 4. *Euglena agilis***<sup>64</sup>

*Phacus sp*

Påminner om *Euglena sp* men är rundare och har ett spetsigt utskott. Trivs i eutrof miljö.

*Trachelomonas sp*

Gröna celler som lever i hus av varierande former. Typiska för små sjöar. Trivs i eutrofierade vatten.



**Bild 5. *Trachelomonas oblonga***<sup>65</sup>

**CHLOROPHYTA** (Fylum)

Algerna i detta fylum har gröna kromatoforer som innehåller samma slags färgämnen som de högre växternas, det vill säga: klorofyll a och b samt karotenoider.

**Chlorophyceae** (Klass)

Grönalger. Till klassen hör en stor mängd olika ordningar.<sup>66</sup>

**Volvocales** (Ordning)

Ordningens vegetativa celler är aktivt rörliga och har 2-4 gissel. Kan leva både som solitärer eller i kolonier. De flesta arter har ögonfläck. De vegetativa cellerna kan tidvis bilda orörliga vilstadiet.

*Chlamydomonas sp*

Solitära ovala celler med två gissel. Har ögonfläck. Förekommer i olika miljöförhållanden och vatten.

<sup>64</sup> <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/algaevision/database/detail.jsp?taxon=&imageID=1770&GenusName=Euglena&SpeciesName=agilis> 070531

<sup>65</sup> <http://www.plingfactory.de/Science/GruKlaOeko/Teichleben/Algen/Euglenophyceae/Euglenophyta1.htm> 070531

<sup>66</sup> Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 180



**Bild 6.** *Chlamydomonas nivalis*<sup>67</sup>

*Chlorogonium sp*

Solitära långsmala celler med två gissel.

**Chlorococcales** (Ordning)

Gissellösa och orörliga vegetativa celler som lever som solitärer eller i kolonier. Typiska för eutrofa miljöer

*Monoraphidium sp*

Långsmala eller cylindriska.

*Scenedesmus sp*

Förekommer vanligtvis i 4-celliga kolonier. Trivs mycket bra i eutrofierade vatten.

**Conjugatophyceae** (Klass)

Konjugater. Påminner om grönalger men skiljer sig på förökningssättet.<sup>68</sup>

**Desmidiales** (Ordning)

Okalger. Celler uppbyggda av två symmetriska halvpor. Lever främst i oligotrof miljö men avvikande former finns.

*Closterium sp*

Långsmala böjda celler. Många arter trivs i eutrofa miljöer.

**Zygnematales** (Ordning)

Huvuddelen av ordningens arter är makroskopiska trådalger.

**CHRYSOPHYTA** (Fylum)

Brunaktiga alger. Aldrig helt gröna.

<sup>67</sup> [http://www.hull.ac.uk/php/maspd/research/algae\\_old/070531](http://www.hull.ac.uk/php/maspd/research/algae_old/070531)

<sup>68</sup> Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 227

### **Chrysophyceae** (Klass)

Guldalger. I allmänhet gisselförsedda rörliga alger som lever solitärt eller i kolonier. Brun- eller guldaktiga. Är vanligast i näringsfattiga vatten.<sup>69</sup> Beroende på miljöförhållanden kan vissa arter växla mellan att leva som autotrofer och som heterotrofer.<sup>70</sup>

### **Ochromonadales** (Ordning)

Framförallt flagellater.

#### *Chrysococcus* sp

Solitära celler med ett gissel. Omgivna av ett hus.

### **Diatomophyceae** (Klass)

Kiselalger. Lever som solitärer eller i kolonier. Har inga gissel. Cellen ser ut som en ask vars väggar består av två kiselinlagrade cellhalvor.<sup>71</sup>

### **Pennales** (Ordning)

Avlånga celler.

### **Centrales** (Ordning)

Bland annat med släktena *Stephanodiscus* sp/*Cyclotella* sp/*Cyclostephanos* sp. Runda, uppifrån sett, diskusformade celler. Av de få arter som finns i sötvatten trivs många i eutrof miljö.



**Bild 7.** *Cyclotella* sp<sup>72</sup>

## **CRYPTOPHYTA** (Fylum)

### **Cryptophyceae** (Klass)

Rekylalger. Har två oliklånga gissel och är avlånga med en rygg- och en buksida. Vissa arter är heterotrofer.<sup>73</sup>

69 Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 99

70 <http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Chrysophyceae>. 061118

71 Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 123

72 [http://www.keweenawalgae.mtu.edu/ALGAL\\_PAGES/bacillariophyceae.htm](http://www.keweenawalgae.mtu.edu/ALGAL_PAGES/bacillariophyceae.htm)

73 Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. Växtplanktonflora. Sid 73

## **Cryptomonadales** (Ordning)

### *Cryptomonas sp*

Avlångt droppformiga. Har ett tydligt svalg och två nästan lika långa gissel. Många arter föredrar eutrofa mindre vatten.

## **Zooplankton**

### **CILIOPHORA** (Fylum)

Kallas även infusionsdjur eller ciliater och kännetecknas bland annat av sina cilier, att de har en fram- och en bakända samt att de har två sorts cellkärnor, en större och en mindre. Förekommer framförallt i näringsrika vatten. Då ciliater har en snabb tillväxt och stort födointag spelar ciliater en stor roll för hur näringsvävarna i en specifik miljö ser ut. De har dessutom ett selektivt födointag och står för mycket av bakteriereduktionen i vattenreningskärr.<sup>74</sup>

### **Oligohymenophorea** (Klass)

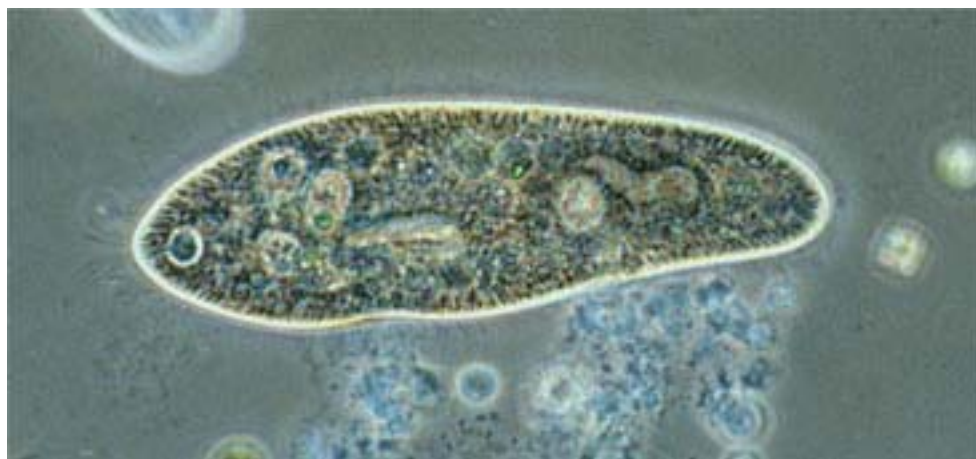
Har en välutvecklad mun liggandes i en ventral fåra samt orala cilier som tydligt skiljer sig från cilierna som täcker resten av kroppen.

### Peniculida (Ordning)

De flesta arter inom ordningen finns i sötvatten och är stora till formen samt har en enkel livscykel. De lever av mindre organismer som med hjälp av cilierna sveps in i munnen.

### *Paramecium sp*

Det klassiska toffeldjuret. Ser ut som en sko i formen och är täckt med flimmerhår. Kan förekomma i stora mängder i sötvattensdammar. Vid bra förhållanden kan djuren föröka sig genom delning 2-3 gånger per dag.



**Bild 8.** *Paramecium sp*<sup>75</sup>

### **Prostomatea** (Klass)

Innehåller många arter. Alla täckta med cilier.

74

[http://images.google.se/imgres?imgurl=http://biologi.uio.no/akv/ansatte/images2/strobilidium\\_spiralis\\_biografi2.jpg&imgrefurl=http://biologi.uio.no/akv/ansatte/biografi/gis\\_mervik\\_Ingrid.html&h=239&w=216&sz=13&hl=sv&start=15&tbnid=RhjdqHU6yuk5YM:&tbnh=109&tbnw=99&prev=/images%3Fq%3DStrobilidium%2B%26svnum%3D10%26hl%3Dsv%26lr%3D%26sa%3DG](http://images.google.se/imgres?imgurl=http://biologi.uio.no/akv/ansatte/images2/strobilidium_spiralis_biografi2.jpg&imgrefurl=http://biologi.uio.no/akv/ansatte/biografi/gis_mervik_Ingrid.html&h=239&w=216&sz=13&hl=sv&start=15&tbnid=RhjdqHU6yuk5YM:&tbnh=109&tbnw=99&prev=/images%3Fq%3DStrobilidium%2B%26svnum%3D10%26hl%3Dsv%26lr%3D%26sa%3DG). Besökt 061118

75 <http://www.btinternet.com/~stephen.durr/digitalphotography.html> 070531

### **Prorodontida** (Ordning)

*Prorodon* sp

Innehåller mer än 60 olika arter, både aeroba och anaeroba. Cellerna är ovala - runda och medelstora – stora.

### **Ciliatea** (Klass)

### **Oligotrichida** (Ordning)

*Strobilidium* sp

Ovala/äggformade celler med ciliekrans.



**Bild 9.** *Strobilidium* sp<sup>76</sup>

### **PROTOZOA** (Fylum)

Förekommer framförallt i näringsrika vatten.

### **Sarcodina** (Klass)

Rör sig med hjälp av flytande cytoplasma, det vill säga att den flytande kroppen ändrar form och skickar ut pseudopodier, vilket är armliknande vätskefyllda tentakler. Pseudopodierna används även för att fånga in partiklar som bakterier, plankton med mera.

### **Lobosa** (Ordning)

*Amoeba* sp

### **Heliozoa** (Klass)

Soldjur. Har hårda utskott, så kallade axopodier, i en ring runt cellytan. Utskotten används för rörelse samt att fånga föda med.

<sup>76</sup> <http://www.glerl.noaa.gov/seagrant/GLWL/Protozoa/Protozoa.html> 070531

### ***ROTIFERA*** (Fylum)

Hjuldjur. Har ett så kallat hjulorgan som för ned föda i munnen samt används till förflyttning och livnär sig på både levande och döda växter och djur och bakterier, vilket är positivt i ett vattenreningskärr.<sup>77</sup> De flesta arter inom fylumet är fastsittande, åtminstone under en kortare period. Andra arter flyter omkring som plankton.

### **Eurotatoria** (Klass)

### **Ploima** (Ordning)

*Gastropus sp*

*Euchlanis sp*

Förekommer framförallt i eutrofa miljöer.



**Bild 10.** *Gastropus hyptopus*<sup>78</sup>

### ***ARTHROPODA*** (Fylum)

Leddjur. Det största av alla djurfylum. Över 80 % av alla nu levande djur hör hit.

### **Copepoda** (Klass)

Hoppkräftor.

### **Cyclopoida** (Ordning)

*Mesocyclops sp*

### **Branchiopoda** (Klass)

### **Cladocera** (Ordning)

Innehåller ca 400 arter varav alla är frisimmande. Nästan alla arter har ögon och två par antenner varav det största antennparet används för att samla föda och för att simma med. De flesta arterna har ett svansutskott.

<sup>77</sup>

[http://images.google.se/imgres?imgurl=http://www.environmentallevage.com/bug%2520photos/rotifers/PAXIT067.JPG&imgrefurl=http://www.environmentallevage.com/Rotifers.htm&h=473&w=632&sz=72&hl=sv&start=3&tbid=7\\_HwbB\\_3KSkqYM:&tbnh=103&tbnw=137&prev=/images%3Fq%3DEurotatoria%26svnum%3D10%26hl%3Dsv%26lr%3Dlang\\_sv%26sa%3DN.061118](http://images.google.se/imgres?imgurl=http://www.environmentallevage.com/bug%2520photos/rotifers/PAXIT067.JPG&imgrefurl=http://www.environmentallevage.com/Rotifers.htm&h=473&w=632&sz=72&hl=sv&start=3&tbid=7_HwbB_3KSkqYM:&tbnh=103&tbnw=137&prev=/images%3Fq%3DEurotatoria%26svnum%3D10%26hl%3Dsv%26lr%3Dlang_sv%26sa%3DN.061118)

<sup>78</sup> [http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/PRotifera/GGastropus/gastropus\\_hyptopus/gastropushyptopus.html](http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/PRotifera/GGastropus/gastropus_hyptopus/gastropushyptopus.html) 070531

*Daphnia magna*

Synlig med blotta ögat. Lever av levande och döda plankton och bakterier.



**Bild 11.** *Daphnia magna*<sup>79</sup>

---

<sup>79</sup> <http://mblaquaculture.com/content/organisms/daphnids.php> 070531



# Metod

## Provtagning

Provtagningarna genomfördes under sommaren 2006. På 5 utspridda slumpmässigt valda punkter i varje levé sögs 100 ml vatten upp. Provvolymerna blandades levé för levé i en ren hink och från denna fylldes sedan flaskor med 200 ml vatten, två för varje levé – sammanlagt 12 stycken. Flaskorna hölls sedan mörkt och svalt för analys påföljande dag.

## Bestämning av klorofyll a – koncentrationen i vattenprover

Genom analys av innehållet av klorofyll-a (ISO-standardiserad metod) i vattenproverna bestämdes växtplanktonabundansen.

Efter omskakning av flaskorna med vattenprov pipetterades med automatpipett 4 ml upp från varje flaska och sattes till centrifugrör. Från varje flaska togs dessutom ytterligare tre replikat. Provrören märktes och korkar skruvades på. Rören centrifugerades sedan i 3 000 rpm under 10 minuter. Efter centrifugering sögs supernatanten försiktigt bort med pasteurpipett och slängdes. Pelleten (algerna) löstes sedan upp med 2 ml DMSO (dimetylsulfoxid) vilket tillsattes med automatpipett. Lösningen sattes så i 60° vattenbad under 30 minuter. Därefter sattes med automatpipett 2 ml 90 % aceton till glaströerna vilka sedan centrifugerades ytterligare 10 min i 3 000 rpm.

En del av supernatanten hälldes sedan försiktigt över till en kyvett vilken sattes i en spektrofotometer av typen Hitachi modell 100. Spektrofotometriskt mättes sedan provernas absorptions vid våglängderna 720, 664, 647 och 630 nm. Förutom proverna mättes även absorptions hos ett blankprov, en 1:1 blandning av DMSO och 90 % aceton, mot vilken vattenproverna sedan jämfördes. Mätvärdena antecknades och sattes sedan in i en formel för att få ut klorofyllkoncentrationen. Koncentrationsvärdena fördes därefter över till datorprogrammet Excel för vidare bearbetning.

Klorofyllkoncentrationen räknades ut enligt formeln:

$$\text{Klorofyll a } (\mu\text{g/ml}) = (A_{664} - A_{720}) \times 11,85 + (A_{647} - A_{720}) \times 1,54 + (A_{630} - A_{720}) \times 0,08$$

## Mätning av växtplanktonmängden (primärproduktionen)

Direkt efter provtagning sattes Lugols lösning till burkarna (dock ej till de burkar med vatten för klorofyllanalys). Vattnet fick därmed en rostfärgad ton och proverna konserverades för senare mikroskopering. I väntan på analys förvarades proverna mörkt i rumstemperatur på laboratoriet.

Lugols lösning fås genom att blanda<sup>80</sup>:

10 g kaliumjodid (KI)  
5 g kristallint jod (I<sub>2</sub>)  
10 ml koncentrerad ättiksyra  
100 ml destillerat vatten

Vid räkning av plankton användes en så kallad Bürker-kammare – en glasskiva i vars botten rutor med bestämd volym är inristade. På så sätt kan mängden plankton per volymenhet fastställas. De så kallade E-rutor som användes vid min räkning har en volym på 1/250 µl per

<sup>80</sup> Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson Mikael. Mäta vatten. Sid 94

ruta. Efter omskakning av flaskan sattes med glaspipett ett par droppar av vattenprovet till räknekammaren. På varje räknekammare räknades sedan 3\*16 rutor utefter en tänkt diagonal linje och för varje levé räknades 3 replikat. Den sammanlagda mängden rutor räknade för levé och provtagningstillfälle var därför 144. Om plankton fanns på linjerna mellan rutorna räknades konsekvent endast de som befann sig på den vänstra eller den undre linjen men inte de på den högra eller övre. Mellan varje prov sköljdes räknekammaren av för att förhindra kontamination från föregående prov. Med hjälp av följande formel räknades antal plankton per ml ut:

Antal plankton per ml =  $x * 1000 * 250$  där x är antal funna plankton per ruta

De påträffade planktonen artbestämdes (i vissa fall är dock endast ordningen fastställd). Art och antal fördes därefter in i en för ändamålet specialgjord tabell. Senare fördes alla resultat in i datorprogrammet Excel för vidare bearbetning.

# Resultat

## VÄDER OCH LEVÉFÖRHÅLLANDEN

Provtagningarna genomfördes under 7 tillfällen vid Bergum och under 5 tillfällen i Lärjeåns trädgårdar (se tabell 2 och 3).

### Bergum

**Tabell 2.** Väder och levéförhållanden under provtagningstillfällena vid Bergums vattenreningskärr.

<b>17-maj</b>	Ganska mycket andmat i de första levéerna. Mörkgrönt vatten i de första levéerna, brunare och grumligare i de sista. Mycket grodyngel i levé 2-4. Kokar av dem i 2:an. Flera hästiglar i 2:an.
<b>05-jun</b>	Ganska mycket andmat i de första levéerna, mer spritt i de sista. Brunt vatten. Grumligt i 2:an, antagligen pga. grumlingen från grodynglen. Mycket grodyngel i levé 2-4, enstaka i levé 5 och 6. Hästiglar, framförallt mycket i levé 2. Mycket insekter i levé 5 och 6.
<b>21-jun</b>	Levé 1-4 täckt med andmat. Fläckvis andmat i levé 5 och 6. Rödbrint vatten i alla levéer. Grodyngel i alla levéer. I levé 2-4 har dock flera utvecklat ben. Mycket hästiglar i alla levéer, framförallt i levé 2-4.
<b>04-jul</b>	Alla levéer täckta av andmat. Brunt vatten i alla levéer. Mycket låg vattennivå på vissa delar av levé 2 och 3. Grodor och hästiglar i levé 1-5. Mycket skuggande växter runt om levéerna. Det har varit varmt och soligt en längre period.
<b>17-jul</b>	Alla levéer täckta av andmat. Brunt vatten i alla levéer. Mycket låg vattennivå på vissa delar av levé 2 och 3. Grodor och hästiglar i levé 1-5. Mycket skuggande växter runt om levéerna. Det har varit varmt och soligt en längre period.
<b>27-jul</b>	Levé 1-4 täckta av andmat. Mycket, men ej helt täckt, andmat i levé 5 och 6. Mycket låg vattennivå på vissa delar av levé 2 och 3. Brunt vatten i alla levéer. Grodor och hästiglar i levé 1-5. Flockar av röda alger i levé 6. Det har varit varmt och soligt en längre period. Mycket skuggande växter runt om.
<b>08-aug</b>	Levé 1-4 täckta av andmat. Mycket, men ej helt täckt, andmat i levé 5 och 6. Brunt vatten i alla levéer. Grodor och hästiglar i levé 1-5. Flockar av röda alger i levé 6. Mycket skuggande växter runt om.

### Lärjeåns trädgårdar

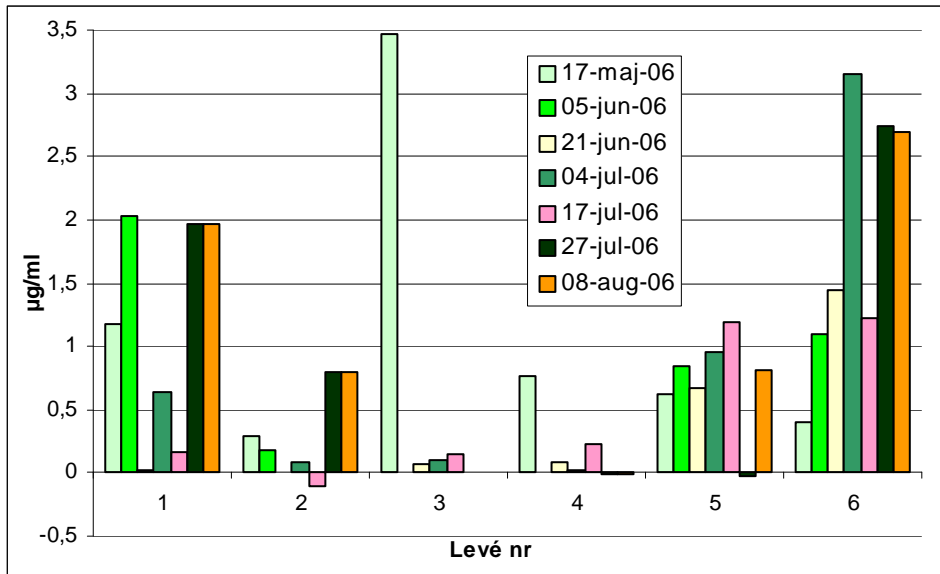
**Tabell 3.** Väder och levéförhållanden under provtagningstillfällena vid Lärjeåns trädgårdars vattenreningskärr.

<b>21-jun</b>	Endast avloppsvatten i den första levén, vilket dock är klart eftersom kärret endast varit i bruk under ett fåtal dagar. Regnvatten i levé 2, 5 och 6.
<b>04-jul</b>	Endast avloppsvatten i den första levén, vilket är mörkgrönt till färgen. Mygglarver. Fläckvis med <i>Merismopedia</i> sp. Regnvatten samt mygglarver i levé 2, 5 och 6.
<b>17-jul</b>	Endast avloppsvatten i den första levén, vilket är mörkgrönt till färgen. Mygglarver. Fläckvis med <i>Merismopedia</i> sp. Regnvatten samt mygglarver i levé 2, 5 och 6. <i>Daphnia magna</i> i levé 2 och 5.
<b>27-jul</b>	Endast avloppsvatten i den första levén. Regnvatten i levé 2,5 och 6. Mygglarver i levé 1 och 2. <i>Daphnia magna</i> i levé 2, 5 och 6. Dagsländelarver i levé 6.
<b>08-aug</b>	Endast avloppsvatten i den första levén. Fläckar med <i>Merismopedia</i> sp. Regnvatten i levé 2,5 och 6. Mygglarver i levé 1 och 2. Mycket <i>Daphnia magna</i> i levé 2, 5 och 6. Dagsländelarver.

## KLOROFYLLHALTER

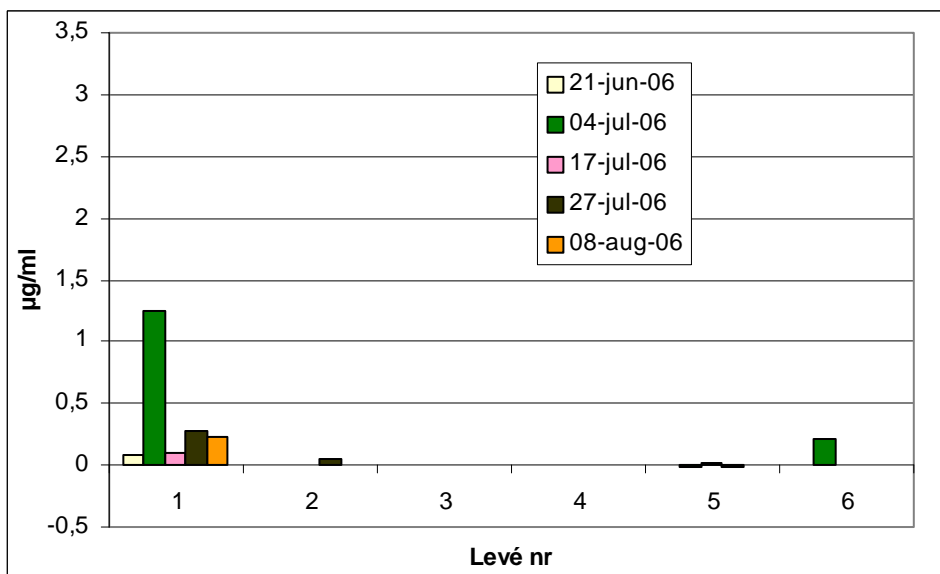
Klorofyll-a halterna varierade över sommaren (enligt figur 1 och 2). För vissa datum visas klorofyllhalten som negativ. Någon negativ klorofyllhalt kan dock inte förekomma utan detta beror på hur spektrofotometern har läst av vid de enskilda våglängderna. Vid mycket låga klorofyllhalter kan då summan av det hela fås som negativ men de negativa klorofyllvärdena ska då helt enkelt räknas som noll.

### Bergum



Figur 1. Medelklorofyllhalter (µg/ml) levé för levé i Bergums vattenreningskärr.

### Lärjeåns trädgårdar

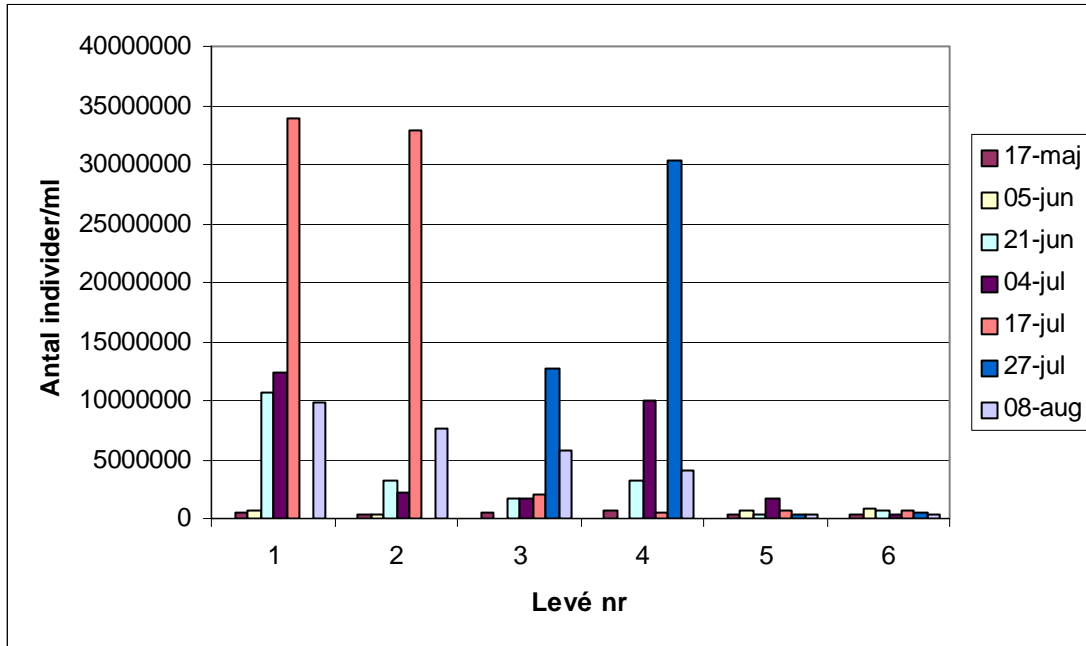


Figur 2. Medelklorofyllhalter (µg/ml) levé för levé i Lärjeåns trädgårdar.

## PLANKTONHALTER

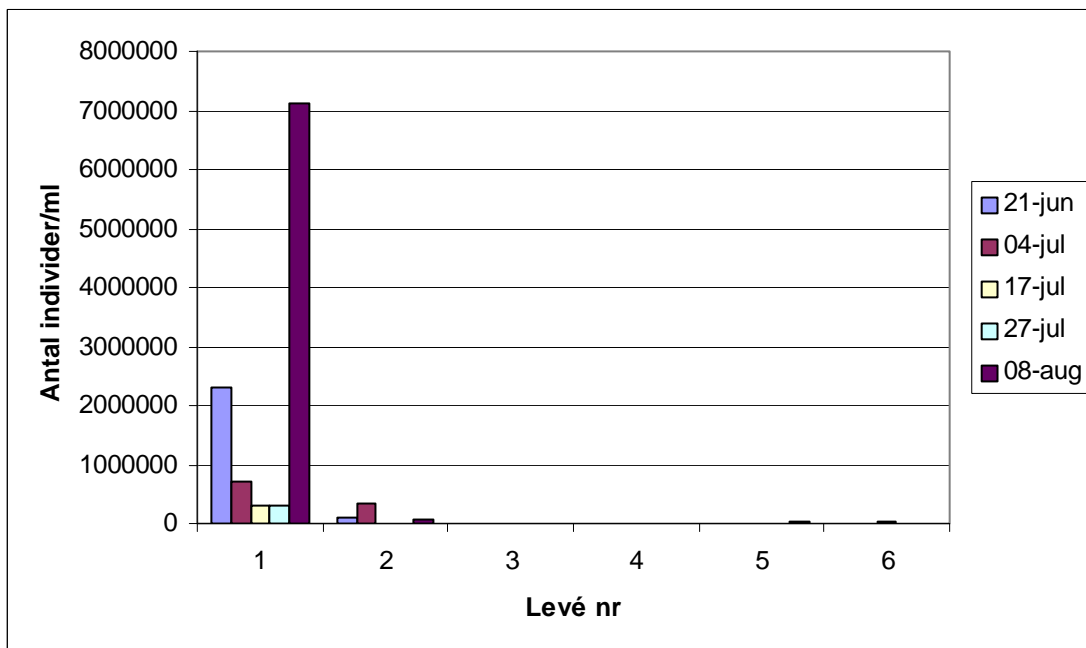
Både i Bergum och i Lärjeåns trädgårdar avlöste olika planktonarter varandra samt varierade i antal över sommaren.

### Bergum



Figur 3. Antal plankton/ml i Bergums vattenreningskärr.

### Lärjeåns trädgårdar

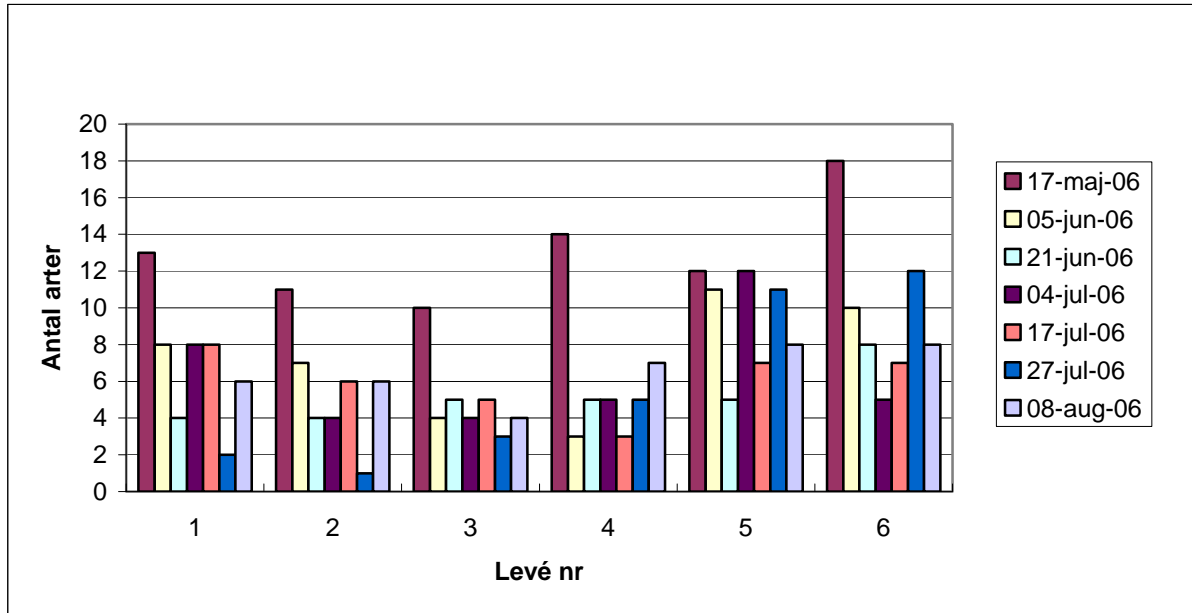


Figur 4. Antal plankton/ml i Lärjeåns trädgårdars vattenreningskärr.

## ARTER PER LEVÉ

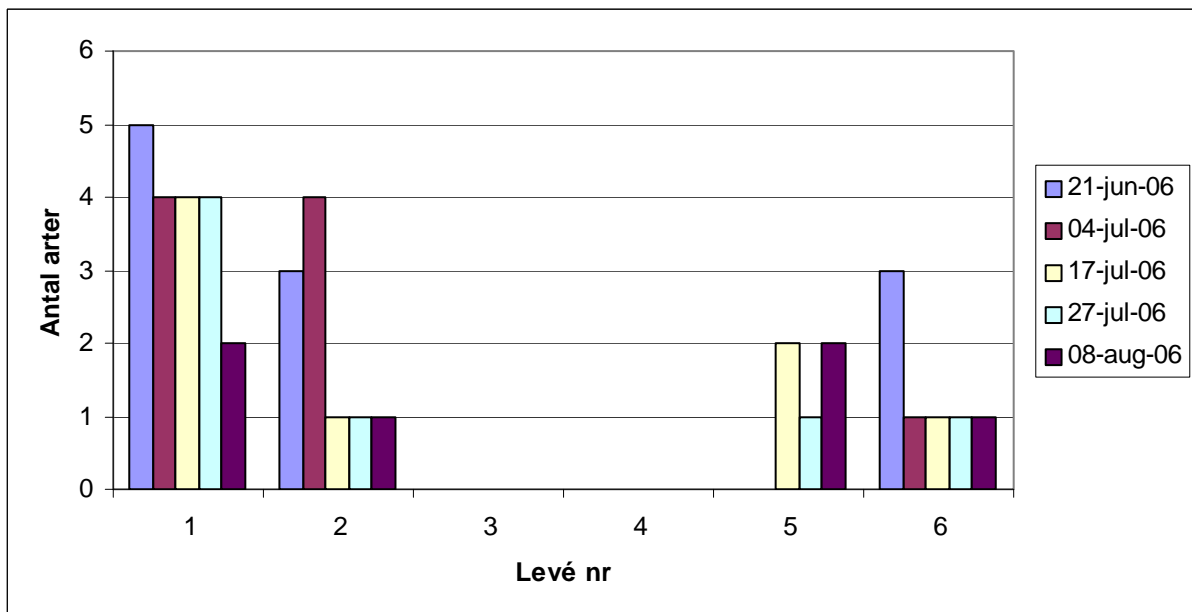
Antalet arter varierade över levéerna både i Bergum och i Lärjeåns trädgårdar (figur 5 och 6).

### Bergum



Figur 5. Antal arter (växt- och djurplankton) per levé i Bergums vattenreningskärr.

### Lärjeåns trädgårdar



Figur 6. Antal arter per levé i Lärjedalens trädgårdars vattenreningskärr.

## ARTSAMMANSÄTTNINGEN

### Bergum

#### Växtplankton

Sammanställningen av växtplankton har varierat över sommaren. Vid den första provtagningen, 17 maj fanns toppar av cyanobakterien *Merismopedia sp* (framförallt i levé 1 och 2), *Euglena sp* (framförallt i levé 3) samt *Monoraphidium sp* (framförallt i levé 4). Även *Trachelomonas sp* förekom i relativt stora mängder.

Vid nästa provtagning, 5 juni, hade antalet *Merismopedia sp* ökat i levé 1 men sjunkit kraftigt i levé 2 för att sedan öka något igen i levé 4 och 5. *Euglena sp* hade ökat i levé 1 men återfanns endast i låga antal i de följande levéerna. *Monoraphidium sp* dominerade inte längre i levé 4 utan dess antal var tämligen lågt men ökade något i de två sista levéerna. Levé 5 och 6 dominerades kraftigt av Chlorococcales (runda, bland annat *Westella botryoides* och *Dictyosphaerium sp*). Även Oscillatoriales har ökat i antal i de sista två levéerna.

Vid den tredje provtagningen, 21 juni dominerade *Merismopedia sp* i levé 1- 4 med den största toppen i levé 1. I levé 5 och 6 hade antalet Chlorococcales och *Trachelomonas sp* stigit något.

Den 4 juli dominerade *Merismopedia sp* levé 1-5. De kraftigaste topparna återfanns i levé 1 och 4. I levé 5 och 6 hade *Trachelomonas sp* ökat något i antal.

Den 17 juli dominerade återigen *Merismopedia sp* i levé 1-3.

Den 27 juli återfanns *Merismopedia sp* framförallt i levé 3 och 4, där de också dominerade kraftigt. Olika *Trachelomonas*-arter (*T. hispida*, *T. varians*, *T. oblonga* och *T. klebsii*) ökade i antal i de sista levéerna.

Vid den sista provtagningen, 8 augusti, dominerade även då *Merismopedia sp* i levé 1-4. Olika *Trachelomonas*-arter (*hispida*, *varians* och *klebsii*) liksom *Chlamydomonas sp* ökade i antal i de sista levéerna.

#### Djurplankton

Vad gäller djurplankton fanns det vid den första provtagningen, 17 maj, ciliaten *Prorodon sp* i levé 1 samt ciliaten *Strobilidium spiralis* i levé 4, 5 och 6. Heliozoa dominerade dock i levé 5 och 6. Även ett antal Rotifera (*Gastropus sp* i levé 1) återfanns.

Den 5 juni återfanns Heliozoa samt Rotifera i alla levéer. Dock dominerade Heliozoa i levé 6. I levé 4-6 fanns även *Strobilidium spiralis*.

Den 21 juni återfanns inga djurplankton överhuvudtaget i Bergums vattenreningskärr.

Den 4 juli återfanns ciliaten *Paramecium sp* i relativt högt antal i levé 1. Ciliaten *Prorodon sp* fanns i levé 5 liksom Amoebae. Heliozoa hittades i levé 5 och 6.

Den 17 juli hittades ciliaten *Prorodon* i alla levéer, dock med det största antalet i levé 3 följt av levé 1 och 3. Även copepoden *Mesocyclops sp* hittades i alla levéer, med toppar i levé 1 och 4.

Den 27 juli dominerade *Prorodon sp* i levé 5. Släktet fanns även i levé 4. I levé 3 hittades rotiferen *Euchlanis sp* samt i levé 6 rotiferen *Keratella sp*.

Vid den sista provtagningen den 8 augusti hittades endast djurplankton i levé nr 2 vilket var *Paramecium sp*.

## Lärjeåns trädgårdar

### Växtplankton

Vid den första provtagningen, den 21 juni, hittades i levé 1, vilken var den enda levén med avloppsvatten, ordningen Oscillatoriales, *Chlamydomonas sp*, *Microcystis sp*, *Trachelomonas sp* samt *Chrysococcus sp* som dominerade i individantal. I levé 2 hittades Oscillatoriales, *Chlamydomonas sp* samt *Chrysococcus sp*.

Vid provtagningen den 4 juli hade antalet *Chlamydomonas sp* i levé 1 ökat och dominerade där. Släktet återfanns även i levé 6. Chlorococcales hittades i levé 1 och 2. I levé 1 hittades även *Chlorogonium sp* samt *Chrysococcus sp* vars antal sedan första provtagningen hade sjunkit relativt mycket. I levé 2 fanns även ordningarna Zygnematales och Nostocales samt *Microcystis sp*.

Den 17 juli hade antalet *Chlamydomonas sp* i levé 1 sjunkit med mer än hälften. I levé hittade även *Chrysococcus sp*, Nostocales samt *Trachelomonas hispida*. *Scenedesmus sp* hittades i levé 5 samt *Cryptomonas sp* i levé 6.

Den 27 juli hade antalet *Chlamydomonas sp* sjunkit ytterligare men dominerade fortfarande i levé 1 tillsammans med Chlorococcales. I levén fanns även ordningen Pennales. I de övriga levéerna hittades inga växtplankton alls.

Vid den sista provtagningen den 8 augusti hittades endast *Chlamydomonas sp* i levé 1 och 2. Tätheten i levé 1 var dock relativt hög. I levé 5 hittades ordningen Zygnematales samt i levé 6 ordningen Oscillatoriales.

Cyanobakterier (*Merismopedia sp*, Oscillatoriales, *Microcystis sp* och Nostocales) uppträdde vid alla tillfällen i Lärjeåns trädgårdar, dock inte i sådana mängder som i Bergum där ju framförallt *Merismopedia sp* dominerade planktonfloran.

### Djurplankton

Vad gäller djurplankton hittades det vid de två första provtagningarna inga individer alls. Vid det tredje provtagningstillfället, den 17 juli, hittades cladoceren *Daphnia magna* i levé 2 och 5. Djuren syntes tydligt med blotta ögat. Den 27 juli fanns arten, förutom i levé 2 och 5 även i levé 6. Vid det sista provtagningstillfället, den 8 augusti, hade artens individantal ökat men hittades endast i levé 1 och 5.



## FÖREKOMST AV OLIKA ARTER I DE OLIKA LEVÉERNA

Olika arter förekommer i de olika levéerna.

**Tabell 4.** Förekomst av olika växtplankton i olika levéer i Bergum.

art/grupp	förekomst i levé nr					
	1	2	3	4	5	6
Spirulina sp (cyanobakterie)	x					
Dinophyceae (pansarflagellat)		x				
Staurastrum sp (konjugat)	x	x				
Nostocales (cyanobakterie)	x			x		
Euglena (ögonalg)	x	x	x	x	x	
Microcystis sp (cyanobakterie)	x	x	x	x		x
Pennales (Nitzchia, Navicula) (kiselalg)	x	x	x	x	x	x
Trachelomonas sp (ögonalg)	x	x	x	x	x	x
Zygnematales (konjugat)	x	x	x	x	x	x
Oscillatoriales (cyanobakterie)	x	x	x	x	x	x
Clamydomonas sp (grönalg)	x	x	x	x	x	x
Merismopedia sp (cyanobakterie)	x	x	x	x	x	x
Trachelomonas hispida (ögonalg)	x		x	x	x	x
Scenedesmus quadricauda (grönalg)	x			x	x	x
Stephanodiscus/Cyclotella/Cyclostephanos (kiselalg)	x	x			x	x
Trachelomonas varians (ögonalg)	x	x			x	x
Monoraphidium sp (grönalg)		x	x	x	x	x
Chrysococcus sp (guldalg)			x	x	x	x
Chlorococcales (bl.a. Westella sp och Dictosphaerium sp) (cyanobak.)			x	x	x	x
Chlorogonium minimum (grönalg)				x	x	x
Closterium sp (konjugat)					x	x
Scenedesmus sp (grönalg)					x	x
Phacus sp (ögonalg)					x	x
Trachelomonas oblonga (ögonalg)					x	x
Trachelomonas klebsii (ögonalg)					x	x
Cryptomonas sp (rekylalg)					x	

**Tabell 5.** Förekomst av olika zooplankton i olika levéer i Bergum.

art/grupp	förekomst i levé nr					
	1	2	3	4	5	6
Paramecium sp (ciliat)	x					
Gastropus sp (rotifer)	x					
Euchlanis sp (rotifer)			x			
Ciliata (ciliat)	x	x	x	x	x	x
Prorodon sp (ciliat)	x	x	x	x	x	x
Rotifera (rotifer)	x	x	x	x	x	x
Mesocyclops sp (copepod)	x	x	x	x	x	x
Heliozoa (soldjur)	x	x	x	x	x	x
Strobilidium spiralis (ciliat)	x			x	x	x
Amoeba (amöba)					x	
Keratella sp (rotifer)						x

**Tabell 6.** Förekomst av olika växtplankton i olika levéer i Lärjeåns trädgårdar.

art/grupp	förekomst i levé nr					
	1	2	3	4	5	6
Trachelomonas hispida (ögonalg)	x					
Trachelomonas sp (ögonalg)	x					
Pennales (Nitzchia, Navicula) (kiselalg)	x					
Chlorogonium minimum (grönalg)	x					
Merismopedia sp (cyanobakterie)	x					
Chlorococcales (bl.a. Westella sp och Dictyosphaerium sp) (cyanobakterie)	x	x				
Chrysococcus sp (guldgalg)	x	x				
Nostocales (cyanobakterie)	x	x				
Microcystis sp (cyanobakterie)	x	x				
Zygnematales (konjugat)		x			x	
Clamydomonas sp (grönalg)	x	x				x
Oscillatoriales (cyanobakterie)	x	x				x
Cryptomonas sp (rekylalg)						x
Scenedesmus sp (grönalg)					x	

**Tabell 7.** Förekomst av olika zooplankton i olika levéer i Lärjeåns trädgårdar.

art/grupp	förekomst i levé nr					
	1	2	3	4	5	6
Daphnia magna (cladocer)		x			x	x

## SYREHALT OCH KONDUKTIVITET

Prover på syrehalt och konduktivitet är endast tagna i Bergum. Några resultat för Lärjeåns trädgårdar finns alltså inte. Jämfört med tidigare år ligger årets syrehalter i Bergum något lägre vid de flesta provtagningsstillfällena (tabell 8).

### Syrehalt

**Tabell 8.** Syrehalter i Bergum. Prover tagna av Gunilla Magnusson.

syre mg/l	060602	060615	060712	060727	060808
in 1	2,8	>20	3,4	0,5	1,2
ut 1	2,6	>20	2,5		1
in 2	2,5		2,8	0,5	1
ut 2	2,4		3,2	0,5	1
in 3	1,8		3,2	0,8	1
ut 3	2,4	>20	2,4	0,5	0,8
4 in	2,2		3	0,8	0,8
4 ut	2,2		3,4	0,5	1,5
5 in	2,1		4,2	5,5	
5 ut	2,1		4,1	4	3,8
6 in					
6 ut	2,2		4,2	2,7	2

### Konduktivitet

Enligt mätningar gjorda av Gunilla Magnusson, GM Vattenmiljö, har konduktiviteten under sommaren varit låg, trots relativt låga syrehalter och minskande mängder plankton.

Mätningarna visar att den största delen av närsaltsreningen sker i första dammens första hälft då denna del har högst mätvärden och därmed högst närsaltshalter. Redan andra hälften av levé 1 har lägre värden och skiljer sig inte speciellt från vattenreningssystemets övriga värden (tabell 9).

**Tabell 9.** Konduktivitet i Bergum. Prover tagna av Gunilla Magnusson.

mS/cm <sup>2</sup>	050621	050705	050714	050728	050819	060615	060712	060808
in 1	0,75	0,63	0,89	1,02	0,79	1,25	0,98	0,45
ut 1	0,67	0,56	0,53	0,25	0,41	0,58	0,45	
in 2	0,46	0,53	0,41	0,38	0,32		0,46	0,87
ut 2	0,42	0,35	0,47	0,36	0,37		0,27	0,55
in 3	0,54	0,37	0,26	0,41	0,31	0,28	0,24	0,49
ut 3	0,35	0,35	0,32	0,37	0,32	0,35	0,25	0,41
4 in	0,41	0,38	0,28	0,34	0,3	0,3	0,14	0,42
4 ut	0,29	0,2	0,18	0,31	0,21	0,27	0,22	0,34
5 in	0,33	0,39		0,33	0,29	0,19	0,25	0,15
5 ut	0,14	0,29	0,28	0,34	0,16	0,13	0,24	0,26
6 in								
6 ut	0,3	0,31	0,17	0,35	0,26	0,12	0,16	

## Diskussion

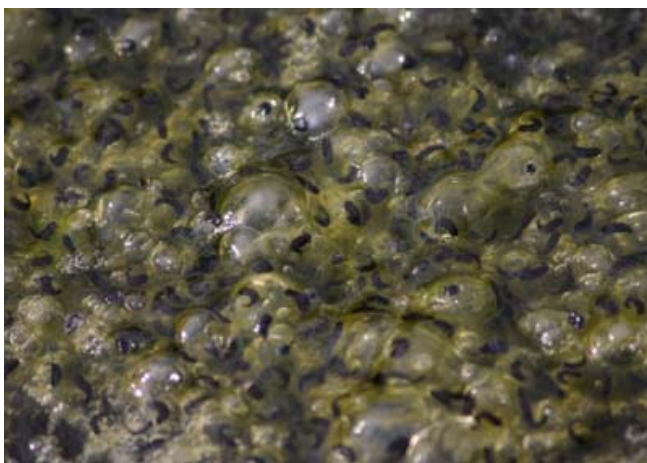
Eftersom jag inte har gjort några mätningar på fosfor och kväve är det svårt att dra några direkta slutsatser av mina resultat baserade på närsaltstillgången. Jag inser att sådana mätningar hade varit värdefulla att ha men tiden räckte helt enkelt inte till för att göra även det. De halter som jag har hittat vad gäller kväve och fosfor från mätningar gjorda tidigare år i Bergum är tagna under andra tider än när jag har gjort mina mätningar. Därför har det inte känts så relevant att använda mig av dem.

Då ett vattenreningskärr utgör en mycket extrem miljö är jämförelser, vad gäller klorofyllhalt, planktonmängder med mera, med andra sjöar och våtmarkssystem svåra att göra.

### BERGUM

#### Klorofyll

Klorofyllhalterna, det vill säga algtätheten, vid Bergum varierade relativt mycket under sommaren. Detta bör delvis hänga samman med att den aktuella sommarperioden var mycket varm och regnfattig. Enligt SMHI var nederbördsmängden i Göteborgsregionen endast 50 % av vad som annars brukar vara normalt samtidigt som medeltemperaturen för juli månad var 4-5 grader högre än det normala.<sup>81</sup> Den höga ljusintensiteten gynnar visserligen algtillväxt<sup>82</sup> men även tillväxten av andmat, *Lemna minor*, som även gynnas av det höga näringsinnehållet i de första levéerna, samt växterna runt om dammarna. Framförallt de mattor av andmat som breddar ut sig över levéerna konkurrerade kraftigt med algerna om ljusinstrålningen och kan ha lett till en bromsning i tillväxten hos vissa algar. Vid provtagningen den 17 juli var vattnet i levé 2 och 3 dessutom mycket grumligt, vilket antagligen kom an på de mängder med grodor som befann sig där, och även detta påverkar naturligtvis ljusinsläppet negativt. Mätningarna visar att klorofyllhalten i levé 2-4 var betydligt lägre än i de övriga levéerna under i stort sett hela sommaren. Det är också i de levéerna som *Merismopedia sp* har dominerat och som har haft den högsta tillväxten av andmat. Därför är den troliga förklaringen till de låga klorofyllhalterna i levé 2-4 att växtplanktonen har blivit utkonkurrerade av andmat.



**Bild 12.** Grodyngel i samma mängder som fanns i Bergum.<sup>83</sup>

81 <http://mobil.svt.se/svt/jsp/Crosslink.jsp?d=52865&a=631046.060915>

82 Berggren Åke, Sandhall Hans, Mikrobilder – liv i damm och sjö, Stockholm, 1981, sid 8

83 <http://www.ahabokochkultur.se/foto.htm> 070531



**Bild 13.** Andmat (*Lemna minor*) i Bergum.<sup>84</sup>

Trots att det var ett mycket lågt individantal i levé 1 och 2 den 27 juli visar ändå mätningarna på en relativt hög klorofyllhalt. Detta kan möjligen, trots stor försiktighet vid provtagningsproceduren och laborationsarbete, förklaras med att delar av *Lemna minor* har hamnat i provrören vid analys av klorofyll. Detsamma kan möjligtvis även förklara det höga klorofyllvärdet i levé 3 den 17 juli.

### **Syrehalt och konduktivitet**

Då årets syrehalter, vilket kan ses som ett mått på fotosyntesaktiviteten, var något lägre än tidigare år, framförallt den 27 juli, borde detta tyda på att mängden plankton var mindre. Just den 27 juli syns detta mycket tydligt. Vid provtagningarna detta datum hade individantalet i de första levéerna samt klorofyllhalten i de mellersta levéerna minskat kraftigt. Mängden plankton minskade med största sannolikhet eftersom *Lemna minor* bredde ut sig så kraftigt. Den försämrade växtplanktonproduktionen kan ha lett till en minskad effektivitet i kärrets reningsförmåga, det vill säga ett sämre upptag av näringsämnen, då primärproduktionen är det första steget i näringskedjan. Hög täthet av växtplankton däremot betyder mycket mat åt efterkommande organismer i näringskedjan och därigenom en effektiv bortförsel av näringsämnen ur systemet. Men, den lägre syrehalten kan ju också visa på att produktion och konsumtion av syre tar ut varandra och behöver därför inte nödvändigtvis innebära ett lägre upptag av näringsämnen. Denna teori kan stödjas av att konduktiviteten i vattenreningskärret har varit låg trots de relativt låga syrehalterna. Detta i sin tur betyder att upptaget av närsalter har varit god trots igenväxning av andmat och små mängder växtplankton. Troligtvis tar även andmaten upp ganska mycket näringsämnen. Dessutom har vattnet under sommaren varit mycket varmt på grund av den värmebölja som var och detta ger en sämre löslighet av syre.

### **Plankton**

Mängden grodyngel i vattenreningskärret var, framförallt i levé 2 men även i levé 3 och 4, enorm under sommaren. Under den tidigare delen av sommaren märktes en tydlig nedgång i antal arter av plankton i framförallt levé 2-4. Även mängden plankton minskade, förutom cyanobakterien *Merismopedia sp* som istället formligen exploderade i antal. Detta kan bero på att grodynglen lever av mikroorganismer som växtplankton när de är riktigt små.<sup>85</sup> När de sedan blir lite större går de över till en diet av smådjur som mygglarver och dylikt.<sup>86</sup> Man anar en viss, ostadig, uppgång i antal individer plankton per volymenhet under högsommaren. Denna uppgång består till största del av *Merismopedia* som dominerade upp

<sup>84</sup> Åsa Rehdell

<sup>85</sup> <http://www.miljodatabasen.se/frageladan/senaste/>. Botkyrka kommun. 060920

<sup>86</sup> <http://www.tiopepe.se/grodor/grodyngelmat.php>. 060920

till levé 4 under sommaren. Den stora ökning som skedde och artens dominans under sommaren beror antagligen på det varma vädret eftersom cyanobakteriers blomning gynnas av höga temperaturer.<sup>87</sup>

Det märkliga är att trots en mycket stor mängd *Merismopedia sp* vid flera provtagningstillfällen får detta lite eller inget alls utslag på halten klorofyll. Vid vissa datum går snarare klorofyllhalten upp när *Merismopedia sp* börjar minska nedåt i kärret. Den låga klorofyllhalten, trots en stor mängd *Merismopedia sp*, har nog här snarare att göra med en minskad mängd växtplankton då de har skuggats ut av bland annat *Lemna minor*. Man borde också kunna dra slutsatsen att *Merismopedia sp* har en konkurrensfördel vid utskuggning, det vill säga de klarar av att fotosyntetisera bra vid låga ljusnivåer jämfört med andra plankton. Diagrammen visar tydligt att antalet arter per levé ökar nedåt i kärret samtidigt som antalet individer minskar nedåt. Detta beror på att miljön är mer extrem i de första levéerna. Detta i sin tur gör att endast de arter som klarar dessa exceptionellt höga halter av näringsämnen och den konkurrens som uppstår klarar att överleva i dessa dammar. Arterna i de första levéerna är opportunistiska till sin natur. I de sista dammarna lever arter som har konkurrensfördelar av den mer stabila miljö som uppstår i dessa levéer. Detta gör att artrikedomen blir större i de sista levéerna men att konkurrensen ändå gör att antalet individer per art blir mindre. Den försämring av växtplanktonproduktion som skett i vissa delar av kärret och som i sin tur antas ha lett till en minskad syretillgång kan kopplas till det faktum att nästan inga zooplankton har hittats. Detta eftersom djurplankton är beroende av syre för sin respiration.

### **Ammonium**

Den minskade syretillgången kan även antas ha bromsat omvandlingen av ammonium till nitrat vilket i så fall gör att kärrets reningseffektivitet har minskat eftersom växtplankton och bakterier tar upp kväve i form av nitrat effektivare än ammonium. Möjligtvis har även ammonium bildats om syrehalten har varit mycket låg. Då det under sommaren har varit mycket varmt, samt att primärproduktionen kan ha lett till ett förhöjt pH, har även en del ammonium eventuellt omvandlats till ammoniak, vilket sedan har kunnat läcka ifrån vattenreningskärret i form av gas. Den största ammoniakavgången borde i så fall ha skett i de levéer med störst skuggning av *L. minor*. Om ammoniak har bildats borde detta dock ha luktat och någon ammoniaklukt har inte känts ifrån någon levé i kärret. Dessutom visar mätningar gjorda av Gunilla Magnusson på GM Vattenmiljö att pH inte har höjts nämnvärt. Någon ammoniakavgång från vattenreningskärret har det därför antagligen inte varit frågan om.

### **LÄRJEÅNS TRÄDGÅRDAR**

Eftersom den första provtagningen gjordes bara några dagar efter att avloppsledningarna hade kopplats till vattenreningskärret var det spännande att se vad provtagningensresultaten skulle visa. Under hela sommaren var det endast levé nummer ett som var fyllt med avloppsvatten. I levé nummer två, fem och sex fanns det visserligen också vatten men detta kom från nederbörd och/eller genom uppträngning från marken. För mitt arbete är det därför levé ett som är av störst intresse. För kommande undersökningar kan det kanske dock vara värdefullt att veta artsammansättningen och i vilka mängder de olika arterna fanns samt klorofyllhalt för de levéer som innehöll ej förorenat vatten vid mina provtagningar men som senare fylldes med avloppsvatten.

---

87 A Study on the Occurrence of *Merismopedia Meyen* (Cyanobacteria) Populations on the Littoral Sediments of Üzmit Bay (Turkey), Aktan Yelda, G.Ier Aykulu. 2003

## Klorofyll

Klorofyllhalten var vanligen lägre eller betydligt lägre än halten vid motsvarade datum i Bergum. Detta beror naturligtvis på att vattenreningskärret i Lärjeån är nyanlagt och därför inte har hunnit skaffa sig någon betydande planktonflora än.

Den fjärde juli mättes de högsta klorofyllvärdena i första levén, vilket var betydligt högre än klorofyllhalten i Bergums första levé vid samma datum. Jämför man detta med mängden plankton var dock planktonhalten relativt låg vid detta datum. Någon förklaring till detta är svår att ge.

Trots det höga individantalet den 8 augusti uppmättes vid detta datum inte någon nämnvärt hög klorofyllhalt. Arten som stod för det höga individantalet var framförallt *Chlamydomonas sp* vilket ju är en grönalg som inte kan växla till en heterotrof livsstil, vilket vissa andra arter kan göra om det gynnar dem. Hade den dominerande arten kunnat växla mellan autotrofi och heterotrofi, hade detta däremot kunnat förklara den relativt låga klorofyllhalten. Som det nu var har jag inte lyckats finna någon hypotes som kan förklara dessa värden.

## Plankton

Redan vid första provtagningen, den 21 juni, sågs flera arter av växtplankton. Dessa arter borde kunna anses vara snabba kolonisatörer, det vill säga de är snabbt på plats när en förändring i miljön har skett men är kanske inte så tåliga som de arter som kommer in i ett senare skede. Att *Chrysococcus sp* förekom i så hög halt (närmare 1 900 000 individer/ml) den 21 juni men sedan minskade drastiskt till de två efterföljande provtagningstillfällena för att sedan försvinna helt borde tyda på att släktet innehåller en del så kallade pionjärarter. När sedan miljön stabiliserades något kunde andra arter komma in och konkurrera ut pionjärarterna. *Chrysococcus sp* hittades visserligen även i Bergum men inte alls i så stora mängder.

Även *Trachelomonas sp* förekom vid de första provtagningarna för att sedan försvinna helt. Antagandet att *Trachelomonas sp* hör till pionjärarter, det vill säga att de är snabbt på plats men inte så tåliga, skulle kunna göras. Om man jämför med förekomsten av *Trachelomonas sp* i Bergum ser man att *Trachelomonas* verkade föredra de sista levéerna där halten näringsämnen inte var så extremt hög. Möjligtvis kan *Trachelomonas* försvinnande i Lärjeåns trädgårdar i så fall tyda på att halten näringsämnen ökade under sommaren.

*Chlamydomonas sp* fanns i relativt små mängder vid det första provtagningstillfället. Individantalet ökade sedan påtagligt till den andra provtagningen, den 4 juli, för att sedan minska igen. Vid den sista provtagningen den 8 augusti hade individantalet stigit lavinartat. *Chlamydomonas* skulle därför kunna ses som en relativt långsam kolonisatör. Det faktum att inga andra växtplanktonarter återfanns den 8 augusti vare sig i levé 1 eller 2 kan tyda på att de har blivit utkonkurrerade av *Chlamydomonas sp*. Även i Bergum hade antalet *Chlamydomonas* ökat drastiskt till den 8 augusti. Det faktum att släktet hade ökat både i Bergum och i Lärjeåns trädgårdar kan till exempel tyda på att det hade varit för släktet gynnsamma väderförhållanden i början av augusti.

Antalet individer/ml minskade hela tiden fram till den 8 augusti. En anledning till detta kan vara att det var relativt mycket mygglarver i levéerna under den tiden och dessa lever av små organismer i vattnet.<sup>88</sup> Även förekomsten av *Daphnia magna* i levé 2, 5 och 6 kan ha påverkat nedgången av antalet växtplankton- och bakterieindivider i dessa levéer då *Daphnia* lever av just sådana.

<sup>88</sup> <http://mygga.sv.xanax-prescription.be/>. 061115

# Slutsats

## BERGUM

Den extremt varma sommaren 2006 ledde till en stor tillväxt av andmat, *Lemna minor*, i Bergums vattenreningskärr. Då andmaten lägger sig som en matta på vattenytan konkurrerar den med växtplankton om solljus. Både klorofyllmätningar, mätning av syrehalten samt planktonräkning har visat att mängden växtplankton har minskat under sommaren. Denna bromsning av tillväxten av växtplankton berodde med största säkerhet på att de hade konkurrerats ut av andmaten. Då mängden *Merismopedia sp* var mycket stor i framförallt levé 2-4, vilket var de levéer som hade det tjockaste andmatstäckets, kan detta tyda på att *Merismopedia sp* har en konkurrensfördel av låga ljusintensiteter gentemot andra växtplankton. Dessutom gynnas cyanobakterier, till vilka *Merismopedia sp* tillhör, av höga temperaturer. Den stora minskningen av övriga plankton i levé 2-4 berodde även antagligen på de otroliga mängder grodyngel, vilka delvis kan leva av plankton, som fanns i dessa levéer under den tidiga delen av sommaren.

Orsaken till att mängden funna zooplankton varit så liten kan bero på att syrehalten varit låg på grund av en minskad växtplanktonproduktion. Zooplankton, liksom andra djur, är beroende av syre för sin respiration. Trots en låg syrehalt och låg klorofyllnivå i de flesta levéer har ändå konduktiviteten varit låg. Detta betyder att vattenreningskärrets reningsförmåga, det vill säga dess upptag av närsalter, ändå har varit god.

Mina mätningar, liksom tidigare gjorda mätningar, visar en tydlig trend mot en ökad artrikedom nedåt i vattenreningskärret men ett ökande individantal uppåt i kärret. Detta kommer an på att miljön är så extrem i de första levéerna att endast mycket tåliga arter kan leva där medan miljön i de sista levéerna är mer stabil och tillåter fler arter, vilket leder till en ökad konkurrens.

## LÄRJEÅNS TRÄDGÅRDAR

Då vattenreningskärret var nyinvidgt vid mina provtagningar var av förklariga skäl mängden plankton mindre samt klorofyllhalten lägre här än i Bergum eftersom en stabil planktonflora ännu inte hade hunnit etablera sig.

De låga klorofyllhalterna som mättes samtidigt som antalet av *Chlamydomonas sp* var mycket högt har jag inte lyckats finna någon förklaring till. Då *Chlamydomonas sp* är en grönalg borde en massproduktion av dem att ge upphov till en högre klorofyllhalt, men så har alltså inte varit fallet.

De arter som först hittades i Lärjeåns vattenreningskärr borde kunna räknas till så kallade opportunistiska arter vilka är snabba kolonisatörer av nya områden eller då en miljöförändring har skett. Vid det första provtagningstillfället hittade mycket *Chrysococcus sp*, vilka sedan sjunker i antal under sommaren. *Chrysococcus sp* borde därför kanske kunna anses tillhöra de snabba kolonisatörerna men även anses vara mindre tålig mot den konkurrens som uppstod av den mer stabila miljö som infann sig efterhand. Även *Trachelomonas sp* hittades under de första provtagningarna men inte under de sista. Jämfört med Bergum hittas där *Trachelomonas sp* främst i de sista, ur näringssynpunkt mer stabila levéerna. Om halten näringsämnen ökar i den första levén i Lärjeåns trädgårdar under sommaren, vilket ju borde vara fallet vilket skulle kunna betyda att även detta släkte hör till pionjärarterna. Det vill säga



att de är snabbt på plats men att de inte är så tåliga. Även ordningen Oscillatoriales fanns i relativt stora mängder under de två första provtagningarna.

*Chlamydomonas sp* däremot hade sin största halt vid den sista provtagningen. Släktet skulle därför kunna ses som en relativt långsam kolonisationsart. Det faktum att *Chlamydomonas sp* hade ökat både i Bergum och i Lärjeåns trädgårdar till det sista provtagningstillfället den 8:e augusti kan även tyda på att det hade varit för släktet gynnsamma väderförhållanden under tiden innan.

Individdens täthet minskade hela tiden fram till den 8:e augusti vilket kan bero på att det fanns mycket mygglarver, som lever bland annat av plankton. I levé 2,5 och 6 påverkade antagligen även förekomsten av *Daphnia magna* den minskade individdens tätheten då *Daphnia* lever av andra plankton.

Slutligen är det svårt att ge förklaringar till alla ökning, minskning och förändring som har skett vad gäller arter och klorofyllhalter. Vattenreningskärr är extrema i sin miljö vilket gör att plötsliga förändringar kan ske.

## Tack

Mina handledare vid universitetet, Stefan Bydén och Jan-Erik Svensson, har varit till stor hjälp för mig vid sammanställandet av texten samt under arbetets gång med att hitta användbara böcker och analysmetoder, hjälp vid datorproblem och allmänt uppmuntrande. Kristin Andreasson liksom Vivianne Aldén har varit till ovärderlig hjälp vid analysarbetet samt att de har hjälpt mig att hitta utrustning. Eva Nilsson var ett stort stöd för mig när jag skulle komma igång med arbetet och behövde hjälp med att hitta rätt i jungeln av instrument och formler. Göran Dave har gett mig nya infallsvinklar och hjälpt mig att styra upp arbetet. Sist men absolut inte minst vill jag rikta ett stort TACK till Gunilla Magnusson för hennes oskattbara hjälp, stöd och uppmuntran.

# Referenser

## TRYCKTA KÄLLOR

Aktan Yelda, G.ler Aykulu. 2003. *A Study on the Occurrence of Merismopedia Meyen (Cyanobacteria) Populations on the Littoral Sediments of Üzmit Bay (Turkey)*.

Berggren Åke och Sandhall Hans, *Mikrobilder – liv i damm och sjö*, Stockholm, 1981

Bydén Stefan, Larsson Ann-Marie, Olsson. Mikael. *Mäta vatten*. Göteborg 2003

Davidsson Torbjörn, Ekologgruppen i Landskrona AB. 2003. *Våtmarkers reningsförmåga - Metaller, Bakterier, Pesticider, Toxiska substanser och Läkemedelsrester*. Segeåns Vattendragsförbund

Ericsson Ulf och Medin Mats, Medins Sjö- och Åbiologi AB. 2001. *Bottenfaunan i Göteborgs vattendrag: Inventering av bottenfaunan på sex lokaler i Göteborgs kommun 2000*. Miljöförvaltningen Göteborg. ISRN GBG-M-R- -01/5- -SE

Erlandsson Johan och Johannesson Kerstin, Tjärnö marinbiologiska laboratorium, 2005. *Troliga effekter på makrovegetation och växtplankton av ett eventuellt minskat fosforutsläpp från Ryaverket*. Bohuskustens vattenvårdsförbund. ISBN- 91 – 85 293 - 11 - 3

Gryaab. 2006. *Årsredovisning 2005*.

Magnusson Gunilla, GM Vattenmiljö. 2003. *Projektredovisning Svenseröd – anläggning av vattenreningskärr som enskilt avlopp*.

Pehrsson Olof. 2001. *Bergums vattenreningskärr - utvärdering av en 5-årsperiod*.

Pehrsson Olof. 2002. *Sammanfattning av resultat från Bergums vattenreningskärr 1996-2002*

Pehrsson Olof. 1998. *Vattenreningskärret i Bergum - utvärdering av en försöksperiod*

Pehrsson Olof. 1998. *Vattenrening i vattenreningskärr - bearbetning av data: jämförelser mellan Bergum och andra anläggningar*

Robinson Peter. 2006. *Miljörapport enligt miljöbalken 2005*. Gryaab.

Sobis Katarina. 2004. *Kan ljusanläggning öka reningseffektiviteten vintertid?* Examensarbete vid Göteborgs universitet, Zoologiska institutionen.

Tikkanen Toini, Willén Torbjörn. *Växtplanktonflora*. Statens naturvårdsverk, Solna, 1992

Tryggvadotter Ingunn. 2006. *Indikator för algblomningar i kustzonen*. Rapporter om natur och miljö nr 2006:1.

Upstate Freshwater Institute. Syracuse, NY. 2001. *Phytoplankton Study for Southern Cayuga Lake*,

## **KURS**

Emission, spridning, omvandling och deposition av föroreningar. Ht -03

Jan Stensson, Limnisk ekologi, ½ -05

## **INTERNET**

GM Vattenmiljö

<http://www.vattenmiljo.se/pres.htm> (2006-07-18)

Greppa näringen

<http://www.greppa.nu/kunskapen/uppslagsboken/naringiomvarlden/forsurningpgaammoniak>  
(2006-10-14)

Lärjeåns trädgårdar

<http://www.larjean.org>, (2006-04-03)

Miljödatan, Botkyrka kommun

<http://www.miljodatabasen.se/frageladan/senaste/> (2006-09-20)

Naturvårdsverket

<http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/fororen/overgod/eutro/karv.htm>  
1. (2006-08-29)

<http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/lagar/bedgrund/hav/havdok/eutro/naering.html>. (2006-09-01)

Olof Pehrsson Ekologikonsult

<http://www.ekologikonsult.se>. (2006-07-18)

Ryaverket

<http://www.gryaab.se/default.asp?ulid=24&lid=3&show=1>. (2006-04-27)

Sveriges Television - Väder

<http://mobil.svt.se/svt/jsp/Crosslink.jsp?d=52865&a=631046> (2006-11-18)

## **Artinformation**

Chesapeake and Coastal Bay Life

[http://www.dnr.state.md.us/bay/cblife/algae/cyano/microcystis\\_aeruginosa.html](http://www.dnr.state.md.us/bay/cblife/algae/cyano/microcystis_aeruginosa.html) (2006-11-17)

Microbial Biorealm

<http://microbewiki.kenyon.edu/index.php> (2006-11-17)

Oslos universitet

[http://images.google.se/imgres?imgurl=http://biologi.uio.no/akv/ansatte/images2/strobilidium\\_spiralis\\_biografi2.jpg&imgrefurl=http://biologi.uio.no/akv/ansatte/biografi/gismervik\\_Ingrid](http://images.google.se/imgres?imgurl=http://biologi.uio.no/akv/ansatte/images2/strobilidium_spiralis_biografi2.jpg&imgrefurl=http://biologi.uio.no/akv/ansatte/biografi/gismervik_Ingrid)  
(2006-11-18)

Mygga

<http://mygga.sv.xanax-prescription.be/> (2006-11-15)

Grodor

<http://www.tiopepe.se/grodor> (2006-09-20)

### **Bilder**

<http://vschool.scu.edu.tw/HAPPY1/class/algae/page121.htm> (2007-05-31)

<http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/algaevision/database/detail.jsp?taxon=&imageID=1770&GenusName=Euglena&SpeciesName=agilis> (2007-05-31)

<http://www.plingfactory.de/Science/GruKlaOeko/Teichleben/Algen/Euglenophyceae/Euglenophyta1.htm> (07-05-31)

[http://www.hull.ac.uk/php/maspd/research/algae\\_old/](http://www.hull.ac.uk/php/maspd/research/algae_old/) (07-05-31)

[http://www.keweenawalgae.mtu.edu/ALGAL\\_PAGES/bacillariophyceae.htm](http://www.keweenawalgae.mtu.edu/ALGAL_PAGES/bacillariophyceae.htm) (07-05-31)

<http://www.btinternet.com/~stephen.durr/digitalphotography.html> (07-05-31)

<http://www.glerl.noaa.gov/seagrant/GLWL/Protozoa/Protozoa.html> (07-05-31)

[http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/PRotifera/GGastropus/gastropus\\_hyptopus/gastropushyptopus.html](http://cfb.unh.edu/CFBkey/html/Organisms/PRotifera/GGastropus/gastropus_hyptopus/gastropushyptopus.html) (07-05-31)

<http://mblaquaculture.com/content/organisms/daphnids.php> (07-05-31)

<http://www.ahabokochkultur.se/foto.htm> (07-05-31)

<http://linnaeus.nrm.se/flora/mono/lemna/lemna/lemnmin.html> (07-05-31)

Rehndell Åsa. 2006