

# Kollelev Mose Naturgenopretning

## (Rapport med målinger til og med 2006)

### 1 Sønavn

Kollelev Mose

### 2 Forfatter(e)

Søren Gabriel og Thomas Aabling, Orbicon; N.J. Drisdal Hansen, Lyngby-Taarbæk Kommune; Eva Nissen, Københavns Amt

### 3 Beskrivelse af søen (tilstand før indgreb)

Kollelev Mose øst for Furesøen ligger som tre indbyrdes forbundne søer med et samlet areal på 5 ha i et villakvarter i Virum, Lyngby-Taarbæk Kommune.

Restaureringen af Kollelev Mose har udgangspunkt i ønsker og interesse fra lokale borgere og brugere af søen. Projektet er kommet i stand ved, at Lyngby-Taarbæk Kommune har reduceret næringsstofbelastningen af søen og indgået i og finansieret udviklingen af aluminiumbehandling som sørestaureringsmetode i Danmark. Borgerne og brugerne har været i fokus i projektet, der har haft det primære sigte at forbedre den rekreative brug af søen og de omgivende arealer. Indsatsen har derfor foruden selve restaureringen omfattet kommunikation og samarbejde med borgere og brugere. Orbicon har gennem hele forløbet været rådgiver på opgaven, mens Københavns Amt har været myndighed.

Kollelev Mose har fået sin nuværende udformning ved ler- og tørvegravning i 1800-tallet og i starten af forrige århundrede. Disse aktiviteter ophørte, og området blev udstykket og bebygget i større stil fra ca. 1910 og godt 20 år frem i tiden. Dele af søen har været udgravet i op til fem meters dybde, men efterfølgende aflejringer af slam har betydet, at middeldybden i søen nu er ca. 1,5 meter med enkelte partier med en vanddybde på godt 2 meter.

Søerne er omgivet af villahaver, der ligger helt ned til søbredden, samt et mindre parkanlæg på knap 2 ha. med parklignende vegetation. Søen har ikke nogen egentlige tilløb, men har tidligere modtaget store mængder spildevand. Det er i dag afskåret. Kloaksystemet er udbygget, så der kun sker meget begrænset overløb af opspædt spildevand og desuden tilløb af regnvand fra to separatkloakerede mindre oplande. Afløbet sker gennem rør fra søens Bassin 3 til Mølleåsystemet og til kloaksystemet.

Mosen har i en årrække frem til 1942 fungeret som recipient for mekanisk rensede spildevand fra det nærmeste opland, og efter 1942 har søen været kraftigt belastet med regnbetingede overløb af spildevand. Antallet af overløbshændelser er blevet mindsket, i takt med at spildevandsnettet blev udbygget, og i dag belastes søen kun meget sjældent med overløb. Med sin placering i bymæssigt område har søen endvidere været belastet med brød fra andefodring. Der findes ingen historiske oplysninger om dette, men det vurderes, at søen dagligt modtog i størrelsesordenen 5-10 kg brød, da restaureringen blev påbegyndt i 1998. Dette svarer overslagsmæssigt til en årlig belastning med 40 kg fosfor og ca. 3 tons BOD. Andefodringen er nu i samarbejde med borgerne nedbragt til et minimum.

Indholdet af næringsstoffer i vandfasen har som konsekvens af belastningen tidligere været meget højt. Enkelte vandanalyser fra 1970'erne har således vist et indhold af total-P på op til 5,3 mg P/l. I 90'erne var sommer total-P omkring 0,7 mg/l.

Søen er målsat med en generel målsætning. I forbindelse med restaureringsprojektet har Lyngby-Taarbæk Kommune opstillet følgende mål:

Sigtdybde	> 1 m
Plantedække (undervands-)	> 30%
Totalfosforkoncentration	< 0,150 mg/l
Fiskebestand:	Domineret af aborre
Ilt	> 4 mg/l i bundvand

#### 4 Beskrivelse af indgrebet

Restaureringen af Kollelev Mose er gennemført af Lyngby-Taarbæk Kommune ud fra et ønske om at skabe et åbent vandspejl og forbedre sigtdybden i søen til glæde for brugerne og beboerne i området. Tidligere tiders indsats med sporadisk bekæmpelse af nøkkeroser gav ikke mosen den ønskede tilstand. I arbejdet med restaureringen er der derfor fokuseret på at opnå de ønskede resultater frem for at dokumentere en særlig restaureringsmetode. Dette er baggrunden for, at der er gennemført flere samtidige og flere forskellige indgreb i søen. For at dokumentere de indgreb, der er gennemført, er tilstanden i søerne dog løbende blevet fulgt med fysiske og vandkemiske målinger hver eller hver anden uge. Som baggrund for tilladelser til restaurering af søen er der udarbejdet en række ansøgninger, vurderinger og notater. Desuden er indgreb og effekter løbende dokumenteret i en række rapporter statusrapporter, der er udarbejdet for Lyngby-Taarbæk Kommune.

Problemet i Kollelev Mose blev fra begyndelsen identificeret som en kombination af en meget høj intern belastning med fosfor og en stor fiskebestand, der var totalt domineret af fredfisk. På grund af store sedimentmængder (>80.000 m<sup>3</sup>) og relativt høje koncentrationer af metaller i sedimentet blev det vurderet ikke at være økonomisk realistisk at rense søen ved at bortgrave sedimentet. Det blev derfor besluttet at restaurere søen ved en kombination af kemisk immobilisering af sedimentets fosforpulje og en biomanipulation af fiskebestanden. Da størstedelen af søens vandflade var dækket af nøkkeroser, blev det endvidere besluttet effektivt at bekæmpe disse.

Tabel 1 viser kronologien og arten af de indgreb og aktiviteter, der er gennemført i og omkring Kollelev Mose:

1998 -	Løbende monitoring fysiske og vandkemiske forhold
1998-99	Biomanipulation af fiskebestand i alle tre bassiner
1998	Jernbehandling af sedimentet i Bassin 2 og 3
1999-2004	Omrøring af søvand med "belufts anlæg"
1999-2004	Gentagen skæring af nøkkeroser
2003	Aluminiumbehandling af Bassin 1 og 2
2004-2005	Biomanipulation af fiskebestand i alle tre bassiner

**Tabel 1 Indgreb og aktiviteter i og omkring Kollelev Mose**

#### **Biomanipulation, jernbehandling og beluftning - 1998-99**

I 1997 var det ikke muligt at skabe accept af at aluminiumbehandle søer i Danmark. Det blev derfor besluttet at forsøge at immobilisere fosfor i sedimentet ved at hæve Fe:P-forholdet i de øvre 20 cm af sedimentet fra 6 til 15 ved dosering af jern til søen. I bassin 3 blev jern i første omgang doseret ved at harve opslemmet vandværksokker ned i det øvre sediment. Da metoden viste sig besværlig og ikke fældede fosfor i vandet samt resulterede i en alt for uensartet fordeling af okkerartikler i sedimentet, blev jern herefter i stedet fordelt ved fældning med FeCl<sub>3</sub> i vandmassen.

Fældningen resulterede i en kraftig reduktion af vandets fosforkoncentration og derved af primærproduktionen i bassinet. På trods af søens lave vanddybde gav sedimentets store iltforbrug i kombination med den pludselige reduktion i primærproduktionen anledning til et meget kraftigt fald i vandets iltmætning. Iltfri forhold i sedimentet førte til reduktion af jern(III) og frigivelse af jern(II) til bundvandet. Ved kontakt med ilt udfælder jern(II) som jern(III), også kaldet okker, hvilket skete i de øvre vandmasser, og vandet blev farvet kraftigt rødt.

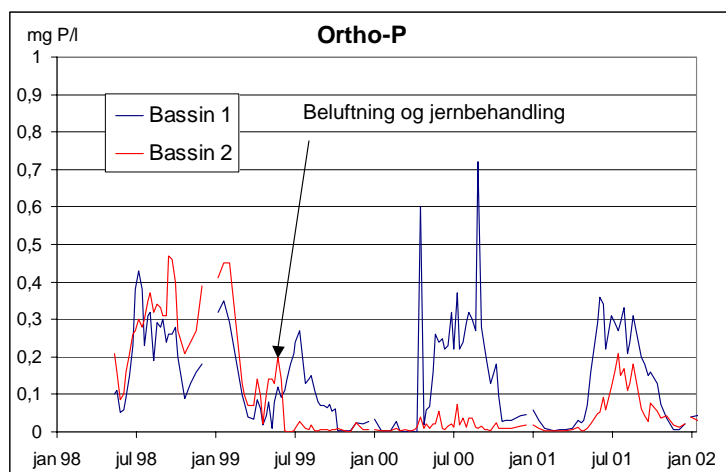
For at løse dette problem blev der etableret et "beluftningsanlæg", der fra en slange over bunden langs midten af søen pumpede et gardin af luftbobler op i vandet. Boblerne blev ikke opløst, men forøgede cirkulationen i søen, så det iltfri bundvand løbende blev udskiftet med vand fra overfladen. Resultatet af denne beluftning var forbedrede iltforhold og jernbinding af fosfor i sedimentet og homogene, men fortsat dårlige iltforhold (2-4 mg/l) i hele vandmassen. Beluftningen medførte en forøget omsætning af sedimentets organiske stof.

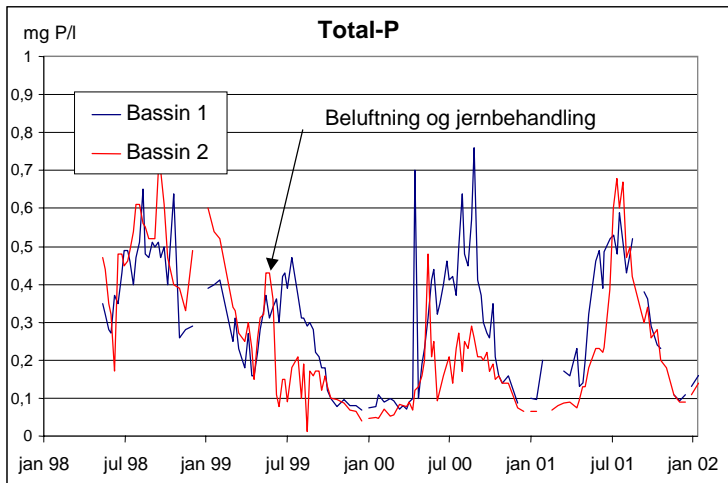
Med udgangspunkt i disse erfaringer blev der etableret beluftningsanlæg i mosens to øvrige bassiner, før der blev gennemført yderligere restaureringstiltag i disse.

I bassin 2 blev der i 1998 gennemført en behandling med en mindre mængde  $\text{FeCl}_3$ . Da der på trods af beluftningen sås en svag misfarvning af vandet efter behandlingen, blev det besluttet at afskrive anvendelsen af jern og arbejde for at få tilladelse til at anvende aluminium i det videre arbejde med immobilisering af sedimentets fosforpulje.

### Effekter af jernbehandling og beluftning

Figur 1 viser udviklingen i koncentrationen af orto-P og total-P i to af søerne. Bassin 2 er jernbehandlet og som reference ses udviklingen i bassin 1, der ikke er jernbehandlet. Figuren viser et typisk forløb med høje fosforkoncentrationer om sommeren som følge af fosforfrigivelse fra sedimentet og lavere koncentrationer om vinteren.





**Figur 1** Udviklingen i koncentrationen af orto-P og total-P i perioden 1998 - 2001 bassin 1 og 2, Kollelev Mose

Jernbehandlingen i Bassin 2 førte til en umiddelbar reduktion af fosforkoncentration (rød krave), specielt ortho-P, men varigheden af denne forbedring ses at være forbigående, knap 3 år. I bassin 1 (blå kurve) ses i 1999 også et fald i fosforkoncentrationerne i forhold til de andre år. Dette er som følge af en forbedring af iltforholdene i bundvandet ved etablering af beluftningsanlægget. Det ses endvidere, at effekten af de bedre iltforhold aftager over de følgende år, hvor fosforkoncentrationen stiger. Det vurderes, at denne stigning skyldes beluftningen, der bevirker en forøget omsætning af det organiske stof i sedimentet og dermed frigivelse af organisk bundet fosfor.

I forbindelse med jernbehandlingen blev der i perioden 1998-99 gennemført en biomanipulation af fiskebestanden i Kollelev Mose. Der blev fjernet ca. 2,5 t skidtfisk, primært skaller og karusser, og udsat 300 kg gydemodne aborrer i søen. Biomanipulationen havde ingen blivende effekt. Udsætning af aborrer har dog betydet, at der ved en fiskeundersøgelse i 2004 blev fundet en bestand af disse i søen.

### Skæring af nøkkeroser

Skæring af nøkkeroser har haft til formål at skabe bedre rekreative muligheder i og ved mosen og modvirke fuldstændig tilgroning samt at sikre lys ved bunden. Skæringen indgår som et element i en plejeplan, der er udarbejdet for søen og dens nære omgivelser, og er blevet udført hvert år fra 1999 til 2004. Flydebladene afskæres 20-30 cm under vandoverfladen i de dele af mosen, hvor de ønskes fjernet. Planterne er i stand til at sætte nye blade flere gange i løbet af vækstsæsonen, men ved gentagne skæringen flere gange med nogle ugers interval udsultes rødderne, så planterne dør. Efter at slåningen er ophørt, er nøkkeroserne igen begyndt at brede sig i søen.

### Aluminiumbehandling og biomanipulation 2003-2005

I april 2003 blev bassin 1 og 2 efter godkendelse fra Miljøstyrelsen behandlet med aluminium. Doseringen var 50 g Al/m<sup>2</sup>, svarende til et forhold mellem Al og total-P på 1:1 i de øvre 30 cm af sedimentet. Behandlingen var pH-neutral, idet der blev spredt både et basisk (Natriumaluminat) og et surt aluminiumsprodukt (Polyaluminiumchlorid).

De doserede kemikalier blev indblandet i skruvand på en kraftig bådsmotor, der var monteret på en båd. En "skruvandsspreder" sikrede, at sedimentet ikke blev hvirvlet op og den spredte samtidig skruvand ud til siderne, så arbejdsbredden for spredebåden blev ca. 10 meter. Samme

metode og spredningsudstyr er brugt ved aluminiumbehandling af Sønderby Sø, Frederiksborg Slotssø og Glumsø Sø.

For at reducere risikoen for toksiske effekter på søens fisk blev søen behandlet fra enderne og ind mod midten, så fiskene kunne flygte. Spredningen blev dokumenteret på GPS.

Efter indblandingen fælder aluminium ud som hydroxydforbindelser  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , der samles som flokke og sedimenterer i løbet af få timer. Flokke er at sammenligne med snefnug. Ved denne sedimentation, der svarer til den, der sker ved kemisk fældning af fosfor på renseanlæg, fældes både partikler og orto-fosfat. Efter fældningen var vandet fuldstændig klart og bunden dækket af et ca. 5 cm tykt lag af hvide flokke. I løbet af ca. to uger blev flokkene opblandet i det øvre sediment, så det igen fik en naturlig farve. Samtidig skete en vis genopvækst af fytoplankton, der også var blevet fældet ud under behandlingen.

Ved aluminiumbehandlingen opstod to uforudsete problemer (der er undgået i senere projekter):

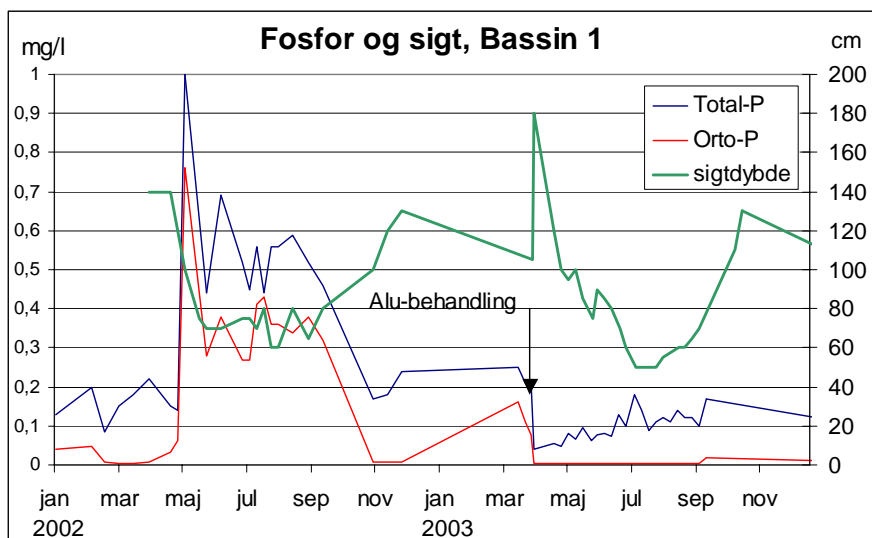
- Det basiske aluminiumsprodukt dannede meget små flokke, der først fældede ud ved den efterfølgende behandling med det sure produkt. I senere projekter er der derfor udelukkende brugt  $\text{AlCl}_3$ , hvor doseringen er tilpasset og udspreddingen gennemført, så der ikke opstår uønskede fald i vandets pH eller alkalinitet.
- En del små fisk blev under spredningen "fanget" på det lave vand ved søens bredder. På grund af den ringe vanddybde var pH så lav og koncentrationen af opløst aluminium så høj, at nogle fisk døde. Dette problem er i senere projekter undgået ved ikke at behandle for tæt ved bredzonen.

Efter, at effekten af aluminiumbehandlingen var dokumenteret gennem måling af fosfor i 2003, blev der gennemført endnu en biomanipulation af søens fiskebestand. I løbet af 2004 og 2005 blev der fjernet 2,2 tons.

### **Effekter af aluminiumbehandling**

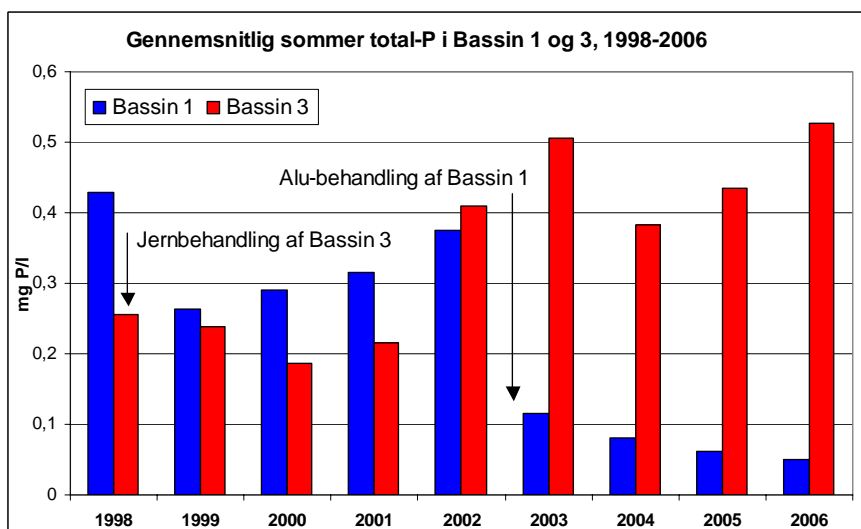
#### *Fosfor og sigtdybde*

Aluminiumbehandling havde en øjeblikkelig effekt på vandets indhold af fosfor, der blev reduceret fra 0,150 til <0,002 mg ortho-fosfat og fra 0,250 til 0,030 mg total-fosfor i forbindelse med behandlingen i begyndelsen af april 2003. Den umiddelbare effekt illustreres af figur 2, der viser søens indhold af fosfor i perioden 2002 - 2003. I figuren indgår de samtidige målinger af sigtdybden. I sommeren 2002, ses et almindeligt sommerforløb med høje fosforkoncentrationer, som følge af den interne frigivelse af fosfor. Denne typiske fosfor-"pukkel" er der ikke i 2003 efter aluminiumbehandlingen. Lige omkring aluminiumbehandlingen ses, at der skete en umiddelbar opklaring af søen med sigt til bunden (180 cm), men at sigtdybden herefter igen faldt til mindre end en meter om sommeren for så som normalt om vinteren at blive relativ klar.



Figur 2 Fosfor og sigt i perioden 2002 - 2003.

Figur 3 viser totalfosforkoncentrationen fra 1998-2006 i Bassin 1, der blev aluminiumbehandlet i 2003. Som kontrol ses koncentrationen i Bassin 3, der ikke er aluminiumbehandlet. Det ligger nedstrøms for Bassin 1, og får derfor efter 2003 meget mindre fosforbelastning. Effekten af aluminiumbehandlingen er tydelig og ses at fortsætte i hvert fald 4 år frem.



Figur 3 Totalfosforkoncentrationen fra 1998-2006 i Bassin 1, der blev aluminiumbehandlet i 2003 og i Bassin 3, der ikke er aluminiumbehandlet

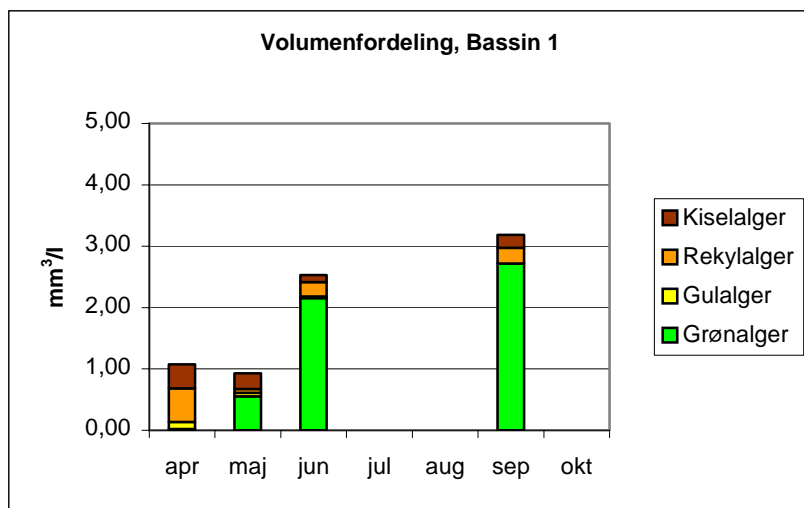
Effekten af jernbehandling i Bassin 3 ses at have en lille effekt frem til 2001, hvorefter fosforkoncentrationen i de to søer igen er ens i 2003.

#### Fytoplankton

I årene før aluminiumbehandlingen har det tidlige plankton ( $> 20 \mu\text{m}$ ) været domineret af rekyalger, gulalger og kiselalger (primært *A. granulata*). I både 2001 og 2002 var kiselalgerne dominerende i det meste af sommerperioden, og først hen i august blev grønalgerne en betydende faktor (navnlig *Scenedesmus*) sammen med en vis forekomst af blågrønalger, navnlig af slægten *Anabaena*. Kiselalgedominansen i sommerperioden er afvigende fra den normale udvikling i

danske søer og skyldes sandsynligvis, at vandmassen omrøres året rundt i forbindelse med beluftningen.

Efter aluminiumbehandlingen i april 2003 var kiselalgerne tilstedeværelse voldsomt reduceret sammenlignet med de to foregående år. Den mindskede tilstedeværelse skyldes formodentlig, at fremvæksten blev bremset tidligt i forbindelse med aluminiumtilsætningen, og at fosforindholdet blev sænket markant. Efter aluminiumbehandlingen sås endvidere en øget forekomst af grønalger, primært små og ubevægelige, hvilket sandsynligvis skyldes deres evne til at vokse hurtigt, deres effektive næringsoptagelse samt, at græsningstrykket på disse arter er faldet drastisk på grund af nedgræsningen af zooplankton i det forholdsvis klare vand.



**Figur 4** Fytoplanktonbiomassen i Bassin 1, 2003, fordelt på taksonomiske grupper

Figur 4 viser biomassen af fytoplankton i 2003 fordelt på taksonomiske grupper. Det ses, at rekyalger og kiselalger dominerede planktonet i det tidlige forår (hhv. 51 og 36% af biomassen i april), hvorefter andelen af grønalger øgedes markant i løbet af sommermånederne. Grønalgerne steg til mellem 2,2 og 2,7 mm<sup>3</sup>/l i juni og september, svarende til en andel på 85 % af den samlede biomasse. Det bemærkes, at hverken øjealger eller blågrønalger blev fundet i en sådan mængde i Bassin 1, at de havde betydning for biomassen.

#### Zooplankton

Sammensætningen af zooplankton blev undersøgt tidligt i april, før aluminiumbehandlingen, og igen i begyndelsen af september. Biomassen var domineret af små cyclopoide copepoder, der har en ringe evne til at græsse fytoplanktonet. Over sommeren skete et skift i artssammensætning, så de få tilstedeværende individer af dafnier og snabeldafnier forsvandt fuldstændigt.

En meget begrænset forekomst af dafnier var forventelig, på baggrund af søens fiskesamfund, hvor skaller var helt dominerende. Imidlertid er der i de foregående år observeret et relativt stort antal *Bosmina longispina* samt enkelte *Daphnia* i planktonet. Deres forsvinden efter aluminiumbehandlingen formodes at hænge sammen med klarere vand i en periode først på sommeren som følge af fosforbindingen. Herved er de planktivore fisks effektivitet som konsumenter af de større zooplanktonarter forbedret.

### Fiske- og smådyrsfauna

I foråret 2003 gennemførte Københavns Amt en undersøgelse af fiske- og smådyrs-faunaen i bl.a. Kollelev Mose. Undersøgelsen viste, at faunaen på søens barbund var moderat artsrig og domineret af dansemyg og orme. Generelt bestod faunaen af dyregrupper tilpasset et liv på barbunden.

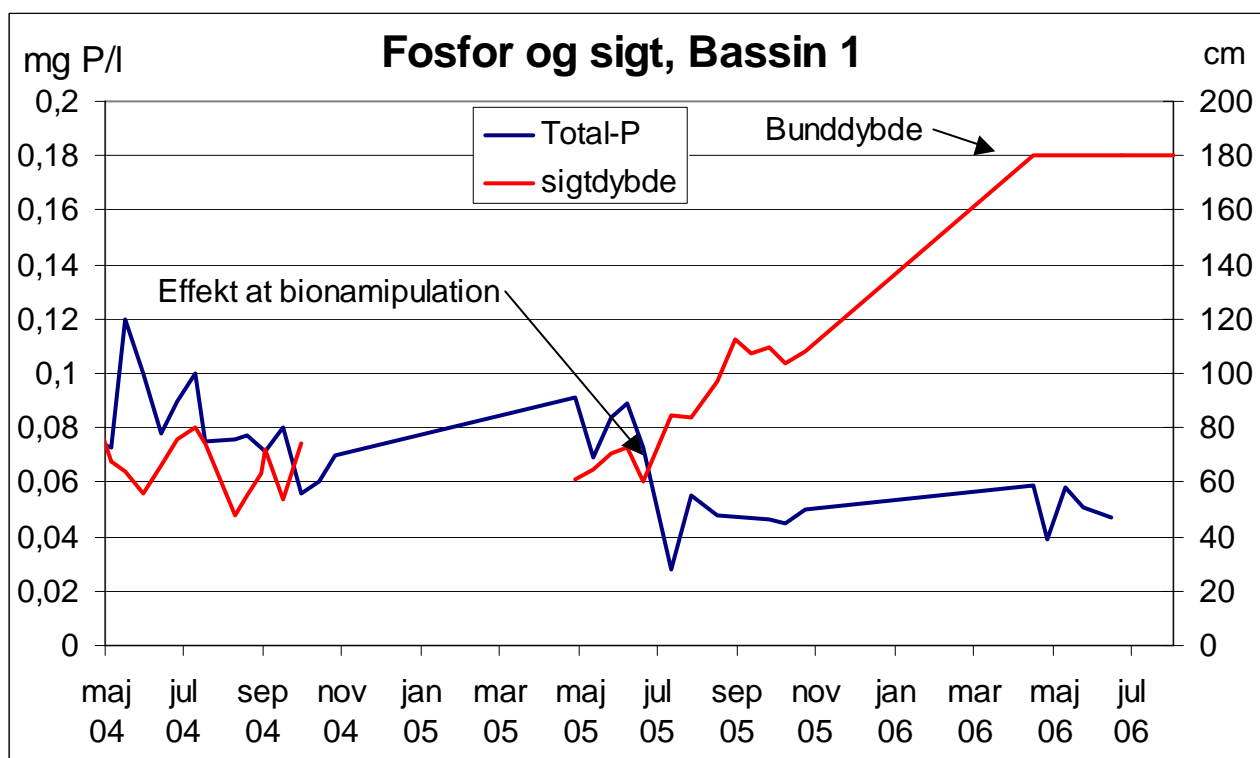
Prøvetagningen foregik dagen efter udbringningen af aluminium, og bunden var dækket af et flere cm tykt lag af aluminiumflokke. Fosforfælden tydede ikke på, at havde påvirket bundfaunaen nævneværdigt.

Bredzonefaunaen i mosen var forholdsvis alsidig, men noget individfattig, domineret af dansemyg og med en relativ alsidig sneglefauna.

Fiskebestand var i udpræget grad domineret af småskaller, som fandtes i en meget tæt bestand. De resterende arter i fangsten, som talte rudskalle, aborre, gedde, suder og karusse, forekom derimod fåtalligt i garnene. Heriblandt også karussen, som inden opfiskningen i 1998, var særdeles talrig i søen.

### Effekter af biomanipulation

I 2004 og 2005 blev en biomanipulation af fiskebestanden iværksat for ad den vej at forøge zooplanktons græsnings-effekt. Der blev fundet en god bestand af aborrer og fjernet yderligere 2.200 kg skidtfisk. Effekten af biomanipulationen slog først igennem midt på sommeren 2005, hvor sigtdybden i løbet af få uger blev forøget samtidig med, at vandets indhold af chl.a og total-P blev reduceret. Effekten af biomanipulationen fremgår af figur 5.



Figur 5: Effekt af biomanipulation illustreret ved sigtdybde og total-P i bassin 1 årene efter aluminiumbehandlingen



Søens gode udvikling er fortsat i 2006, hvor der har været sigt til bunden i hele sommeren, og fosforkoncentrationerne er faldet yderligere.

Der er ikke gennemført undersøgelser af fytoplankton, zooplankton, smådyrs- eller fiskebestande efter, at omslaget til en klarvandet sø er sket.

### Etablering af planter

På trods af to sæsoner med sigt til bunden har der ikke etableret sig planter i søen. Det vurderes, at planternes manglende kolonisering skyldes, at sedimentet efter mange års dårlig miljøtilstand og aflejringer ikke indeholder en levedygtig frøpulje.

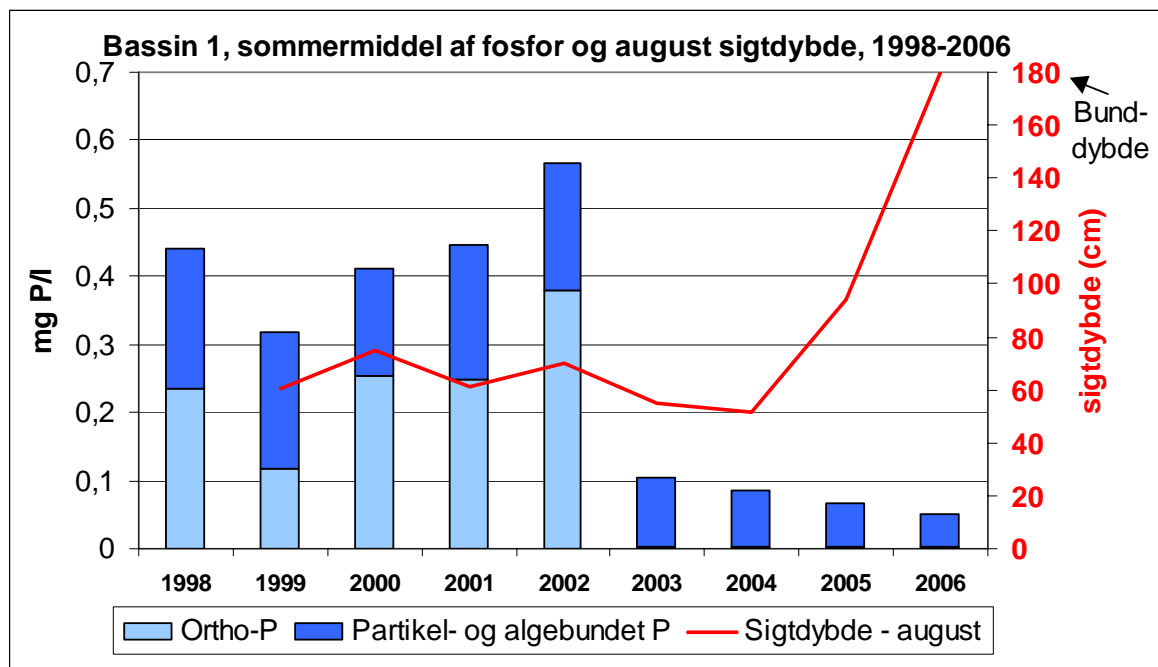
Muligheden for at planter kan trives i søen og etablere sig i det løse sediment er dokumenteret i 2003 og 2004, hvor bl.a. kruset vandaks på forsøgsbasis blev udplantet på lavt vand i en række bure. Efter at burene blev fjernet blev planterne dog hurtigt græsset bort af rørhøns og svaner.

Det er planlagt at gennemføre en udplantning i søen i foråret 2007. Udplantningen vil ske spredt over hele søen for at forbedre chancen for, at nogle planter undgår at blive græsset bort. Det er herefter håbet, at planterne vil kunne etablere sig i nogle områder og siden kolonisere resten af søen fra disse.

### 6 Konklusioner

Med restaureringsprojektet i Kollelev Mose har Lyngby-Taarbæk Kommune i samarbejde med lokale borgere og brugere nået målene om at forbedre søens tilstand og områdets rekreative muligheder.

Udgangspunktet for projektet var en tidligere massiv belastet hypereutrof bysø med store aflejringer af næringsrigt sediment og en fiskebestand, der var fuldstændig domineret af skidtfisk. Vandets indhold af fosfor er i dag reduceret til et naturligt niveau gennem afskæring af den eksterne belastning fra spildevand og andefodring og en aluminiumbehandling af søens sediment.



Figur 6 Udvikling i fosforkoncentrationer og sigtddybde i Kollelev Mose 1998-2006. Aluminiumbehandling blev gennemført i 2003 og biomanipulationen afsluttet i 2005

I kombination med en vellykket biomanipulation af søens fiskebestand har dette, som det sammenfattende illustreres i figur 6, skabt klart vand og sigt til bunden.

Af projektet kan indtil dato konkluderes, at:

- det er muligt at rette op på en hypereutrof sø med en massiv intern belastning uden at opgrave sedimentet
- aluminiumbehandling (binding af fosfor med aluminium) er en effektiv metode til at reducere den interne belastning fra sedimentet.
- den lavere fosforkoncentration efter aluminiumbehandling medfører ikke nødvendigvis en bedring af sigtdybden – en kombination med biomanipulation vil ofte være nødvendig.
- borgerinddragelse, herunder begrænsning af andefodring, der kan udgøre en væsentlig fosforkilde, er vigtig for et vellykket projekt i bynære søer.
- jernbehandling (binding af fosfor med jern) bør ikke anvendes som restaureringsmetode i søer, hvor der er et højt iltforbrug i sedimentet.

### **7 Opfølgning og evt. forventet udvikling**

Lyngby-Taarbæk Kommune og Orbicon vil de kommende år følge udviklingen i miljøtilstanden i Kollelev Mose, og i foråret 2007 planlægges en udplantning af bundplanter, hvis disse ikke selv har indfundet sig inden da.

Overvågningen af søen skal sikre, at der er mulighed for at gentage aluminiumbehandlingen af sedimentet eller supplere den gennemførte biomanipulation, hvis dette viser sig nødvendigt. Det forventes dog, at den opnåede forbedring af søens tilstand vil vare ved, idet den eksterne belastning af søen er så lav, at den ikke giver anledning til at søen eutrofieres på ny, og der ikke er indikation af, at det fosfor, der nu er bundet i sedimentet, skulle blive frigivet på ny.

For at opretholde en åben vandoverflade vil der de kommende år igen blive gennemført en bekæmpelse af nøkkeroder i dele af søen.