

## Iltmåling i rensedammen – iltsensor

### Kort om forløbet

I forløbet skal eleverne måle iltindholdet i vandet i en rensedam. Ved at sammenligne iltindholdet ved ind- og udløb får eleverne mulighed for at vurdere hvor effektivt rensedammen renses regnvandet, før det lukkes ud i sø, vandløb eller hav. Eleverne indføres først i sammenhængen mellem forureningsgrad og iltindhold i vandet.

Forløbet er et af flere forløb udviklet til brug på klimatilpasningsanlæg rundt omkring i landet, og del af et større tema omkring klimatilpasning til fremtidens regnvandsmængder. Se temasiden "Klimatilpasning". Øvelsen kan suppleres med andre øvelser på rensedammen, hvor den rensende effekt bliver undersøgt via forskellige metoder.

I finder en lokal rensedam ved at søge på "Klimatilpasningsanlæg" på kort funktionen på Skoven-i-skolen, hvor I også kan læse mere og få oplysninger om det konkrete klimatilpasningsanlæg.

Under "Kopiark" finder I forløbet opdelt i mindre dele, som kan printes til eleverne efter behov.

### Formål

At eleverne opnår indsigt i, hvorledes man kan vurdere en rensedams økologiske tilstand og regnvandsrensende effekt på baggrund af observationer, databehandling og fortolkning. Herunder at eleverne opnår kendskab til

- Klimatilpasning til øgede regnmængder
- Funktion af og opbygning af rensedamme
- Kobling mellem næringsstoffer og iltindhold i et vandmiljø

Metoder til måling af ilt i vandige miljøer.

## Teori

### Klimatilpasning til fremtidens regnmængder

På grund af klimaforandringer oplever vi i Danmark stigende temperaturer og øgede regnmængder. Den stigende regnmængde, og det faktum at der udbygges af veje, fortove, bygninger og andet, som regnvandet ikke bare kan sive ned i, gør at presset øges på kloakledningerne, som ikke længere kan håndtere den mængde vand, der ledes i dem.

Vores kloaknet skal håndtere to typer af vand. Spildevandet som er et produkt fra vores husholdning og industri (toiletter, køkken- og håndvaske, maskiner, produktion) og *overfaldevand* (nedbør i form af regn og sne). Når det regner meget, bliver en fælles kloakledning meget hurtigt fyldt op, og vi risikerer at spildevandet skyller tilbage op gennem afløb inde i husene. Mange steder har man derfor separat kloakeret, således at spildevand og overfladevand adskilles. Regnvandskloakken er slet ikke forbundet med spildevandet, og ved store regnskyl vil tilbageløb eller overløb ske ud i naturen eller på vejene. Det separerede regnvand er renere end spildevand, men dog ikke rent nok til at kunne ledes direkte ud i naturen, da regnvandet på dets vej samler forurening op fra veje, tage og fortove. Det er dyrt (og ikke altid praktisk muligt) at grave nye større regnvands kloakledninger ned, så vi undgår overløb. Derfor må de øgede regnvandsmængder fra byerne håndteres på en anden måde. Det der er behov for, er et sted hvor de store mængder regnvand fra regnvandskloakkerne oplagres, og hvor regnvandet renses, før det lukkes ud i søer og vandløb. Løsningen er f.eks. en rensedam.



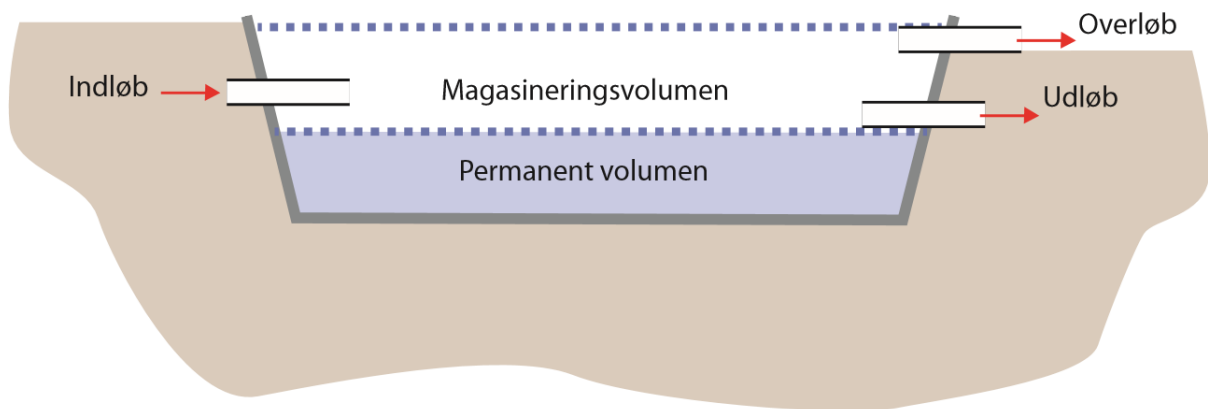
Foto: Lisa Risager (dingeo.dk)

## Rensedammens opbygning og funktion

Rensedammens funktion er oplagring af overfaldevand fra veje, fortorve og andre overfald. Spildevand fra vores husholdning er så forurenat at det er nødt til at blive ledt til en rigtigt rensningsanlæg med komplicerede og dyre processer. Overfaldevand er ikke helt så belastet med forurenende stoffer og kan derfor i stedet ledes til en rensedam, som både fungerer som oplagring og som et mindre dyrt og kompliceret rensningsanlæg.

Herved sparer vi energi og penge på rensning af de vandmængder, som øget nedbør skaber i kloakkerne. Vi undgår også at vejene oversvømmes, når regnvandskloakkerne overfyldes ved meget store regnskyl.

Rensedammen indeholder altid vand og er således en sø. Men dammen er udformet så der er plads til store mængder ekstra regnvand.

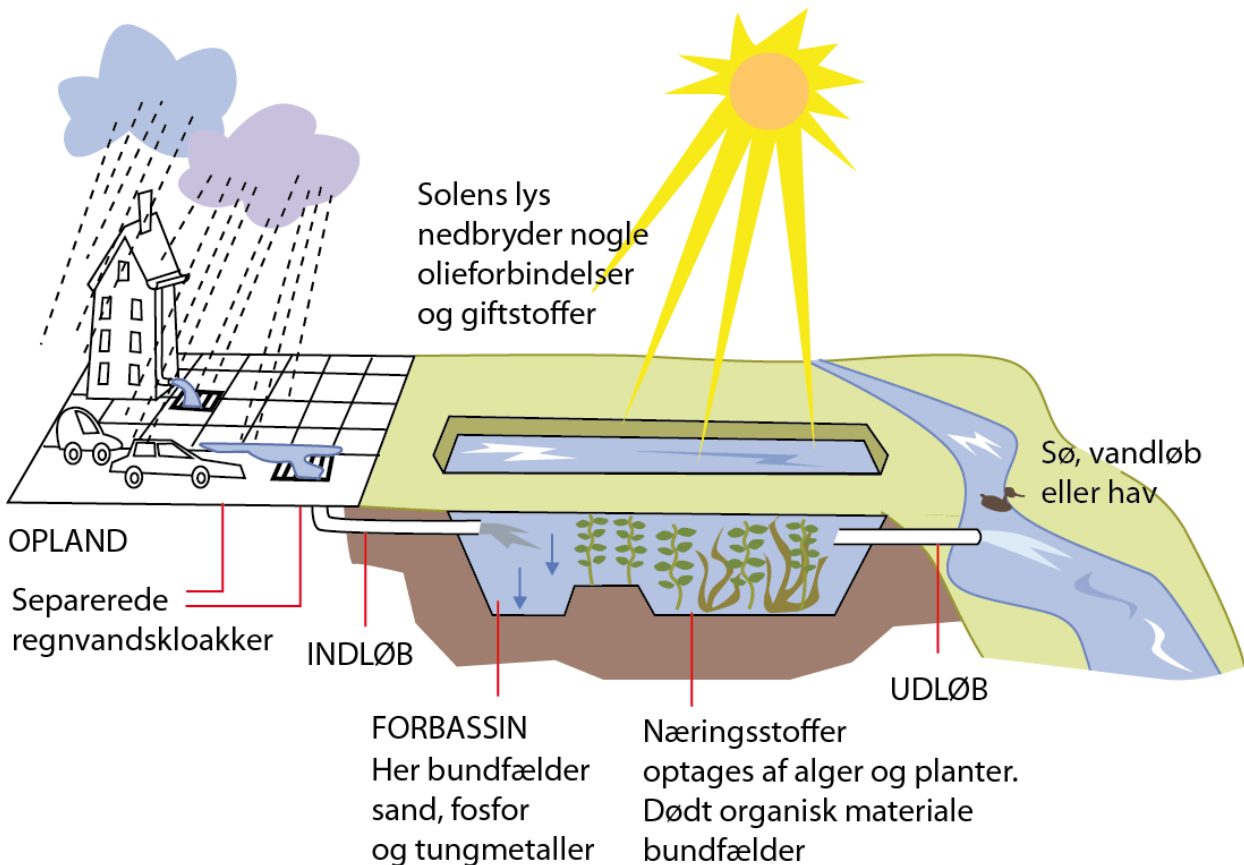


For ikke at skade naturen ved at lukke store mængder belastet overfaldevand direkte ud i vandløb, sø eller hav, skal rensedammen opfylde to krav;

- Den skal mindske indholdet af næringsstoffer, tungmetaller og organisk materiale fra regnvandet, før det lukkes ud
- Den skal kunne rumme store mængder overfaldevand, så den kan forsinke vandstrømmen og kun langsomt lukke vandet ud i sø, vandløb eller hav. Herved undgår man at forstyrre den naturlige balance, der hvor vandet lukkes ud.

Rensedamme har et mere eller mindre synligt forbassin ved indløbet. Her bliver det meste faste stof i vandet - f.eks. sand - bundfældet. Rensedammens bund, eller i hvert fald forbassinets bund, er dækket af en membran (nævn evt. eksempler på materiale så de forstår hvad det er) som sikrer at forurenende stoffer ikke siver ned gennem jordlagene til grundvandet fra rensedammen.

Ved rensedammens udløb løber eller pumpes vandet i rør eller kanaler - videre ud til f.eks. et vandløb. Modtageren af vandet (sø, å, vandløb eller hav) kaldes for *recipienten*.



## Sådan renses rensedammen

### ***Belastet vand – næringsalte og forurening***

Det vi kalder *belastet vand* kan være belastet af flere faktorer.

- Det kan have et højt indhold af næringsalte (nitrat og fosfat). Næringsalte er livsvigtige grundstene for planter, og indgår i den naturlige cyklus, hvorfor det er vigtigt at vi tilbagefører næringsalte efter vi fx har høstet en afgrøde. Men et for højt niveau af næringsalte kan påvirke naturen negativt, og fx føre til lavt iltindhold i søer, og derfor vil vi gerne sikre at der ikke kommer for mange næringsalte ud i naturen.

- Det kan også være belastet af giftstoffer. Et eksempel på dette er pesticider og tungmetaller som vi gerne vil undgå kommer ud i naturen.

### Forbassin

Den første rensning sker allerede i forbassinet, hvor partikler, som regnvand har samlet op, bundfældes. Dette sker idet forbassinet afgrænses af en kant, som forhindrer vandet i at strømme hurtigt ud af forbassinet. Vandet flyder i stedet over kanten stille og roligt. Idet vandet opbremses vil større partikler, som ellers hvirvles op i vandet, falde til bunds. Bundmaterialet i forbassinet graves op med jævne mellemrum da det indeholder det meste af forureningen i regnvandet. F.eks. vil tungmetaller generelt være bundet til de bundfældede partikler.

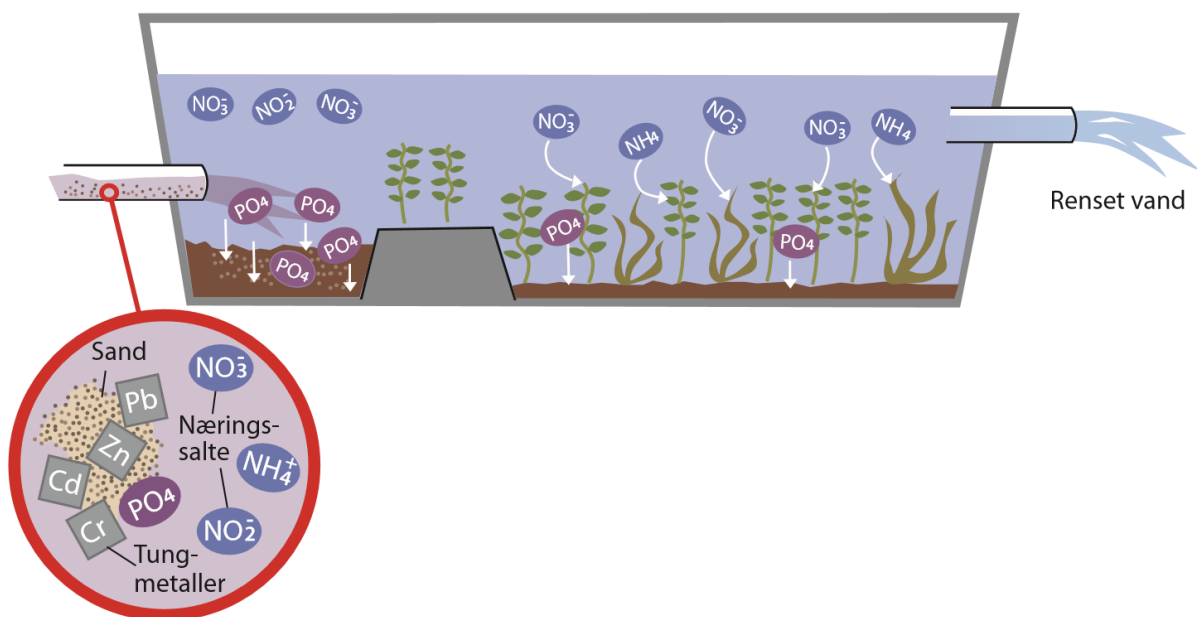
### Rensedammen

I selve rensedammen bindes nærings saltene fra regnvandet ved at planterne anvender dem. Når planterne dør, falder de til bunden og nedbrydes. Phosphor som ikke er bundfældet i forbassinet, frigives i vandet eller bindes direkte til vandets små partikler og falder også til bunds. På den måde ender de næringsfyldte stoffer på bunden, som jævnligt renses op.

Nogle giftstoffer fra regnvandet, f.eks. pesticider, nedbrydes oppe i vandsøjlen, enten via omdannelse i mikroorganismer eller via energi fra solens stråling.

Flowet gennem rensedammen er meget langsomt, da der skal være ro og tid til at næringsstoffer kan forbruges, giftstoffer kan omdannes og resterende partikler med tungmetaller og phosphor kan bundfælde.

Slammet fra bunden bliver med jævne mellemrum gravet op af rensedammen således at de forurenende stoffer fjernes. Slammet bliver destrueret forsvarligt af det lokale rensningsanlæg.



### **Derfor kan næringsstoffer belaste**

Næringsstofferne nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) er alle næringsalte, som planter skal bruge for at vokse. Kommer der næringsalte til et næringsfattigt miljø, vil det give mere plantevækst og mere liv i miljøet.

Kommer der for mange næringsalte i vandet, vil det dog resultere i, at de hurtigt voksende organismer (planter som vandpest og andemad samt alger) overgror vandet. Disse organismer skygger for sollyset til planterne på bunden. Bundplanterne kan derfor ikke danne ilt og som konsekvens bliver der iltfattigt på bunden.

Efterhånden som de overskyggende organismer skiftes ud af nye, vil gamle plantedele falde til bunds, og sammen med de døde bundplanter, være grobund for bakterier i vandet. Nedbrydning af gamle planterester af bakterier er iltkrævende, og processerne vil dræne vandet for den resterende ilt.

I de resulterende iltfattige områder overlever kun få dyr og planter, og livet i vandet vil langsomt kvæles.

### **Iltindhold i rensedammen**

Iltindholdet i et vandhul er afhængig af bl.a.

- Temperatur
- Omrøring
- Algemængde
- Forureningsgrad
- Lysforhold
- Vanddybde

Da forurening medfører algeopblomstringer som fører til et voldsomt iltforbrug, vil der generelt være iltfattigt i forurenede vandhuller. Derfor er livet i forurenede vandhuller meget sparsomt og domineret af arter, som har tilpasset sig lave iltforhold.

Der er flere måder dyr har tilpasset sig til sådanne forhold. For eksempel har nogle vanddyr et meget højt indhold af det røde iltbindende stof, hæmoglobin. Herved kan de lettere binde den sparsomme ilt, der er i vandet. Eksempler på denne tilpasning ses hos de røde dansemuggelarver og børsteorme, som kan findes i større antal i iltfattige søer. En anden metode er at skaffe ilt fra luften ovenfor via ånderør. Dette gør for eksempel dyndfluellarverne, som på grund af deres sælsomme udseende med de lange ånderør, har fået tilnavnet "rottehaler".



Til venstre: Rød myggelarve med højt indhold af hæmoglobin. Foto: Bjørli Martha Lehrmann

Til højre: Rottehaler, dyndfluellarver, med langt ånderør. Foto: Kirsten Nielsen

## Målemetode

I denne opgave bruger vi en iltelektrode til at måle iltindholdet i rensedammen.

Der er flere slags iltelektroder (for eksempel PASCO iltsensor eller Vernier iltmåler med tilknyttet datalogger - LabQuest eller Logger lite).

En iltelektrode består af en katode og en anode i en elektrolyt adskilt fra vandet af en ilt-permeabel membran. Elektroden udnytter reduktionen af ilt ved katoden, og den resulterende strøm registreres.

Det er vigtigt, at iltelektroden konstant er i forbindelse med vand i bevægelse, for ellers er det kun ilten lige omkring iltelektroden der forbruges. Dette giver forkerte, lave målinger.



## Sikkerhed og hygiejne

En rensedam tager som udgangspunkt kun imod regnvand, som ikke er mere beskidt end vand fra en vandpyt. Dog kan der være fejkoblinger i rørsystemet i oplandet til rensedammen, hvor enkelte huse fejlagtigt har koblet deres spildevand til regnvandsledningen. Det er derfor vigtigt med god hygiejne, når man arbejder med vand og andre materialer fra rensedammen. Tager man f.eks. madpakke med ud til arbejdet med rensedammen, bør man vaske fingre før man spiser.

Selvsagt er det heller ikke tilladt at svømme eller soppe i rensedammen. Både pga. sundhedsfaren ved det potentielt beskidte vand, og fordi man hvirvler bundmateriale op, hvorved de bundne næringsstoffer frigives til vandet. Derudover er der risiko for, at skade dammens bund-membran som skal forhindre nedsivning af forurenende stoffer til grundvandet.

## Forberedelse

### Oplæg i klassen

Under afsnittet "Teori" samt under "Kopiark" til højre kan I finde det faglige oplæg til dette undervisningsforløb. Start forløbet i klassen med gennemgang af dette indhold.

Oplægget består af følgende elementer

- Klimatilpasning til fremtidens regnmængder
- Rensedammens opbygning og funktion
- Sådan renses rensedammen
- Derfor forurener næringsstoffer
- Iltindhold i rensedammen
- Målemetoder
- Sikkerhed og hygiejne

### Hypotese og læringsmål

- Opstil hypoteser om hvordan man kan vurdere rensedammens effekt via målinger af vandets iltindhold.
- Opstil sammen med læreren læringsmål for forløbet

Lad jer inspirere af følgende arbejdsspørgsmål

1. Hvorfor skal vi bruge rensedamme?
2. Hvornår på året virker rensedamme bedst?
3. Hvorfor kan man forvente, at der er forskel på iltindholdet ved ind- og udløb i en rensedam?
4. Hvad er sammenhængen mellem næringsstof og iltindhold i vandmiljøer?
5. Hvad kan man ellers måle?
6. Hvilke usikkerheder kan opstå når man laver iltmålinger?

### Test af udstyr

1. Før I tager afsted, skal I først lære at bruge iltelektroden.
2. Undersøg sammen med læreren hvordan I bruger det apparatur/materiale, som I har på netop jeres skole. Læs eksempelvis vejledninger og lav testforsøg, for eksempel på iltet vand versus u-iltet vand, som har stået uden omrøring i nogle dage.
3. Snak om hvilke usikkerheder der kan være på jeres målinger.



## Planlægning

1. For at løse opgaven, skal I ud til en rensedam. På kortfunktionen på hjemmesiden skoven-i-skolen kan I finde mulige rensedamme under temaet "Klimatilpasningsanlæg".
2. Find den nærmeste rensedam på kortet.  
Når I klikker jer ind på rensedammen I gerne vil besøge, kan I finde informationer om den konkrete rensedam, herunder bl.a. adressen. I vil også kunne se et oversigtskort over rensedammen hvor de vigtigste elementer er tegnet ind, så I vil kunne finde dem ude i felten.
3. Sørg for at printe et kort, så I kan orientere jer derude.
4. Der skal laves en iltprofil langs rensedammen fra indløb til udløb.  
Udpeg minimum 3 punkter langs rensedammen, hvor I vil tage iltpøver. To af punkterne skal være tæt på henholdsvis indløb og udløb. Giv punkterne numre på jeres kort.
5. Planlæg turen så alle ved, hvad de skal, når I kommer ud til rensedammen. Snak om;
  - Hvornår skal vi afsted?
  - Hvordan kommer vi derhen?
  - Hvad skal vi have med og hvem tager hvad med?
  - Skal klassen arbejde sammen eller skal den opdeles i grupper?
  - Hvordan kan vi finde rundt på rensedammen (hint: kort og kompas)?
  - Hvilke områder ved rensedammen skal undersøges og hvordan?
  - Hvad skal skrives ned eller tages billeder af, hvordan og af hvem?
  - Sikkerhed og hygiejne

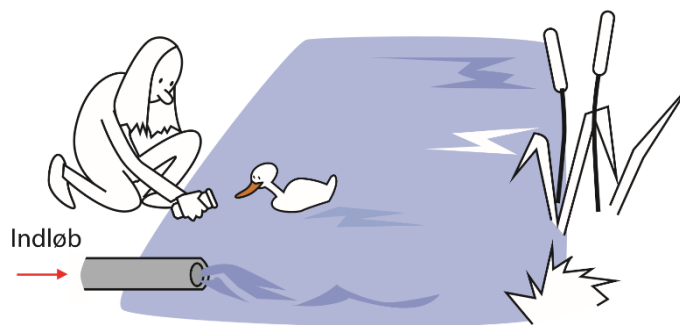
## Sådan gør I

### Formål

I skal undersøge rensedammens rensende effekt via målinger af vandets iltindhold langs rensedammen.

### Vejledning til analyse af iltindhold

1. Ved hver målestation skal I bruge iltmålingsudstyr og prøvetagningsudstyr.
2. Find jeres måle-lokalitet ved at se på kortet over rensedammen.
3. Lav først en visuel vurdering af vandet ved måle-lokaliteten – ser det rent eller beskidt ud? Tag evt. billede.
4. Beskriv vandets udseende (klart/grumset, farve, bundmateriale, flydende genstande, bobler fra bunden) og lugt (ingen, mudder, råddent æg, kloakagtigt...).



5. Tag en vandprøve fra lokaliteterne
6. For at teste iltindholdet bruges brugsvejledningerne for iltelektroden
7. Notér resultater i resultatskemaet
8. Udvælg det testområde der har det laveste indhold af ilt, og lav en iltprofil ned gennem vandsøjlen med ca. 10 cm intervaller. Indskriv i resultatskemaet.



## Resultatskema

Måling	Indløb	Udløb	1.	2.	3.....
Visuel vurdering ud over vandet					
Vandets udseende					
Vandets lugt					
<b>Iltmåling</b> Stort set uforurenet: 0-3 mg/l Let forurenet: 4-5 mg/l Forurenet: 5-8 mg/l Meget forurenet: Mere end 8 mg/l					

### Iltprofil (Testområde med det laveste indhold af ilt)

Lokalitet .....

Afstand fra overfladen							
Iltmåling i mg/l							

### Noter og skitser

## Efterbehandling

### Databehandling

1. Lav en illustration (graf, søjlediagram eller andet) af de målte værdier af ilt langs rensedammen fra indløb til udløb.
2. Hvis der er målinger der afviger betydeligt, diskuteres om resultatet skyldes fejlkilder.
3. Lav et gennemsnit af iltindholdet i rensedammen og giv en overordnet vurdering af vandkvaliteten i rensedammen, ud fra mængden af ilt i vandprøverne.
4. Beskriv eventuelle forskelle i fordelingen af ilt langs rensedammen fra indløb til udløb.
5. Lav en graf over iltfordelingen ned langs vandsøjlen, med data fra iltprofilen.

### Opsamling og konklusioner

1. Hvordan stemmer vurderingen af rensedammens vandkvalitet overens med jeres forventninger til en rensedam, i forhold til:
  - a. Forventninger hjemmefra?
  - b. Forventninger efter kun at have set på og lugtet til vandet?
2. Er der forskel på målingerne af ilt langs rensedammen? Hvorfor/hvorfor ikke?
3. Beskriv (gerne med en animation) hvorfor er der en sammenhæng mellem forureningsgrad og iltkoncentration i vandhuller.
4. Kom med forklaringer på udseende af grafen over iltfordelingen ned langs vandsøjlen, og diskutér hvordan denne fordeling kan rykkes, hvis der kommer mere næringsstof i rensedammen.

### Perspektivering

1. Hvordan hjælper rensedamme med at løse klimaudfordringer?
2. Hvorfor anlægger man ikke bare en masse rensedamme?
3. Hvad er konsekvenserne for naturen, hvis vi ikke anvender rensedamme i Danmark?
4. Vurder for hver årstid, hvordan de faktorer der påvirker iltforholdet i dammen, ændrer sig:
  - Temperatur
  - Omrøring
  - Algemængde
  - Forureningsgrad
  - Lysforhold
  - Vanddybde
5. Hvordan påvirker de forskellige faktorer iltindhold i dammen på de forskellige årstider?

## Kommunikation

Der er mange måder at synliggøre hvad du har fået ud af forløbet på. Brug evt. animationer til at vise hvordan en rensedam virker. For vejledning hertil, læs kopiarket Animér et klimatilpasningsanlæg.

Hold jeres udbytte af forløbet op mod jeres formulerede læringsmål og svar på;

- *Hvad har jeg lært?*
- *Hvordan har jeg lært det?*

Specifikke fagord og termer der kan bruges til kommunikation af emnet:

- Global opvarmning
- Klimatilpasning
- Rensedam
- Iltindhold
- Recipient
- Næringsstoffer
- Vandkvalitet
- Forureningsgrad



[www.naturanimation.dk](http://www.naturanimation.dk)

## Forslag til videre arbejde

På temasiden om klimatilpasning kan du læse mere, samt finde flere opgaver rettet mod rensedammen og andre typer klimatilpasningsanlæg.

Det er oplagt at inddrage flere øvelser omkring rensedammen i ét samlet forløb. Der vil her være overlap mellem indholdet af de forberedende øvelser, men også dele som er unikke for de specifikke opgaver.

Følgende opgaver om rensedammen kan kombineres:

- Måling af P og N i rensedammen
- Tilpasning til periodevise oversvømmelser
- Indikator dyr og vandkvalitet
- Dimensionering af bassin