



Miljøministeriet  
Naturstyrelsen

# Ultralyd mod alger

Algebegrænsning ved ultralyd

# Kolofon

**Titel:**

Ultralyd og alger

**ISBN nr. elektronisk version:**

978-87-7279-245-3

**Emneord:**

Alger, algebekæmpelse, ultralyd

**Udgiverkategori:**

Statslig

**Udgiver:**

Naturstyrelsen

**Resume:**

Nærværende rapport omhandler ultralyd til begrænsning af alger i vand. Resultaterne fra Albertslund Rådhusbassin viser at ultralyd ikke kan fjerne algevækst, men at den kan reduceres med ca. 80%.

**Ansvarlig institution:**

Naturstyrelsen

**Copyright:**

Naturstyrelsen

**Forfatter:**

Thomas Aabling, Anette Henze  
Orbicon | Leif Hansen A/S

**Anden bidragyder**

Søren Gabriel, Orbicon | Leif Hansen A/S  
Hans-Henrik Høg, Albertslund Kommune

**Sprog:**

Dansk

**År:**

2010



# Indhold

Indledning .....	2
Baggrund .....	3
Hvordan virker det .....	4
Hvor langt rækker det og ultralyd i praksis .....	5
Hvad virker det ikke på og bivirkninger .....	6
Forsøget i Albertslund Rådhusbassin .....	7
Alger – Klorofyl A .....	8
Alger – arter .....	10
Suspended stof.....	11
Sigtdybde .....	12
Næringsstof - fosfor .....	13
Konklusion .....	15

# Indledning

Arbejdet, der er beskrevet i denne rapport, er gennemført som et samarbejde mellem Orbicon | Leif Hansen A/S og Albertslund Kommune med støtte fra By- og Landskabsstyrelsen under "Tilskudsordning til miljøeffektiv teknologi" gennem projektet "Vurdering og dokumentation af ultralyd som metode til forbedring af vandkvaliteten i regnvandsbassiner og søer".

Ultralyd har i 10 år været anvendt med forskellige resultater på begrænsning af alger i småsøer, men der manglede dokumentation for metoden, udover "før/efter foto" og tilfredse kundeudtønelser og lignende.

Nærværende rapport omhandler metoden generelt og specielt den undersøgelse der i blevet lavet i Rådhusbassinet i Albertslund i forbindelse dette projekt. Ultralydssenderer blev opsat i søen i december 2008, og der er udtaget 12 prøver til analyse i løbet af året, med det formål at følge udviklingen i algekoncentration, sigtdybde og næringsstoffer og sammenligne disse med data fra de 10 foregående år.

# Baggrund

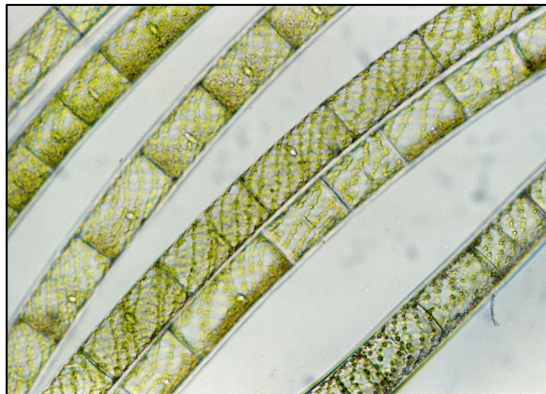
Ultralyd er lyd, som ligger over det hørbare spektrum i området 20 – 100 kHz, og kan derfor ikke høres af mennesker. Et eksempel er en hundefløjte, idet hunde kan høre det nederste dele af spektrummet op til 35 kHz. Andre dyr, fx flagermus kan høre hele spektret, mens delfiner kan høre i dele af spektret – det skal nævnes at ultralyd udsendt med den lave styrke, der anvendes til algebekæmpelse, ikke kan høres over vandet, idet lyd har svært ved at gå fra vand til luft.

Effekten af ultralyd har længe været kendt og anvendes i laboratorier til at ødelægge celler i algeprøver. Idéen til at bruge ultralyd til algebekæmpelse opstod hos en belgisk elektronikingeniør, der arbejdede for tomat-gartnerier. I gartnerierne gror tomaterne uden jord, men med rødderne direkte i vand. Et problem i gartnerierne var et enormt arbejdsforbrug til at rengøre bassinerne for alger. I 1999 lanceredes den første ultralydssender til algebekæmpelse i tomatgartnerier, og der er siden solgt 14.000 stk. verden over til algebekæmpelse i søer, damme, fiskeopdræt, drikkevandsreservoirer, swimmingpools osv.

## Hvordan virker det

Alger har små luftfyldte hulrum, vakuoler, som holder dem flydende i vandet. Ultralyd ved lav styrke virker ved, at algerne vibrerer og vakuolerne i løbet af dage til uger slås i stykker, hvorved algerne synker og dør. En anden effekt er, at de mikroskopiske vibrationer får celleindholdet til at samle sig i midten af cellen. Effekten heraf formodes at være at den passive diffusive næringstransport over cellevæggen får en meget længere vej, og algen herved sulter og dør, se foto herunder. Fisk har også en vakuole, svømmeblæren, der dog er så stor, at den ikke påvirkes af ultralyd. Ødelæggelse af cellevæggen er en effekt, der ses på nogle algetyper.

Figur 1: Trådalger (Spirogyra)



Figur 2: Samme alger efter 21 dage



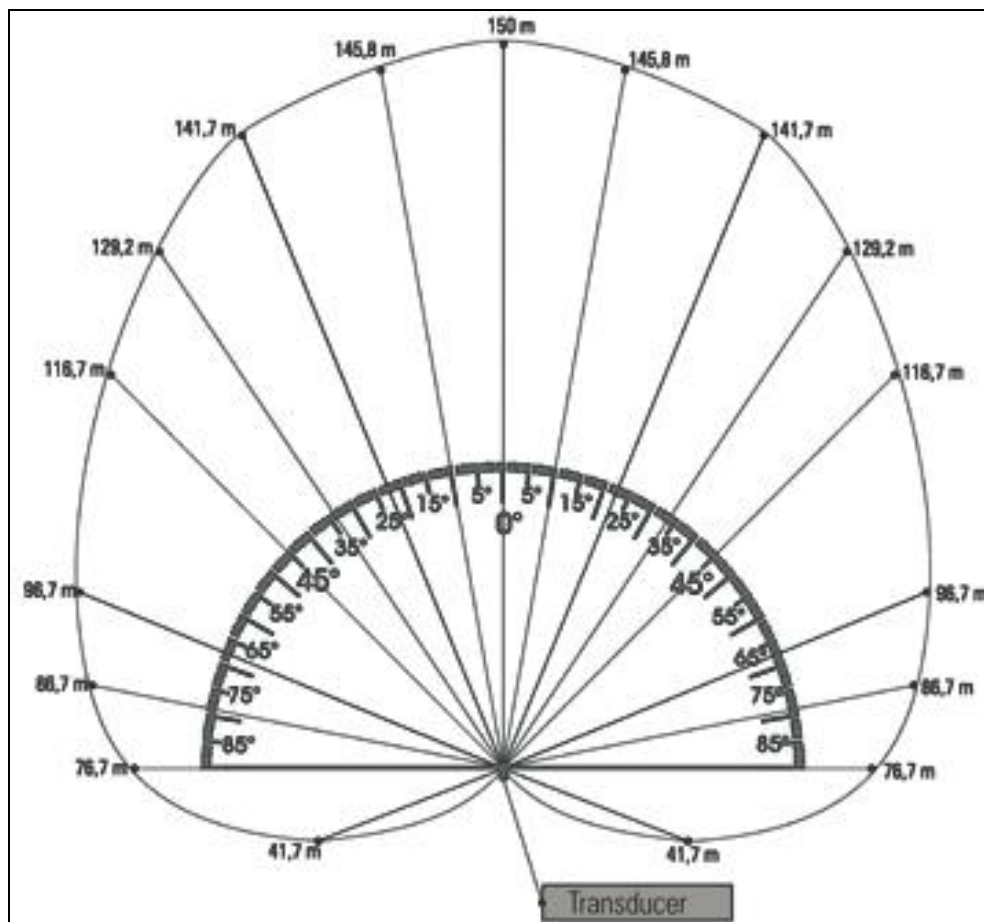
med ultralyd.

Foruden selve vibrationseffekten skaber ultralyd i vand mikro-kaviteter – bobler - på ca. 1  $\mu\text{m}$  som straks imploderer. Boblernes implosion skaber mikroturbolens med meget kortrækkende og hurtige vandstrømninger (mikro-jets), ligesom temperaturer på mindst 10.000  $^{\circ}\text{C}$  i få hundrede picosekunder observeres ved boblernes kollaps.

Denne energiafsætning i vand bruges bl.a. til at få kemiske reaktioner til at forløbe hurtigere (sonochemistry), og i ultralydsbehandling af mennesker, hvor en kortrækkende kraftig ultralydssender får temperaturen i vævet til at stige. I ultralydsbade renses fx smykker for fastgroet snavs ved at mikrojets fra boblers kollaps lige op af overfladen spuler snavset af.

# Hvor langt rækker det og ultralyd i praksis

For at ultralyd skal have en effekt, skål det nå uhindret fra kilden til algen. Er der fx planter, bobler, øer eller andet i vejen vil ultralyd blive stoppet. Rækkevidden er godt 100 meter for en god sender.



Figur 3: Rækkevidde af en ultralydssender, NT4

Ultralydssenderne er en lille cylinder på størrelse med en ½-liters flaske, som skal sidde ca. 20 cm under vandet. Senderen er forbundet med en 16 meter langt ledning til en elektronikboks, der bruger 220 volt. I ledningen fra boksen til senderen løber kun ultralydssignalet, så ledningen kan være i vand. Enheden bruger ca. 10-40 watt alt efter mærke og fabrikat. Enhederne kommer med 2 års driftsgaranti og har en forventet levetid på 15-20 år. Der er ingen vedligeholdelse og enhederne tåler isdække.



# Hvad virker det ikke på og bivirkninger

Ultralyd virker ikke på egentlige vandplanter, som åkander, vandpest, vandaks osv., fordi disse har en hård cellevæg, der stopper vibrationerne fra at nå ind i cellen. Andre organismer med hårde cellevægge, fx insekter og fisk vil også være upåvirket af ultralyd. Langt de fleste flercellede organismer har hårde cellevægge, idet de ellers ville falde sammen som "en klat yoghurt".

Dr. Jonathan Newman fra Centre for Aquatic Plant Management, CEH Wallingford, et offentligt forskningsinstitut i England, har arbejdet med ultralyd til algebekæmpelse siden 2003, hvor centeret satte sig for at teste flere "alternative" algebekæmpelsesmetoder, herunder aktive bakterier, byghalm etc. og fandt, at kun ultralyd havde en effekt. Pr. email fortæller Newman, at man ikke endnu har set uønskede bivirkninger. Test viser, at daphnia og fisk er fuldstændig upåvirkede idet frekvenserne og styrken ikke påvirker større organismer end encellede organismer i vandet. Dermed vil bakterier frit svævende i vandet også blive påvirket og dø af ultralyd, mens Newman oplyser, at bakterier i blødt sediment er upåvirkede. Bakterier og alger, der sidder på hårde overflader, fx sten, vil også blive påvirkede.

Et kort litteraturstudie og søgning på internettet angiver ikke nogen uønskede bivirkninger, ligesom den belgiske opfinder heller ikke kender til nogen. Ultralyd kan dog, som al anden lyd, anrette skade ved høj styrke, hvilket kræver en meget højere styrke end hvad der anvendes til algebekæmpelse.

Mennesker er som fisk også fuldstændig upåvirkede af ultralyd ved den anvendte effekt og frekvens. I praksis installeres ultralyd i swimmingpools for at holde dem fri for alger med brug af meget mindre klor, ligesom små ultralydsenheder bruges i akvarier.

Idet alger er første led i fødekæden vil ultralyd også medføre ændringer længere oppe i fødekæden. Ultralyd kan betragtes som en biomanipulation nede fra, hvor de færre alger vil medføre fødemangel for zooplankton, og siden fødemangel for zooplankton-spisende fisk. Målinger viser dog, at algerne ikke forsvinder 100%.

En stor fordel ved metoden er, at hvis der ses uønskede effekter, kan transduceren blot slukkes. Denne on/off mulighed ses normalt ikke ved sørestaurerings- eller algebekæmpelsesmetoder, fx bekæmpelse med herpecider (anvendes ikke i DK), aluminiumbehandling, biomanipulation, udsætning af alge-ædende fisk osv., hvor der ikke blot kan "slukkes" efter at tiltaget er gennemført.

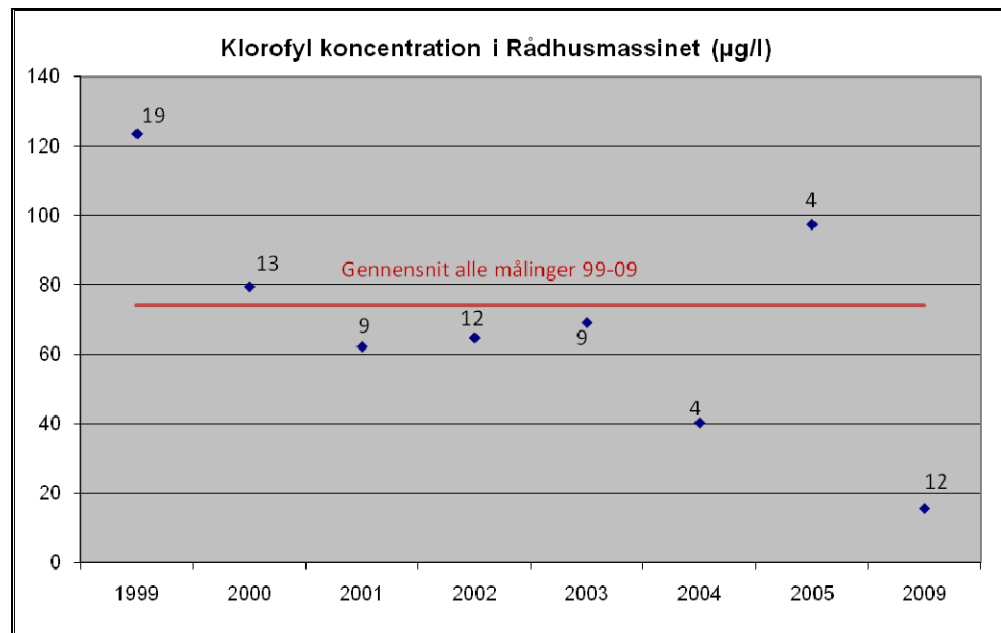
# Forsøget i Albertslund Rådhusbassin

I efteråret 2008 blev fire ultralydssendere opsat af Thomas Aabling Vandmiljø i Rådhusbassinet for at begrænse algeopblomstring. Igennem 2009 er der blevet taget 12 vandprøver for analyse af næringsstoffer, alger og suspenderet stof.

Prøveperioden strakte sig over 12 måneder fra december 2008 til november 2009, og prøverne har været fordelt med 8 prøver i vækstsæsonen april-september og 4 prøver i de resterende 6 måneder. Til sammenligning findes der 70 historiske målinger fra perioden 1999-2005 af vandkvaliteten i Rådhusbassinet. Disse målinger bruges som reference.

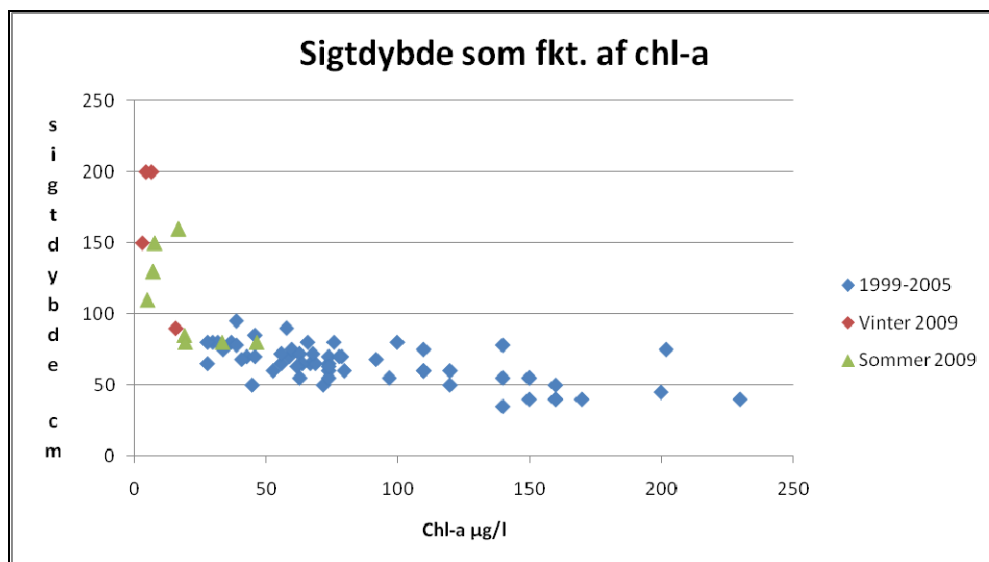
## Alger – Klorofyl A

Resultaterne viser, at i 2009 har der været relativt få alger i bassinet i forhold til de foregående 10 års målinger.



Ovenstående graf viser gennemsnitskoncentrationen for hvert år af klorofyl i Rådhusbassinet 1999-2009 (blå). De små tal viser antallet af målinger for hvert enkelt år og dermed hvor sikker årsgennemsnittet er. 2004 og 2005 med hver blot 4 målinger er mindre sikre. Den røde linje er gennemsnittet for alle målinger, alle år. I 2009 ses koncentrationen tydeligt at være væsentlig lavere end i de andre år.

(De fleste målinger i perioden 1999-2005 er taget om sommeren, mens der i 2009 er udtaget 4 vinterprøver, hvilket kan skævvride resultatet. Sommergennemsnittet for 2009 er 20µg/l mod det viste årsgennemsnit på 16 µg/l. Sommer er vækstsæsonen: april-september)



Ovenstående graf viser chl-a koncentrationen ud af x-aksen og sigt dybden ud af y-aksen for alle målinger i Rådhusbassinet. Det ses at målingerne i 2009 ligger meget til venstre - 10 af de 12 målinger i 2009 er de laveste, der er målt i 10 år. Af de 8 sommermålinger (grøn) er de 6 målinger lavere end nogen af de foregående 10 års målinger. De to højeste målinger i 2009 falder i den lave del af "normal-området" for de sidst 10 års målinger.

Yderligere ses der at være en vis sammenhæng mellem chl-a og sigt dybde – kommer chl-a under ca. 20 µg/l er der mulighed for forholdsvis klart vand (sigt over 1 meter).

## Alger – arter

Ved hver prøvetagning er der blevet udtaget en algeprøve til analyse for kvalitativ artssammensætning.

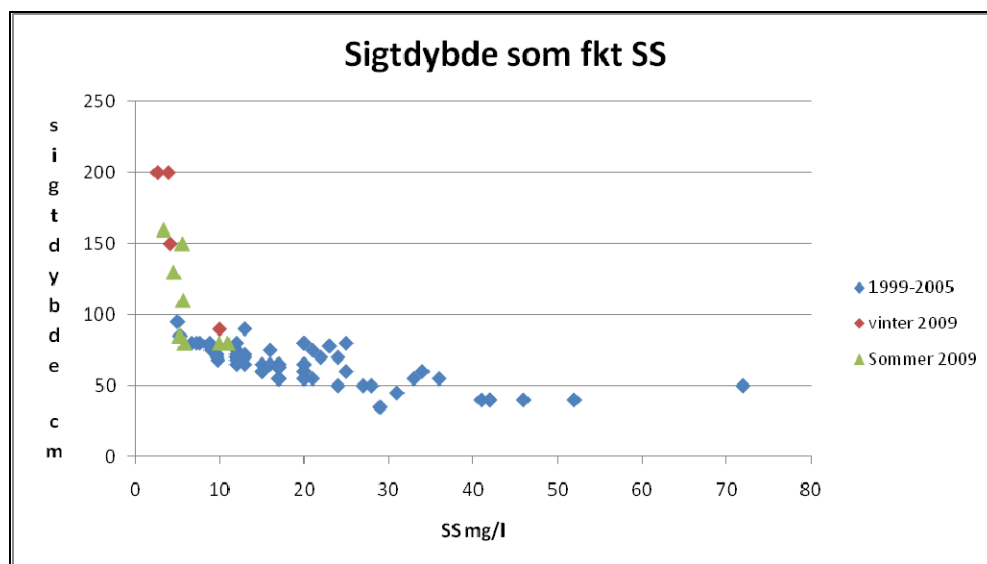
Resultatet heraf viser, at algesammensætningen er karakteristisk for en eutrof sø, med undtagelse af, at der stort set ingen blågrøn-alger er i prøverne. Dette er usædvanligt i forhold til almindelig algesammensætning i søer. Blågrøn-alger skulle dog også være specielt følsomme overfor ultralyden, idet de har luftvacuoler, som ifølge beskrivelserne ikke holder til vibrationerne.

Yderligere viste prøverne ingen umiddelbar dominans af enkeltarter.

Prøverne havde mange ødelagte og skadende alger samt "grums", og det kan ikke udelukkes, at en del af algerne er vokset op i andre opstrøms bassiner og ført til Rådhusbassinet ved regn, hvor de delvis ødelægges af ultralyden. Der er dog ingen systematisk sammenhæng mellem regnmængderne de forudgående 14 dage og algekoncentrationen i Rådhusbassinet, på nær to lange tørvejrperioder i januar og september, hvor der er klart vand.

<b>Grønalger:</b>	<b>22-feb</b>	<b>14-apr</b>	<b>11-maj</b>	<b>29-maj</b>	<b>15-jun</b>	<b>07-jul</b>	<b>03-aug</b>	<b>18-aug</b>	<b>15-sep</b>	<b>30-okt</b>
Scenedesmus spp.	+	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++	
Pediastrum sp.	+	++	+	++	+	+	++	++	++	
Closterium sp.		+++	+	+++	++	+		+	+	++
Staurastrum sp.			++++	++	+	+	++	++	+	
Selanastrum sp.			+	+	+			+		
Ankistrodesmus sp.			++	++						
<b>Kiselalger:</b>										
Synedra sp.		+								
Melosira sp	+	+					++	++	+	+
Asterionella formosa										+
<b>Gulalger:</b>										
Dinobryon divergens								+		
<b>Flagelater:</b>										
Cryptomonas sp.	+	+++	++	+	+					+
<b>Blågrønalger:</b>										
Microcystis sp.		(+)								
Anabaena sp.									+	

## Suspenderet stof

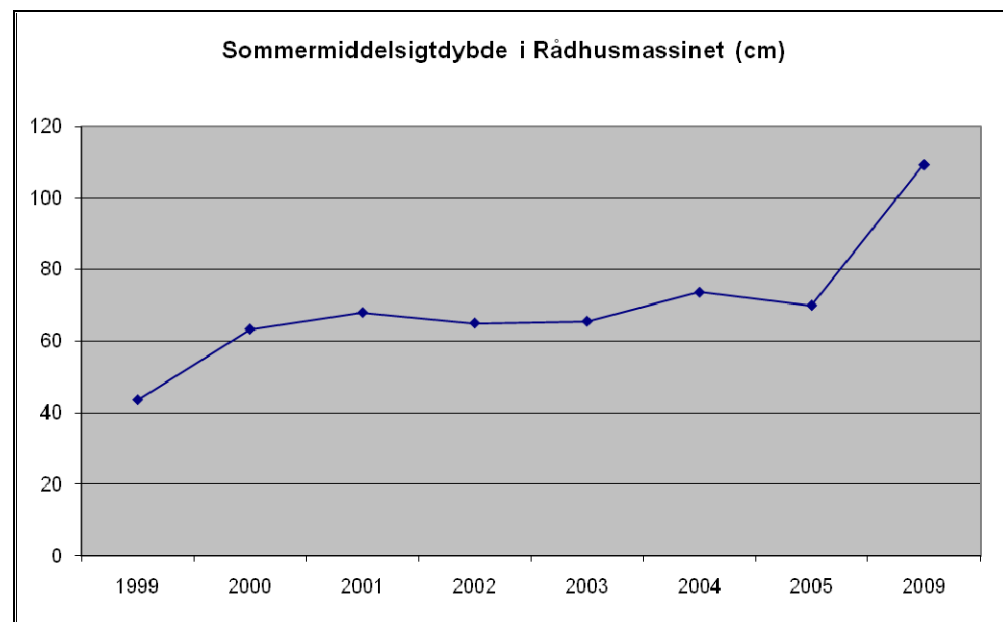


Ovenstående graf viser sigtdybde som funktion af suspenderet stof. I Rådhusbassinet består suspenderet stof af lerpartikler og alger, hvilket begge bidrager til uklart vand. Koncentrationen af suspenderet stof er også lav i 2009, hvilket ikke er overraskende, når algekoncentrationen er lav. Koncentrationen er dog ikke usædvanlig lav i 2009, men i den lave ende af observationerne de sidste ti år.

Umiddelbart synes sammenhængen mellem suspenderet stof og sigtdybden at være bedre end sammenhængen mellem chl-a og sigtdybde, hvilket må forventes, da også lerpartikler har en stor indflydelse på sigten.

## Sigt dybde

Sigt dybden har været relativ god i sommeren 2009, laveste sigt har været 80 cm og bedste sigt har været 160 cm. Af de otte sommermålinger har 4 været under én meter og 4 har været over én meter. Vintersigt dybden har i snit været 150 cm.

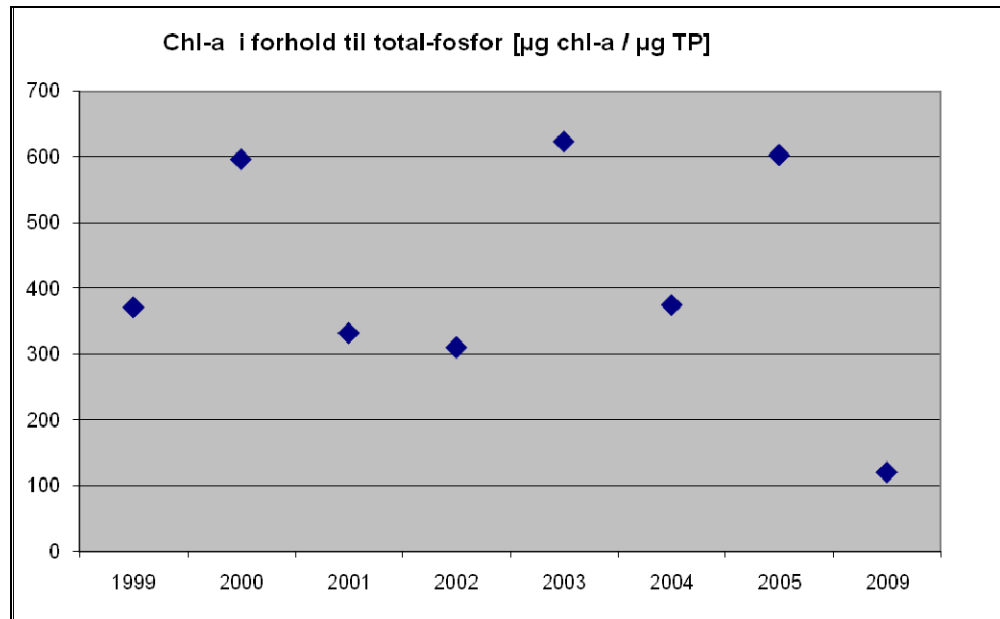


Den lavere algekoncentration har ikke slået udpræget igennem på sigten, da koncentrationen af suspenderet stof har været for høj til at give meget klart vand, ligesom ikke alle alger er forsvundet.





holdet ned på ca. 120. Der er således meget færre alger i forhold til fosfor i 2009. Med andre ord er der færre alger end hvad der kan forventes ud fra mængden af næringsstoffet fosfor.



# Konklusion

Ultralyd synes at være en harmløs og billig metode til begrænsning af algevækst i søer og regnvandsbassiner. Det kan konkluderes, at metoden synes at reducerer algemængden væsentligt, men fjerner ikke algevækst og yder dermed ikke sikkerhed for meget klart, men blot noget klarere vand.

Undersøgelsen viser, at 2009 har været et usædvanligt år for Rådhusbassinet – der har været usædvanligt få alger i bassinet. Yderligere optræder der ikke på noget tidspunkt dominans af enkeltarter og blågrøn-alger synes at være fraværende.

Der har været alger (chl-a), men koncentrationen af chl-a i sommerperioden har været knap 1/5 af gennemsnittet af alle målinger de sidste 10 år.

De væsentlig færre alger har dog ikke haft en tilsvarende forbedring på sigtdybden.

Sommer sigtdybden er kun steget fra ca. 70 cm til 110 cm, hvilket svarer til en forbedring af sigtdybden på 60 %. At reduktionen i alger ikke er slået mere igennem på sigtdybden skyldes, at også lerpartikler i vandet gør vandet uklart, ligesom at chl-a koncentrationen skal være meget lav (<10) før der opnås rigtig klart vand.

Af næringsstofmålingerne ses, at i 2009 begrænser næringsstoffer ikke længere væksten af alger.

Ultralyden har dermed haft en positiv effekt og reduceret algekoncentrationen til 1/5 af den normale sommer-algekoncentration og forbedret sigtdybden med 60 %. Risiko for masseopvækst af alger og medfølgende voldsom grønfarvning må formodes at være meget lav.

Metoden er dermed et billigt alternativ til at begrænse, men ikke fjerne algeopvækst i parksøer, regnvandsbassiner og lignende, hvor der ønskes bedre sigt, men samtidig ikke krav om helt klart vand.



Naturstyrelsen  
Haraldsgade 53  
2100 København Ø  
[www.nst.dk](http://www.nst.dk)