

Carsten Pedersen
Ravn

1370

NOAH 10

2, —

Carsten Pedersen
lektor
Lyngby, pr. Trustrup

VANDFORURENING



John Ravn: Forureningsdyr

Hovedemne: Vand.

Dette nummer redigeret af NOAH's vandgruppe.

Jesper Ansbæk
Ture Damhus
Christian Gladher
Jan Hegnsvang
Poul Johansen
Claus Helweg Ovesen (ansv)
Jørgen Dan Petersen
Mette Skov
Erik Zinglarsen

Redaktionelt:

NOAH-bladet udkommer, når der er behov for og stof til et nummer. Det redaktionelle hverv går på skift i grupperne. Indholdet vil således vise størst mulig variation. Den til nummeret siddende redaktion og de enkelte forfattere hæfter alene for indholdet, hvorfor meninger, der tilkendegives i bladet, ikke nødvendigvis er identiske med hele NOAH-sammenslutningens opfattelse. Nummeret skal dog inden udsendelsen til offentligheden have været fremlagt på et NOAH-kontaktmandsmøde.

NOAHs organisationsform i de 2 første år er beskrevet i NOAH 1 (af 9.10.69) og NOAH 4 (af 15.2.70). pj

Fremlagt ved kontaktmandsmødet 3/5.71.

Eftertryk tilladt mod kildeangivelse.

ABONNEMENT

NOAH 12 kr. for 6 numre

giro 16 00 39, Kompagnistræde 37 o.g.
1208 København K

Indholdsfortegnelse:

Indledning.....	side 2
Vandmiljøet	
søer.....	side 3
rindende vand.....	side 5
Forurenende stoffer	
de vigtigste typer af forurenende stoffer.....	side 5
metoder til rensning af spildevand.....	side 5
Forureningens virkninger	
af overdreven spildevanstilledning til søer.....	side 6
i vandløb beskrevet ved Saprobiesystemet.....	side 9
Udførelse af forureningsundersøgelser	
fysisk-kemiske metoder.....	side 13
lokalitetsbeskrivelse og biologisk bedømmelse.....	side 14
Love vedrørende udnyttelsen af vand.....	side 16
NOAH's undersøgelse af Store Vejleå.....	side 17
Litteratur.....	side 20
Ordliste.....	side 20

Indledning

I november 1969 gennemførte Noah's vandgruppe en forureningsundersøgelse af Store Vejleå, som har sit udspring nogle kilometer nord for Tåstrup og løber ud i Øresund syd for Vallensbæk — kort sagt en »bynær» å.

Under udarbejdelsen af rapport om undersøgelsen fik vi i gruppen den ide, at lave et nummer af NOAH-bladet, som først fortalte om vandmiljøerne, deres forurening og specielt hvorledes virkningerne af forurening kunne kon-

stateres. Efter dette ville vi så som et eksempel med — synes vi selv — vide aspekter fortælle om undersøgelsen af Store Vejleå.

Resultatet foreligger nu med dette nummer, og vi håber, at det kan give grupper landet over lyst til at gå i gang med lignende undersøgelser af vandområder. Søer og åer hører til de elementer i dansk natur, der har lidt mest under uheldige kulturpåvirkninger: forurening, regulering, afvanding, så der er al-

mulig grund til at få registreret nogle af de mange eksempler på dette og »med lov i hånd» protestere, hvor det kan lade sig gøre. Og det kan det mange steder — det er faktisk forbudt at forurene vand her i landet!

Vi har lagt vægt på, at nummeret skulle bringe både teori og praksis, dvs. både omtale af hvordan forureningen virker, og hvordan forureningsundersøgelse gennemføres og resultaterne anvendes gennem vandløbslovens bestemmelser.

vandgruppen

Vandmiljøet — stillestående vand

Man inddeler de stillestående vande i søer og damme. En dam må definitions-mæssigt ikke være dybere, end der kan vokse planter overalt på bunden. I det følgende vil vi især omtale søerne, men en del af stoffet kan dog overføres til dammene.

I en søs naturlige udvikling er omgivelserne det primære, da de bestemmer den mængde næringsalte, som tilføres den, mens søbækkenets form og klimaet bestemmer, hvorledes den oprindelige næringskapital udnyttes. Enhver sø får derved sit karakteristiske plante- og dyreliv. Dette forklarer søers individuelle særpræg, som medfører, at selv tætbeliggende søer aldrig er ens.

Inddeling af vore søer:

Søerne inddeles trods individualiteten gerne i tre hovedkategorier:

1) den fede, næringsrige eller eutrofe sø, som er den dominerende type i de opdyrkede morænelandskaber. Den modtager store mængder af næringsaltene nitrat og fosfat, som omsættes i planteplankton (mikroskopiske alger), hvorefter søen bliver grøn eller blågrøn. Gennemsigtigheden (transparenzen) er ringe. (ex. Esum sø).

2) den magre, næringsfattige eller oligotrofe sø, som kun findes i de mest ufrugtbare egne. Ringe tilførsel af næringsalte medfører ringe algeopvækst og dermed stor gennemsigtighed. (ex. Hampen sø).

3) den brunvandede eller dystofe sø, hvis vand er brunt p.g.a. stort indhold af humusstoffer. Findes i skove eller i områder med tørveforekomster. Den optræder både som survandet (ex. Bøllemeden), og alkalisk (basisk), (ex. Hul sø ved Frederiksdal).

Søernes planteproduktion (herunder nærmere om lysfaktoren)

Planteproduktionen i søerne foregår ved bredderne, på bunden og i de frie vandmasser. Ved bredderne er det sumpplanterne og i de frie vandmasser de mikroskopiske planktonalger, der leverer produktionen, på bunden kommer den både fra større vandplanter (dels blomsterplanter, dels alger) og fra mikroskopiske alger (overvejende kiselalger). I meget lavvandede søer, hvor hele bunden er dækket af vandplanter (damme), og hvor der ofte er et meget bredt bælte af bredvegetation, kan de makroskopiske planters produktion være større end planktonalgernes, men i større søer er vand- og sumpplanterne indskrænket til et bælte ved bredden og her leverer plankton-algerne den væsentligste produktion.

En begrænsende faktor for produktionen er hermed indirekte omtalt, nemlig lyset. Kun en tiendedel af det lys, der rammer vandoverfladen, trænger ned i vandet, og lysmængden aftager hurtigt yderligere ned gennem dette. I de allerklareste søer herhjemme når lys, der er tilstrækkeligt til plantevækst (mosser) ned til 10–12 m's dybde, men i almindelighed er der i rene søer kun plantevækst på bunden ud til 6–8 m's dybde. De partier, der er dybere end dette, har en såkaldt barbund, der, som omtalt nedenfor, huser et særligt dyreliv.

Det er altså både vandet selv og opslemmet materiale, der bestemmer lysmængden et bestemt sted i vandet. Blandt det opslemmede materiale er i de fleste danske søer planktonalgerne vigtigst, enkelte steder (i skove eller heedege) kan opløste humusstoffer (humus er en blanding af levende og døde mikroorganismer, samt plante- og dyrestoffer, som er tilbage efter en delvis mekanisk og kemisk nedbrydning) dog have større betydning. Algetætheden kan blive så stor, at der slet ikke er lys nok til, at der kan gro planter på bunden. De selvernærende (autotrofe) planter må have tilstrækkeligt med solenergi for at den nødvendige fotosyntese kan finde sted:



Foruden lyset vil de vigtige plantens næringsstoffer kvælstof og fosfat i almindelighed være begrænsende for produktionen. Om sommeren kan der som regel slet ikke konstateres frit fosfat i uforurenede søer. Alt det tilgængelige, der har været, er optaget af planterne. Det er således let at forstå, at et fosfatilskud fra spildevand vil virke stærkt gødende og øge algetætheden i vandet.

Endelig kan planternes kulstofkilder, kultveilte (CO₂) eller bicarbonat (HCO₃) blive en begrænsende faktor, men det sker kun i søer, der har et meget tæt plankton (følge af en stærk gødning — oftest med spildevand).

Bundvegetationens zoner i en næringsrig sø

Lægger man et snit ud gennem en dybere, ret klarvandet, næringsrig sø (ex. Esum), passerer man alle søens zoner: (se fig. 1 side 4).

Inderst mod land ligger Bredbæltet, der er opdelt i 3 underzoner:

- a) *rørsumpen* (tagrør, kogleaks, dunhørrer, osv.).
- b) *rankegrøden* med blade i vandet, blomster i luften (vandranunkel, vand-

aks), evt. dog erstattet af flydebladsplanter med bladene på vandet (åkan-der, vandpileurt, svømmende vandaks, osv.).

c) *bundgrøden* (kransalger, mosser, osv.).

Uden for bredbæltet skrånning med sten og ophobning af muslingskaller, efterfulgt af *barbunden*, som er søens anden hovedzone. Den frie vandmasse udgør den tredje.

I den magre sø er rørsumpen derimod sparsomt udviklet eller mangler helt. Den består af andre planter (nemlig sumpstrå og to små rosetplanter, strambo og lobelie, længere ude vegetation af bransenføde).

I de alkaliske brunvandede søer minder plantevæksten noget om den, der findes ved de fede, men om de sure brunvandede vokser hyppigst star, kærudd og tørvemos.

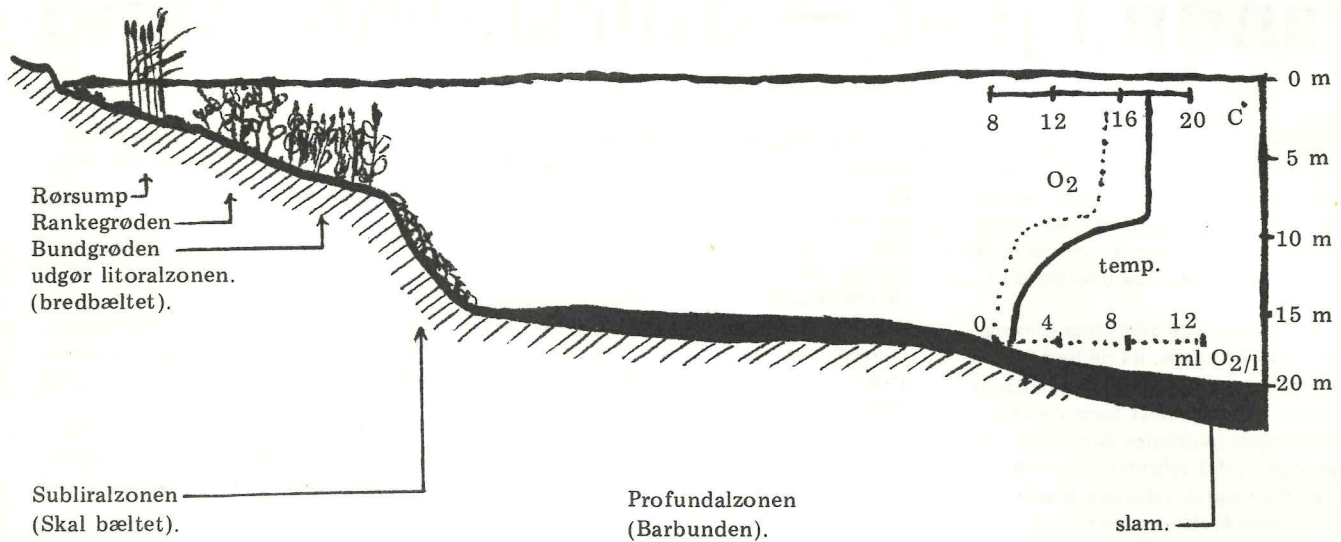
Den forskelligartede bevoksning inden for den enkelte zone danner naturligt afgrænsede biotoper. I hver enkelt af disse findes der et dyresamfund, hvor der altid er dominanter. Disse er forskellige fra søtype til søtype. (I Danmarks Natur bind 5 kan man finde en gennemgang af typedyrene i de forskellige slags stillestående vande).

Temperatur og iltforhold

I en dyb og forholdsvis vindåben sø (ex. Esum sø) vil temperaturen før og under islægning ikke overstige 2 gr. C (der vil altså være totalcirkulation sikrende samme temperatur i hele vandmassen). Ved islægningen kommer overfladetemperaturen ned på 0–1 gr. C. Overstiger bundtemperaturen 2 gr. C skyldes det gæringsprocesser. På grund af de små temperaturforskelle er denne tilstand dog ret ustabil, og når isen letter, blandes bund- og overfladevand ret hurtigt. Vi får hølkelig atter en ensartet temperatur i hele vandsøjlen (totalcirkulation).

Allerede i juni er søen imidlertid ved at blive opdelt i to lag, et øvre, der er blevet opvarmet og derfor lettere, så det flyder ovenpå, og et nedre, over for hvilket varmepåvirkningen fra sol og luft ikke er slået igennem, og som folgelig bliver nær bunden p.g.a. sin større vægtfylde.

Hen på sommeren er der omkring 11 gr. C forskel mellem vandmasserne over og under 10–14 m dybde, og søen er nu delt i en øvre, varm afdeling (epilimnion) og en nedre kold afdeling (hypolimnion) og et brat mellemliggende »springlag«, i hvilket den bratte tempe-



raturændring sker. Denne tilstand, der betegnes som sommerstagnationen, varer ved til hen i oktober, hvorved overfladevandet gradvist afkøles, og i november har vi igen totalcirkulationen ligesom i april.

Denne temperaturgang er ens for alle typer af søer i egne med stor forskel mellem sommer- og vintertemperatur, idet der er tale om en rent fysisk foreteelse. Men den får forskellig indvirkning i anden henseende på de forskellige søtyper.

I den næringsrige sø sker der som allerede nævnt en stor stofproduktion i de øvre vandlag. Omsætningen er også stor, hvilket medfører, at der i sommermånederne faktisk er tale om en regn af døde småorganismer fra de øvre til de nedre vandlag, og disse organismer nedbrydes under forbrug af ilt.

Det iltforbrug, der herved sker over springlaget, erstattes løbende ved:

- 1) de iltproducerende algers virksomhed
- 2) partialstrømninger, forårsaget af vind eller skiftende lufttemperatur, som jævnligt bringer vandmasserne over springlaget i forbindelse med luftens ilt.

Anderledes er det under springlaget. Vandmasserne her ligger fast i kraft af deres vægtfylde, og de har kun den ilt, som de fik med sig ned under totalcirkulationen i det tidlige forår. I stærkt algeproducerende søer tæres der hårdt på den, og i den sidste del af sommerstagnationen kan ilten blive helt opbrugt.

Barbundens fauna

Dyrene på barbunden er p.g.a. det ovenstående tvunget til at være specialister. De skal klare sig året rundt ved temperaturer fra 1–10 gr. og må tillige i sommermånederne kunne tåle perioder helt uden ilt.

Nogle (ex. myggelarven *Chironomus*, se fig.) har åndingspigmentet hæmoglobin i deres blod, hvilket sætter dem i stand til langt bedre at udnytte sommervandets sparsomme iltindhold. Denne og andre lign. tilpasninger medfører, at dyrene på barbunden på trods af de extreme forhold forekommer i uhyre mængder (50.90.000 individer/m²).

Hovedparten af vore søer henligger ikke i deres oprindelige naturtilstand, men er i større eller mindre omfang et kulturprodukt. I starten har søerne været langt mindre eutrofe (næringsrige)

end de er i dag, og med langt klarere vand om sommeren. At denne eutrofiering af vore stillestående vande er gået så hurtigt i nyere tid, må forureninger med spildevand fra byer, industrier og landbrug bære hovedansvaret for. Hvis en sø tilføres så store mængder spildevand, at dets omsætning ude i søen i sig selv tæres på eller helt opbruger vandets ilt, er der tale om, at søen forurennes. Forureningen kan dog også ske ved tilledning af giftstoffer m.m. (se side), selvom næringsaltene har størst betydning i søsammenhæng.

Rindende vand

De rindende vande kan som søerne grupperes efter størrelse: bæk, å og flod er betegnelser alle kender; men mens sø og dam er nogenlunde velafgrænsede begreber, kan man ikke bestemt fastsætte, hvornår en bæk er blevet så stor, at den skal kaldes en å osv.

De rindende vande er i endnu højere grad end søerne afhængige af det omgivende land, som de løber igennem. Det bestemmer så vigtige faktorer som vandføring, bund og hvilke opløste stoffer, vandet kommer til at indeholde. Søerne kan med de efterhånden aflejrede rester af deres levende organismer i ret høj grad bestemme arten af deres bundmateriale, og deres vandstand vil i almindelighed ikke svinge lige så meget som vandløbenes.

Temperatur- og iltforholdene vil ikke i rindende vand opvise den lagdeling, som man ofte finder i stillestående. Ved udspringet vil et vandløbs temperatur være som den kilde eller sø, det

kommer fra. Nedad løbet vil det så efterhånden antage omgivelsernes temperatur. Så længe dybden er beskeden og løbet rask vil vandet være mættet med luft. I det nedre løb af store åer (f.ex. Susåen) kan dybden blive så stor og løbet så roligt, at der, som i søerne, kommer en temperatur og ilt-lagdeling.

Inddelingen af søerne efter vandets indhold af plantenæringsstoffer i »trofi-grader« (oligotrof, eutrof) genfindes til dels i rindende vand, men ikke så udtalt. Alle fastsiddende organismer modtager her til stadighed nyt vand med nye næringsstoffer, og man siger derfor, at rindende vand fysiologisk er mere næringsrigt end stillestående.

Svarende til de forskellige zoner i søerne har man i rindende vand strømsteder og steder med roligt vand (på engelsk »rapids« og »pools«). Bundmaterialet på et givet sted i vandløbet er afhængigt af vandstrømmen. Hvor den er kraftig består bunden af sten og grus, på roligere steder af sand og mudder.

Plantevæksten fordeler sig efter strøm- og bundforhold. Her i landet er den almindeligste vandløbsvegetation en »grøde« bestående af nogle arter blomsterplanter: vandaks, tusindblad, vandranunkel, vandstjerne o.a. Disse planter er rodfæstede i sand-, grus- eller mudderbund. På rolige steder i åer kan der ved bredderne komme et bælte af sumpplanter ligesom i søerne.

På sten og større planter finder man en vegetation af mosser og alger. Algerne kan enten være store, som f.ex. grønalgens vandhår, eller mikroskopiske, som f.ex. den vigtige gruppe kiselalger er det. Enkelte arter af trådformede alger (blågrønalg og grønalg) kan forekomme som overtræk på blød bund.

Ligesom i søerne har de forskellige plantesamfund deres særlige dyreliv, og desuden findes i strømmende vand nogle dyr på undersiden af stenene og nedgravet i bunden.

Forurenende stoffer.

De vigtigste typer af forurenende stoffer

Spildevandet kommer fra kloaker, rensningsanlæg og dræn og ledes derfra ud i recipienten (modtageren) dvs. et vandløb, en sø eller havet. Spildevandets indhold af skadelige stoffer kan hovedsagelig inddeles i tre kategorier:

- 1) organiske (iltforbrugende) stoffer
- 2) næringssalte (fosfater, nitrater)
- 3) gifte (ukrudts- og insektgifte, tunge metaller, syrer og baser, cyanider, sulfosæber osv.

Af andre forureninger fra spildevandet kan nævnes opslemmet bundfældeligt materiale, olie og opvarmning af recipientens vand, hvilket medfører, som regel uønskede, ændringer i dyre- og plantelivet.

ad. 1): For vandløbene er det især de organiske stoffer, der har betydning. Når de organiske stoffer skal nedbrydes til uskadelige produkter, kræves der ilt. De bruger derfor den ilt, der findes i vandløbet, og da alle levende organismer (med undtagelse af nogle bakterier og svampe) kræver ilt for at leve, fører det til, at nogle eller alle dyrene i vandløbet uddør.

ad. 2): Derimod er det næringssaltene, der bærer størstedelen af skylden for den stærkt tiltagende forurening

af vore søer. Næringssaltene virker som gødning for planterne og fører til at de mikroskopiske alger vokser op i stort tal, og søens vand får karakter af en grønkålsuppe. Denne ændring i søens planteliv har katastrofale følger for dyrelivet.

ad. 3): Giftene kan forurene på 2 måder: For det første kan en stor mængde gift pludseligt udledes fra en industri eller fra landbrug. Herved opstår en giftprop, der dræber fisk og smådyr, mens den med strømmen føres ned gennem vandløbet. Det er denne form for giftudledning, man hører mest om, da resultatet er ret chokerende.

En anden form for forurening optræder, når giftkoncentrationerne er mindre, men konstant over længere tid. Dette fører til at de mest følsomme af dyrene i vandløbet (ofte fisk) udrykkes. I sådan et tilfælde kan det være meget svært at finde ud af, hvad det er for et stof, der forurenere, og hvor det er stoffet stammer fra. Giftene kan også akkumuleres (ophobes) i dyrene og via fisk blive optaget i mennesket (kviksølv, DDT).

Metoder til rensning af spildevand. Kort oversigt

I forlængelse af afsnittene om typer af forurenende stoffer vil det være naturligt at se på, hvilke muligheder, der er for at fjerne disse stoffer, inden spildevandet afledes til recipienten. I reglen vil det være for sent at forsøge at modvirke forureningen ude i recipienten selv (i Sverige har man dog forsøgt phosphatfældning (se nedenfor) af hele søer), og naturen genskaber kun langsomt den oprindelige tilstand efter evt. forvoldt skade.

Spildevand kan rent principielt renses på 3 forskellige måder:

(A) *Mekanisk rensning.* Ved mekanisk rensning kan kun relativt store partikler fjernes; ved risteandordninger kan medførte klude, plasticvarer osv. tilbageholdes, og i særligt konstruerede bundfældningsbeholdere kan en del af det opslemmede materiale udskilles. Mekanisk rensning har, groft sagt, kun æstetisk betydning, da hverken organiske stoffer i tilstrækkeligt omfang, næringssalte eller gifte fjernes.

(B) *Biologisk rensning.* Princippet er her, at man tilfører spildevandet en passende kultur af mikroorganismer og ilt og lader mineraliseringen forløbe (jvf. afsnittet om BOD side). Biologisk rensning fjerner altså i det væsent-

lige organisk stof fra tilløbsvandet og efterlader uorganiske salte og ofte en del bakterier i afløbsvandet fra anlægget.

Den praktiske udførelse af biologisk rensning kan være ret kompliceret, bl. a. fordi mikroorganismekulturerne skal have bestemte livsbetingelser (temperatur, pH). Visse former for spildevand, fx. giftigt industrispildevand, ødelægger kulturerne og må derfor renses på virksomhederne, inden det ledes til et biologisk anlæg. Et sådant vil i reglen være udformet enten som et biologisk filter, dvs. en beholder, hvori mikroorganismer og en del større dyr lever på sten af en passende størrelse, som vandet risler ned gennem, eller et *aktiveret-slam-anlæg*, hvor mikroorganismefyldt («aktiveret») organisk slam, hidrørende fra vand, der allerede har passeret anlægget, pumpes ind i spildevandet under omrøring og passende lufttilførsel.

»Biproduktet« fra et biologisk anlæg er et ikke fuldstændigt iltet og meget vandholdigt slam, der ikke mere kan genanvendes i anlægget selv. Anvendelse deraf til markgødning kan være en betænkelig sag på grund af indhold af evt. industrigifte.

Forsøg er i gang, dels med *opkoncentrering* af slam, fx. ved centrifuge-

ring, dels med *omdannelse* af slammet (ved stærk opvarmning) til et materiale, der kan benyttes til at filtrere nyt spildevand igennem. I det hele taget er slambehandlingsproblemet en teknisk udfordring, der langt fra er løst endnu.

(C) *Kemisk rensning*. Denne kan foregå ved (1) *fældning* og (2) *ionbytning*.

Ved (1) *tilsættes stoffer* (i reglen $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ eller $Ca(OH)_2$), der ved passende, regulerbare kemiske omstændigheder (fx. er pH særdeles afgørende) *danner tungtopløselige bundfald, der under udskillelsen slutter sig sammen i større klumper* (engelsk: flocs), der kan *indeslutte eller adsorbere* (adsorption: fysisk tiltrækning til O-VERFLADEN af en partikel) *stoffer fra spildevandet*; herved fjernes især phosphater, men også eksempelvis bakterier, kviksølvforbindelser og organiske forbindelser med store moleculer er vist at kunne rives med ned.

Nitrater må derimod fjernes med (2). Princippet i ionbytning er, at ioner (dvs. elektrisk ladede moleculer, som de fx. findes i næringssalte) passerer en søjle fyldt med et ret kompliceret opbygget organisk stof, der er i stand til at udskifte bl.a. NO_3^- med sine egne, lettere håndterbare ioner som OH^- (der senere kan neutraliseres). I-

onbytning er en særdeles effektiv metode til vandrensning, men arbejdet med metoden er endnu kun på forsøgsstadiet.

Det skal endvidere nævnes, at spildevand kan renses ret godt for indhold af store moleculer som virus og bakterie-cellevægsstof (celluloseforbindelser) ved behandling med aktivt kul, dvs. fint delt kul, hvis overflade er i stand til at adsorbere stærkt.

Rækkefølgen af (A), (B) og (C) er i praksis i reglen den her anførte (sædvanlig tre-trinsrensning), men kan varieres efter lokale behov, fx. kan man lave kemisk fældning i det biologiske anlæg (simultanfældning). Det ses, at en sådan tre-trinsrensning er i stand til at fjerne størstedelen af de tre vigtige typer forurenende stoffer: organisk materiale (især (B) og (C)), næringssalte (C) og til dels giftstoffer (C).

De nævnte metoder kan også anvendes ved oparbejdning af overfladevand fra søer til drikkevand, og behandlingen kan da afsluttes med en desinficering, oftest med Cl_2 , ClO_2 , O_3 , chloralk eller natriumhypochlorit (henh. $Ca(ClO)Cl$ og $NaOCl$). Desinficeringen er også forbundet med en række kemiske og biologiske problemer, der endnu ikke er tilfredsstillende belyst.

Forureningens virkninger

Nogle virkninger af overdreven spildevandstilledning til søerne

1) De forskellige søtyper forsvinder, idet de alle gradvist bliver stærkt eutrofe til forurenede. pH (et udtryk for den negative logaritme til brintionkonc.) stiger ofte til over 9. Dette vil naturligt føre til ensartet vegetation og dyreliv med deraf følgende store tab for den danske natur som helhed.

2) Den voldsomme opvækst i planktonet fører til en nedsættelse af gennemsigtigheden i den naturligt eutrofe sø. Dette medfører et fald i tilgangen af lys til bundgrøden, og den forsvinder ofte helt og erstattes af slam, sådan at barbundens areal udvides. Rankegrøden bliver erstattet helt af flydebladsplanter, der ikke har problemer med fotosyntesen p.g.a. bladernes placering. I rørsumpen bliver tagrør mere dominerende. Det er klart, at også disse ændringer medfører en ensretning af flora og fauna.

3) Den ringere gennemsigtighed hæmmer endvidere de fisk, der jager ved

hjælp af synet, f.ex. gedden. Dette giver de fisk, som konkurrerer med ålen om føden, en chance for at formere sig i uhyggelig grad. Men samtidig bevirker den en stigning i produktionen af de bunddyr, der ålens mest foretrukne føde, og giver den store og værdifulde rovfisk, sandarten, meget fine konkurrencevilkår. Denne fisk, der ikke hører til de hurtigste, jagter nemlig ved hjælp af lugtesansen og kan ulige bedre komme byttet på nært hold i uklart vand.

Da sandarten for en del lever af ålens næringskonkurrenter, må erhvervsfiskeriet i søerne besvare den tiltagende eutrofiering med udsætning af sandart og om nødvendigt med supplerende bekæmpelsesfiskeri efter den del af ålens næringskonkurrenterne, som sandarten ikke kan overkomme at udrydde.

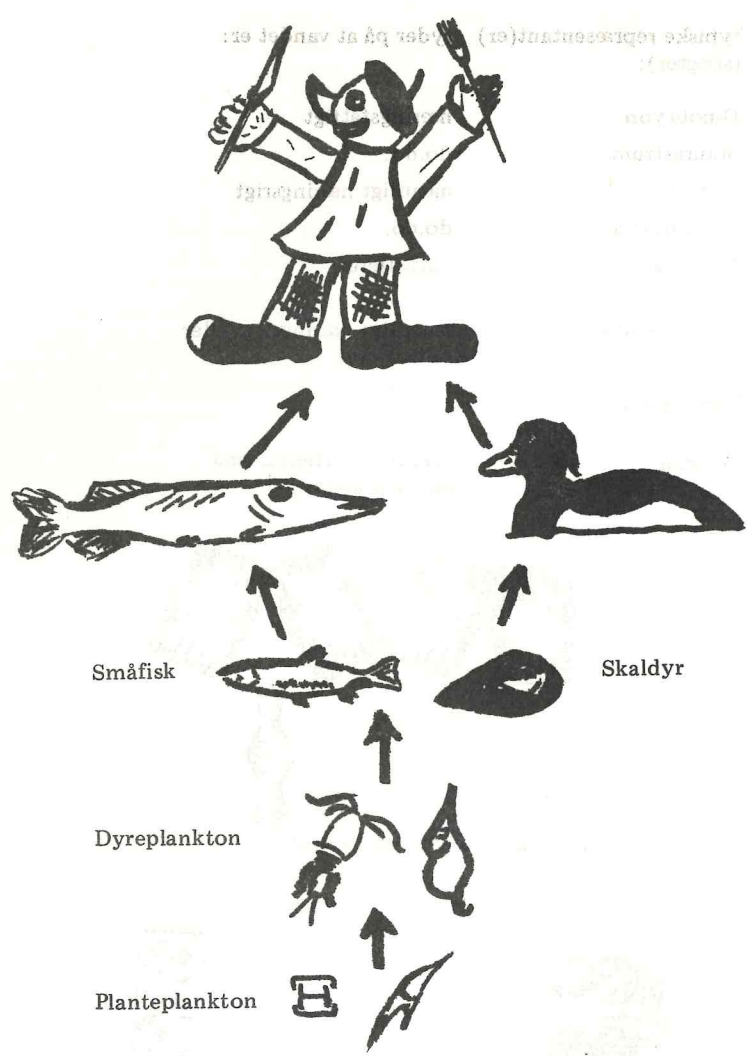
4) Rovfiskene er også de mest udsatte, hvis der er gifte i spildevandet til søen (ex. kviksølv, Hg), hvilket skyldes deres høje placering i fødekæden. Gedden anses for at være den bedste indikator

på kviksølvindhold i vand p.g.a. sin høje opnåelige alder og placering som sidste led i fødekæden (hvis ikke mennesker spiser den). I 9 og 12 års gedder fra Silkeborg Langsø har man fundet hhv. 1007 og 1410 ng Hg/g våd vægt, hvilket i begge tilfælde er over den svenske max. grænse på 1000 ng Hg/g.

5) Ved at forøge næringstilførslen til vandmasserne under springlaget (hypolimnion) i en dybere sø vil den tidligere beskrevne iltmangel indtræde hurtigere, og den iltfri periode bliver mere langvarig. PH aftager og alkaliniteten stiger. Disse ændringer i omgivelsesfaktorerne vil føre til en sænkning af bunddyrenes åndings- (respiratoriske) aktivitet, reducere deres vækstperioder og muligvis forøge deres livscyklus fra 1 til to år.

I forureningens max. fase vil antallet af bunddyr falde til næsten 0 eller blive indskrænket til børsteorme. Den tid, fiskene kan opholde sig i hypolimnion over bar bunden, bliver også kortere.

6) Under de organiske stoffers nedbrydning bruges ilt, der tages fra van-



SIMPEL FØDEKÆDE

det. Bruges der mere, end vandet kan optage fra luften eller modtager fra plantevæksten under fotosyntesen, kommer søens organismer til at lide af iltmangel og kvæles, hvis denne bliver for udtalt. I de fleste tilfælde vil der dog i sommerhalvåret i en sådan belastet sø dannes et kraftigt planteplankton i de allerøverste vandlag, i hvilke iltforholdene tillader fisk at eksistere. Under islæg er katastrofen derimod overhængende, idet en sådan sø i vinterhalvåret ikke blot skal omsætte det kontinuerligt tilførte spildevand, men også de i sommerens løb dannede og nu døde planktonalger.

Risikoen herfor er størst i søer med lille vandmasse og lavt vand, og særlig overhængende er faren i søer, hvor der ikke sker nogen vandfornyelse om vinteren. 7) Omdannelsen af de tilførte organiske stoffer — foruden spildevand kan der være tale om nedfaldent løv o.a. — og af de i selve søen dannede plankton-

alger og dyr forløber ingenlunde altid fuldstændigt, og vi får da på bunden af en stærkt eutrof sø aflejret et kun delvis omsat materiale, hvis omsætning forløber videre henede. Men nu sker den blot uden tilgang af ilt og under dannelse af forskellige luftarter (sumpgas), hvoraf nogle, bl.a. svovlbrinte, er stærkt iltforbrugende (samtidig er denne luftart en fiskegift).

I det daglige sker der intet herved, idet svovlbrinten er under et bestemt tryk og forbliver, hvor den er dannet. Men en dag kan en torden med det dertil hørende barometerminimum passere hen over søen. Herved lettes trykket på gasarterne i bunden, der bryder frem og bobler op gennem vandet under momentant forbrug af al den i dette væj-

mentant forbrug af al den i dette værende ilt. Få øjeblikke efter er søen som uddød, og overfladen kan være hvid af drivende døde fisk. Populært siges, at bunden er slået op, men i virkeligheden er det altså et af de voldsom-

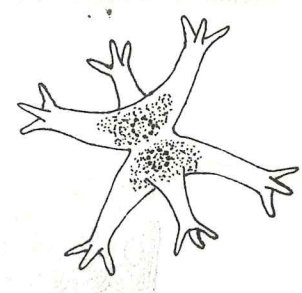
ste udslag af tankeløs spildevandsudledning.

8) Planteplanktons artssammensætning som udtryk for et vandområdes tilstand:

I vandløb kan man ret let skelne mellem forurening ved tilførsel af organisk stof og forurening eller — om man vil — kulturpåvirkning i form af øget tilførsel af plantenæringsstoffer ved udslivning fra marker eller tilledning af biologisk rensat spildevand. Førstnævnte giver iltsvind og uklart vand og aflejring af slam på bunden, sidstnævnte i hovedsagen kun en kraftigere grøde i vandløbet. Anderledes forholder det sig i søerne, her vil opspædningen af det organiske stof og mineraliseringen derigennem ofte være så stor, at det direkte iltsvind ikke får den store betydning. Det gør derimod den gødende virkning af spildevandet, specielt virkningen på planktonet, hvis tæthed og produktion kan øges stærkt med ændring af søens lysmiljø og sekundær forurening med døde alger til følge.

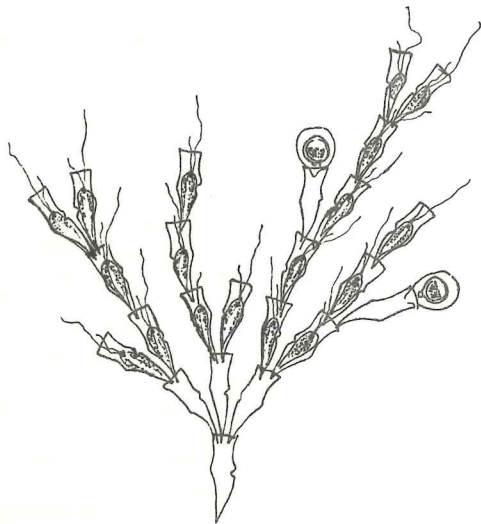
Det er imidlertid ikke kun mængden af planktonalger, men også artssammensætningen der ændrer sig ved forurening. Planktonalgerne er det livssamfund, der mest direkte er afhængige af vandets egenskaber, idet både lys næringsstoffer kommer til den gennem dette — de store vand- og sumpplanter har jo rødderne i bunden og evt. blade i luften. Planktonalgerne er tillige encellede, således at de også herigennem er særligt følsomme overfor det omgivende miljø.

Ser man på de forskellige typer af søer, der er omtalt ovenfor vil man kunne finde bestemte arter af planteplankton, der kun forekommer i bestemte af disse, f.ex. i sure, brunvandede søer (gulalge-arter m.fl.) eller i små, stærkt gødede vandsamlinger (arter af grønne flagellater, spec. Euglena-arter). Men udover at der findes disse »karakterarter« er der en tydelig sammenhæng mellem forekomsten af hele grupper af planktonalger og de forskellige typer af ferskvand, specielt forsåvidt angår indholdet af plantenæringsstoffer. Man kan således opstille følgende:

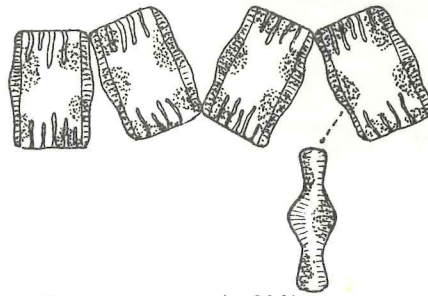


Staurostrum brachiatum (x 700)

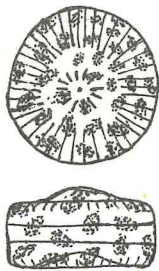
algegruppe	typiske repræsentant(er) (slægter):	tyder på at vandet er:
Gulalger	Dinobryon	næringsfattigt
Desmidiaceer	Staurastrum	do.do.
Furealger	Ceratium	naturligt næringsrigt
Kiselalger	Asterionella	do.do.
	Melosira	eutrofieret
Grønalger (Chloro coccaler)	Scenedesmus	naturligt næringsrigt eller eutrofieret
Blågrønalger	Microcystis	eutrofieret
Grønne flagellater (Eugleniner)	Euglena	stærkt eutrofieret, små vandsamlinger.



Dinobryon divergeus (x 350)



Tabellaria flocculosa (x 600)



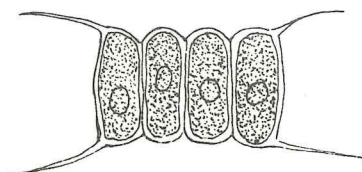
Cyclotella stelligera (x 1500)



Anabaena spiroides (x 100)



Melosira ambigua (x 1000)



Scenedesmus quadricauca (x 500)



Phacus acuminata (x 750)

Vigtige for bedømmelsen af, om der er tale om en kulturbetinget eutrofiering af større søer er altså forekomsten (om foråret) af centriske kiselalger i stort tal — evt. så vandet bliver helt gulbrunt, (om sommeren) af grønalger og (sensommer og efterår) af blågrønalger (specielt slægterne *Microcystis* og *Anabaena*). Sidstnævnte kan blive overordentligt talrige og danne tykke, malingagtige lag af såkaldt vandblomst på overfladen. Dette skyldes, at blågrønalgerne under deres vækst udvikler små rum med luft i cellerne, der får dem til at stige til overfladen. I meget små vand-samlinger, der forurenes stærkt, kan der både på bunden, som overfladehinde og planktisk komme en masseudvik-

Til det videre arbejde med mikroskopisk bestemmelse af planktonalger kan henvises til en af de bedste (og bedst illustrerede) bøger, der findes om emnet, nemlig Gunnar Nygård's »Dansk Planteplankton» fra 1945. Den kan ikke længere købes, men mange biblioteker og skoler har den.

Forureningen i vandløb beskrevet ved Saprobiesystemet

Både udløbet og recipientens (modtagerens) fysiske og kemiske forhold kan svinge stærkt fra dag til dag, endog fra time til time. Kemiske analyser og fysiske målinger kan af den grund give et ret misvisende indtryk af forureningsgraden. Derimod skal vandløbets planter og dyr døje alle de forureninger, de bliver udsat for. Sammensætningen af flora og fauna giver derfor et godt indtryk af forureningsgraden, og danner grundlaget for et system, hvormed man måler forureningen: Saprobiesystemet (af græsk *sapros* = rådden). Der skelnes mellem 4 forureningsgrader:

Forureningsgrad 4 (polysaprob): overredentlig stærk forurening
 Forureningsgrad 3 (alfa-mesosaprob): ret stærk forurenet
 Forureningsgrad 2 (beta-mesosaprob): ret svagt forurenet
 Forureningsgrad 1 (oligosaprob): ingen forurening.

Vandløbslovens § 71 siger, at spildevandsudledning kun må ske til vandløb, såfremt den ikke skader vandløbets naturlige tilstand. Hvis denne paragraf og ingeniørforeningens normer skal overholdes, må forureningsgraderne 3 og 4 ikke forekomme.

Ved inddelingen af vandløb efter Saprobiesystemet tages der hensyn til såvel bakterier, svampe, alger, encellede dyr (protozoer) som større dyr: insektlarver, insekter, orme, krebsdyr, snegle osv.

Man opdeler dyrene i følgende grupper:

- 1) Rentvandsorganismer: dyr der som regel kun forekommer i meget svagt forurenet vand.
- 2) Forureningsdominanter: kan leve i både rent og forurenet vand, men dominerer i forurenet vand.

3) Indifferent former: optræder både i rent og forurenet vand og er som regel uafgængig af iltindholdet i vandet.

4) Forureningsindikatorer: forekommer næsten udelukkende i forurenet vand.

Saprobiesystemets begrænsninger:

Det er værd at bemærke, at inddelingen af vandløbenes forurening efter Saprobiesystemet kun gælder, når vandløbene overvejende forurenes med organiske (iltforbrugende) stoffer. Gifte fra industri og landbrug kan have en helt anden virkning på et vandløbs plante- og dyreliv da organismernes følsomhed overfor gifte ofte er forskellig fra de krav, de stiller til iltindholdet i vandet. Her i landet vil der i de fleste tilfælde være tale om forurening med organisk stof, og Saprobiesystemet vil kunne anvendes.

Forureningsgrad 4 (polysaprob)

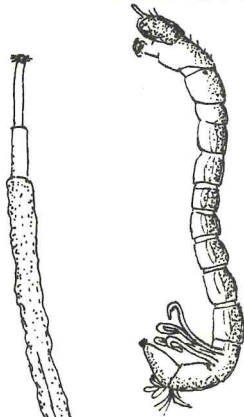
Denne zone er karakteriseret ved sit meget høje indhold af organisk (iltforbrugende stof, og som følge heraf er iltindholdet i vandet meget lavt. Iltindholdet kan gå ned til nul, hvilket giver en forgæring, der danner svovlbrinte (H_2S) og methan (CH_4).

Af større dyr dominerer børsteormen *Tubifex* og dansemyggelarven *Chironomus* (forureningsdominanter), der

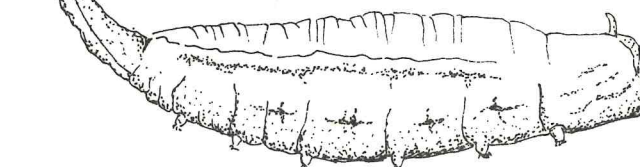
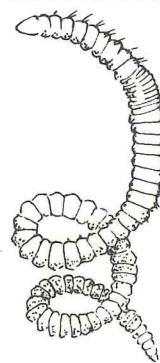
Karakteristisk for det stærkt forurenede vand er, at der kun kan leve meget få arter i det, men at disse til gengæld opnår en masseforekomst som f. ex. *Tubifex* og *Chironomus*, der helt kan dække bunden. Alt dette med den forudsætning at vandet ikke er så stærkt forurenet, at der overhovedet kan leve dyr i det (det mest forureningsstålende dyr, *Tubifex*, kræver mindst 1/2% ilt i vandet for at kunne overleve).

De mikroorganismer der er samfundsdannere i det stærkest forurenede vand er skedebakterier, svovlbakterier, blågrønalger, encellede, grønne alger, mikroskopiske svampe og infusionsdyr. Alle disse organismer tåler total iltmangel og fordrer en høj koncentration af organisk stof. Samfundene er ofte synlige med det blotte øje i form af belægninger eller låd. I den højeste koncentration af organisk stof forekommer svovlbakterierne, som dels danner hvide (*Beggiatoa* m.fl.) og røde (*Lamprocystis* m.fl.) slam og døde plantedele nede i vandet (på bunden), dels kan farve vandet hvidt eller lyserødt, hvor der tillede spildevand til en mindre stillestående vandmasse. I vandkanten har belægningerne gerne en anden farve, de er her i en eller flere nuancer af

Chironomus thummi (x 5)



Tubifex tubifex (x 5)



Eristalis sp. (x 5)

begge lever af bakterier. Grunden til, at de kan klare problemet med at skaffe sig ilt, er at de modsat de fleste andre hvirvelløse dyr har hæmoglobin i blodet (hæmoglobin er et rødt blodfarvestof, der binder ilt særlig stærkt).

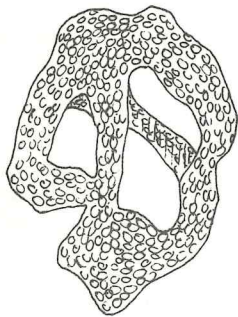
Af forureningsindikatorer kan nævnes »rottehalerne» (larver af svævefluen *Eristalis*), glansmyggelarven *Ptychop-tera* og sommerfuglelarven *Psychoda*.

grønt og skyldes dels trådformede grønalger (spec. arter af slægten *Oscillatoria*, Krybetråd), dels encellede, grønne flagellater, eugleniner (spec. bekendt er *Euglena viridis*). Blågrønalgerne kan også danne tæpper over slammet på dybere vand, og man ser tit stumper af disse »tæpper» drivende i overfladen revet løs af de bobler, der udvikles ved processerne i slammet.

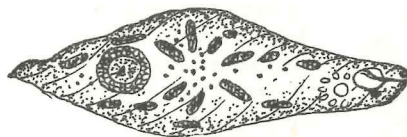
Hvor mineraliseringen er gået lidt videre, og gerne hvor der livlig vandbevægelse, træffes den nok mest bekendte biologiske forureningsindikator, lammehalerne. Den vigtigste komponent er skedebakterien *Sphaerotilus natans*, der danner sine rør ved iltning af organisk

stof. I de ofte adskillige centimeter lange, buskede og slimede belægninger indgår også tit mikroskopiske svampe og stilkede infusionsdyr (*Vorticella*, *Carchesium*). Særligt i vand med lavt pH (surt) kan svampene spille den dominerende rolle (*Fusarium aequeductum*, *Apodya* sp.).

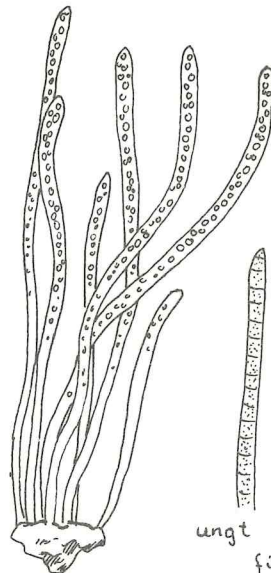
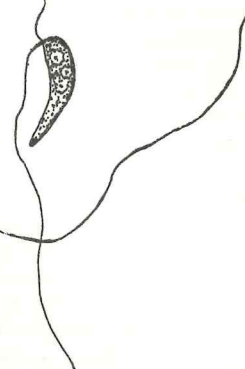
Lamprocystis roseo-persicina (x ?)



Euglena viridis (x 500)

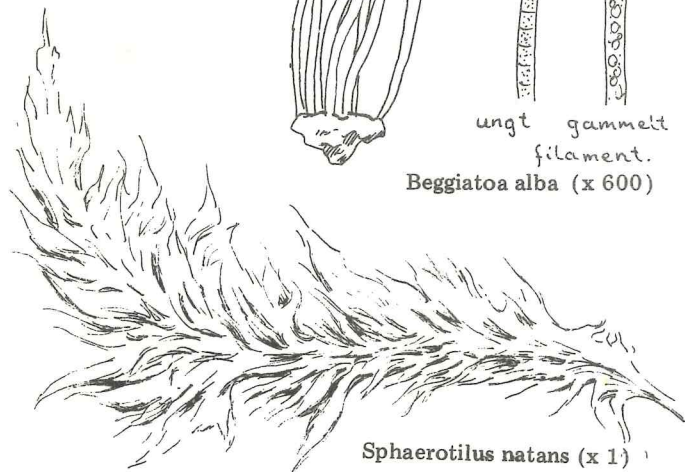


Bodo putrinus (x 1000)



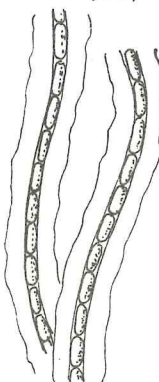
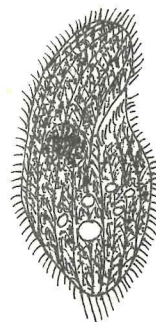
ungt gammelt
filament.
Beggiatoa alba (x 600)

Vorticella campanula (x 200)



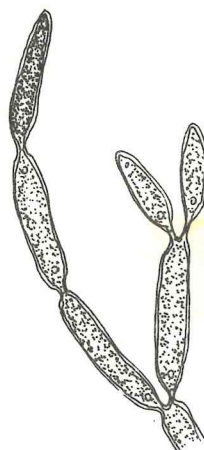
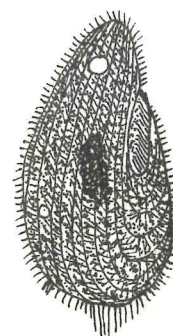
Sphaerotilus natans (x 1)

Paramecium putrium (x 200)



Sphaerotilus natans (x 550)

Colpodium colpoda (x 200)



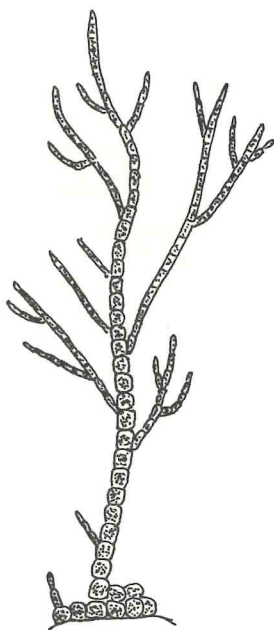
Leptomitia lacteus = *Apodya lactea* (x 330)

Forureningsgrad 3 (alfa-mesosaprob)

Indholdet af organiske stoffer og dermed iltforbruget er stadig højt i denne zone. Iltindholdet kan derfor, især om natten hvor vandplanterne ikke procucerer ilt, falde til meget lave værdier. De organismer, der lever her, må derfor kunne tåle de ret lave iltspændinger, der forekommer. Af de højere dyr er det stadig Tubifex og Chironomus, der dominerer. (Derimod er forureningsindikatorerne forsvundet). Men der forekommer også en del andre arter: hundegiglen (Herpobdella), vandbænkebideren (Asellus) bønnemuslingen (Sphaerium) og våbenfluelarver.

Af fisk er det især den mest forureningsstålende: hundestejlen, der forekommer i denne zone.

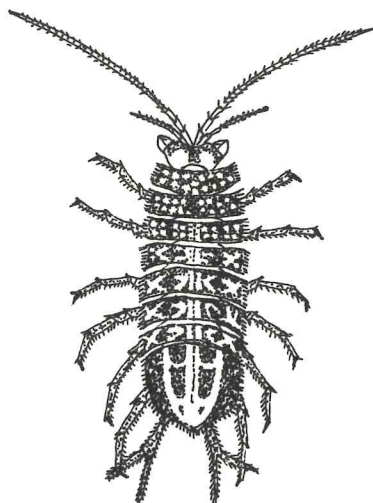
I mikrofloraen spiller fotosyntetiske organismer nu den dominerende rolle: blågrønner, kiselalger og trådformede grønner. Bunden er dækket af et grønligt tæppe af trådformede blågrønner (Phormidium, Oscillatoria), på sten og andre faste genstande i vandet er der gulbrune slimede belægninger af kiselalger (særligt talrige er arterne *Nitzschia palea*, *Gomphonema parvulum* og *Hantzschia amphioxys*) og låd af trådformede grønner (grenet: *Stigeoclonium tenue*, ugrenet: *Ulothrix zonata*).



Stigeoclonium tenue (x 200)

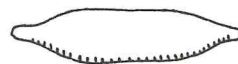


Erpobdella octoculata (x 5)



Asellus aquaticus (x 5)

Nitzschia palea (x 500)



Hantzschia amphioxys (x 250)



Ulothrix zonata (x 250)



Phormidium foveolarum (x 500)



Oscillatoria sp. (x 500)

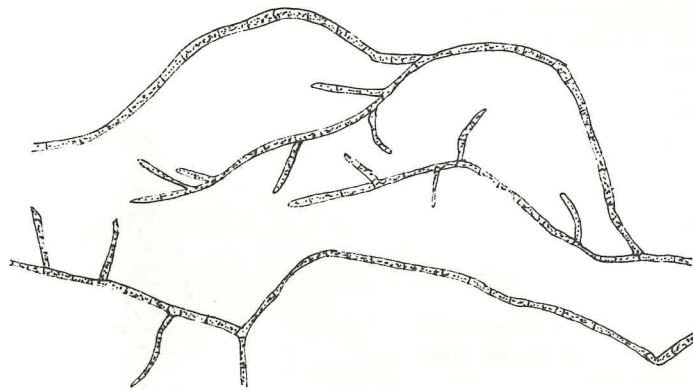
12 Forureningsgrad 2 (beta-mesosaprob)

Iltforbruget i denne zone er ret lavt, og iltindholdet i vandet er derfor ret højt.

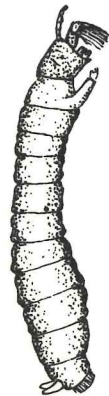
I denne zone lever en række dyre- og plantearter, de højere planter danner en »grøde« der fylder vandløbet, og giver livsmuligheder for en række dyrearter, der er knyttet til vegetationen. Forureningsdomanterne forekommer kun i ringe mængde, og blandt de manvårfluelarven *Hydropsyche* og kvæggymgelarven *Simulium*, der især er karakteristiske for forureningsgrad 2 (disse dyr lever af de organiske stoffer og bakterier i vandet).

Af andre karakteristiske dyr kan nævnes ferskvandstangloppen *Gammarus pulex* og nogle døgnfluelarverarter (f.ex. *Baetis*) og vårflyelarverarter.

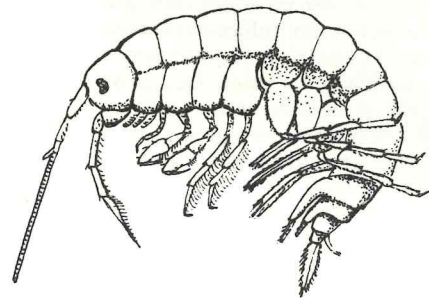
I denne zone lever en række fisk som ål, skalle, gedde m.m. Ørreder kan normalt også klare sig i denne zone. Mineraliseringer er ved at være fuldbyr-det og trådformede grønne alger og blomsterplanter dominerer vegetationen. Der er ofte tale om, at man har de samme arter som ovenfor tilledningen, men at de enkelte individer her er væsentligt større som følge af gødningen med mineraliseret spildevand. Hvor der er sten og andet fast materiale i bunden vil grønalgens vandhår (*Cladophora glomerata*) meget ofte være dominerende. I det uforurenede vandløb er de enkelte planter 5-10 cm lange mens de nu bliver op til omkring en meter. *Cladophora*-trådene er grove, faste og grenede, og den enkelte tråd kan nemt skelnes med det blotte øje. Der findes også andre slægter af trådformede grøn-alger i forureningsgrad 1-2, men med væsentligt finere tråde (*Oedogonium*, *Spirogyra*, *Vaucheria* (gulgrøn-alger)). Diatomeer forekommer også talrigt i dette vand, men andre arter og flere forskellige end i grad 3-4. Endelig blomsterplanterne, her vil man i kraftigt gødet vand, f.eks. lige ved udløbet fra et biologisk renseanlæg oftest have Børsteblandet vandaks (*Potamogeton pectinatus*) som dominerende, hvis bunden er af sand. Vandpest vil også ofte forekomme i stor mængde på sådanne steder.



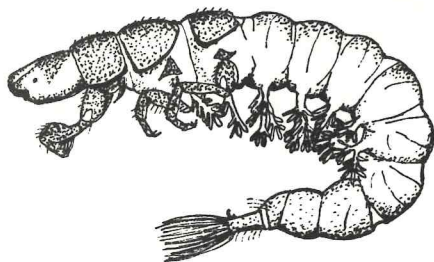
Cladophora fracta (x 12)



Simulium sp. (x 7)



Gammarus pulex (x 5)



Hydropsyche instabilis (x 5)

Forureningsgrad 1 (oligosaprob)

I denne zone er indholdet af organiske stoffer og dermed iltforbruget næsten lig nul. Iltindholdet er højt og vandet er klart. Der forekommer en lang række rentvandskrævende dyrearter i denne zone bl.a. døgnfluelarver, slørvingelarver og vårflyelarver.

Man er her ovenfor tilledninger eller så langt nedenfor, at virkningerne af tilledninger er stort set forsvundet. Afgrænsningen fra grad 2 er vanskelig, men nogle alger forekommer så at sige kun i således uforurenede vand. Mest karakteristisk er nok ferskvandsrødalgerne, af hvilke der her i landet findes tre slægter: Paddeleg (*Batrachospermum*), Stråmtråd (*Lemanea*) og Rødkorpe (*Hildenbrandia*). Første og sidste er rødbrune, strømtråd er grågrøn. Disse alger er dog ikke synderligt almindelige og især knyttede til stærkt strømmede vand, så en bedømmelse af forureningsgrad kan lettere baseres på udseendet af vandhår og på sandbunden på rigeligheden af forskellige blomsterplanter: flere arter vandaks, tusindblad, vandranunkel, vandstjerne m.fl.

Der er meget få af de danske vandløb, der er så upåvirkede af forurening, at de kan karakteriseres som oligosaprobe.

Udførelse af forureningsundersøgelser

Fysisk-kemiske metoder til bestemmelse af vands forurenings-tilstand

Indledning

I det følgende gives en kort oversigt over, hvilke fysisk-kemiske parametre, der i almindelighed har interesse ved undersøgelsen af et vandområdes forureningsmæssige tilstand. For de vigtigste beskrives principperne i de nutildags anvendte bestemmelsesmetoder.

I afsnittet om Saprobiesystemet gjordes opmærksom på det forhold, at fysisk-kemiske målinger i spildevands-recipienter kan være vanskelige at tolke som udtryk for vandsamfundets økologiske tilstand. Ved recipientundersøgelser vil fysisk-kemiske data derfor ofte blot fungere som supplement til de biologiske — måske med undtagelse af iltindholdet, der, som det fremgår af det ovenstående, spiller en altafgørende rolle. Stor betydning har derimod

de fysisk-kemiske metoder ved undersøgelse af spildevand, inden det afledes til recipienten, og især før, under og efter passagen af et eventuelt rensningsanlæg, idet dettes vandrensende evne herved kan kontrolleres.

I forbindelse med fysisk-kemisk undersøgelse af vand spiller prøveudtagningsteknikken en rolle; det færdige analyseresultat skal give et repræsentativt billede af de faktiske forhold, og derfor må der indsamles kontinuert over en længere periode.

Hensigtsmæssig opbevaring og hurtigt analysearbejde er også af betydning.

De enkelte fysisk-kemiske parametre

Temperaturen har især betydning for vandets evne til at opløse ilt og for organismernes livsfunktioner (fx. den hastighed, hvormed fotosyntesen foregår). Termometre med 0,1-grads-inddelinger er almindeligvis udmærkede til måling af vandtemperaturen; særlige termometre, der kan nedsænkes til større vanddybder, registrere temperaturen dør og fastholde den under ophejsningen til overfladen, findes også på markedet.

Strømningshastigheden, der bruges ved beregning af den pr. tidsenhed passerende vandmængde i et vandløb, er vanskelig at måle et skøn over den kan fås ved at betragte bevægelsen af flydende legemer (overfladehastigheden) eller en mængde farvestof (f.eks. KMnO_4), anbragt på bunden (bundhastighed), og en nøjagtigere værdi ved en passende propel-anordning.

Transparensen (klarheden) måles mest præcist ved en fotocelle, der registrerer, hvor meget lys, der slipper igennem et vandlag af en given tykkelse; men almindeligvis anvendes blot en hvid, cirkelrund skive (Secchi-skive) med et tværmål på ca. 25 cm, idet man måler, hvor langt ned skiven endnu er synlig.

pH-værdien af vandet er en meget vigtig størrelse, der er et udtryk for hydrogenionaktiviteten eller surhedsgraden i vandet; den er afgørende for mængdeforholdene mellem bestanddelene i forskellige kemiske systemer, fx. kulsyre-systemet $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{--}$

og ammoniumion-ammoniak-systemet $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$, og dermed afgørende for eksistensmulighederne for organismer i vandet. Påvirkes omvendt de nævnte ligevægtsystemer, ændres pH, og en registrering heraf kan da give oplysning om påvirkningens art og omfang. Vi vil se på, hvad der kan influere på naturlige vandes surhedsgrad:

(1) opløste stoffer fra luften ($\text{SO}_2, \text{SO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{CO}_2, \text{NO}_2, \text{H}_2\text{S}, \text{NH}_3$)

(2) tilledt syre eller base (eller syre/base-udviklende substans fra industri eller landbrug, fx. møddingvand og ajle (NH_3 -holdige))

(3) syre-base-reaktioner i vandet selv fx. kan der ved fotosyntesen under passende betingelser frigøres ioner som CO_3^{--} , hvorved vandet kan blive ret basisk.

Måling af pH kan i reglen ske tilfredsstillende ved anvendelse af flydende uviversalindikator, hvorved pH kan bestemmes inden for 1 enhed eller bedre. Elektrometriske målinger giver en større nøjagtighed end indikatormetoden, og apparaturet findes både som laboratorie- og feltudstyr.

Organisk stof. Den store betydning af spildevands indhold af organisk stof for ilt-situationen i recipienten bevirker, at man lægger stor vægt på undersøgelse af dette indhold. Undersøgelsen kan foregå på følgende forskellige måder:

1) **Mekanisk bestemmelse.** Herunder hører frivillig bundfældning (spidsglasprøven), filtrering og tørring og evt. glødning; det sidste kan give et ganske godt billede af indholdet af org. stof, men også visse andre stoffer kan bortgå ved glødning (NH_4^+ -salte).

2) **Biologisk bestemmelse.** Princippet

i bestemmelsen BOD (Biological Oxygen Demand) eller BI5 er, at man efter nøje fastlagte forskrifter tilblender den forelagte vandprøve iltigt vand og poder evt. en passende bakteriekultur på blandingen, som derpå henstår under veldefinerede omstændigheder, i reglen i 5 døgn. Ved bestemmelse af iltindholdet før og efter henstandsperioden fås det 5-døgns-biokemiske iltforbrug, der viser sig at være et godt udtryk for det indeholdte organiske stofs iltkrævende egenskaber. Det, der sker i de 5 døgn, er, at bakterierne mineraliserer det organiske stof, dvs. nedbryder det til uorganiske salte under anvendelse af ilt. Den praktiske udførelse af metoden frembyder en del vanskeligheder, bl.a. fordi der må tages fornødent hensyn til de livsbetingelser, man byder de anvendte mikroorganismer; desuden viser det sig vanskeligt at opnå indbyrdes sammenlignelige resultater.

3) **Kemisk bestemmelse.** I lang tid har man bestemt vands iltforbrug ved kaliumpermanganat-metoden. Princippet er, at det indeholdte organiske stof ilttes direkte ad kemisk vej med KMnO_4 der som reagens har den for del, at når det har iltet, forsvinder dets intensive røde farve, så reaktionens afslutning markeres tydeligt. KMnO_4 -metoden er særdeles velegnet til at give et skøn over indholdet af org. stof i en vandprøve, men har forskellige ulemper (utilstrækkelig iltning af det org. stof, iltning af uvedkommende stoffer som Cl^- , NO_2 , Fe^{++} m.fl.), som kan afhjælpes delvis ved indførelse af modifikationer af grundmetoden.

Imidlertid anvendes i stigende grad den såkaldte COD-metode (Chemical Oxygen Demand), der er nøjagtigere end KMnO_4 -undersøgelsen. Princippet er stadig kemisk oxidation af det organiske stof, men her anvendes kaliumdichromat i svovlsyre med sølvsulfat som katalysator, der koges længe, og der tilsættes mercurisulfat, som kan complexbinde chlorid, så denne fejlkilde elimineres.

KMnO_4 -metoden har anvendelse ved overslagsarbejde i feltet, og bruges, når man skal skønne over, hvor meget iltigt vand, der skal tilblendes ved bestemmelsen af det biokemiske iltforbrug.

Iltindhold

Bestemmelse af indholdet af opløst oxygen i vand er også relevant og bruges som nævnt ved BOD-undersøgelsen. I reglen anvendes den såkaldte Wink-

ler-metode, der fremsattes allerede i 1888 og er et pragtstykke i kemisk henseende. Fremgangsmåden er den, at man allerede ved prøvetagningen tilsætter til sin vandprøve flg. to reagenser:

(a) et manganosalt, fx. $MnCl_2$, opløst i H_2O

(b) en »alkalisk iodoopløsning«, d.v.s. fx. $NaOH + NaI + H_2O$.

Herved udfældes et bundfald af manganhydroxid: $Mn^{++} + 2OH^- \rightarrow Mn(OH)_2$. Er der nu oxygen til stede, vil det ilte bundfaldet til mere eller mindre veldefinerede forbindelser af Mn i iltningstrinnet +3 (evt. +4) og bliver

hvidt eller brunligt.

Alerede på den brune farve kan der skønnes over iltindholdet. Ved tilbage-

komsten til laboratoriet tilsættes syre, fx. H_2SO_4 eller stærk phosphorsyre, H_3PO_4 ; herved går det basiske bund-

fald i opløsning, og der frigøres Mn^{++} ioner, der straks oxiderer I^- til frit iod (dette kan den opløste I^- ikke direkte):

$2Mn^{++} + 2I^- \rightarrow 2Mn^{+++} + I_2$

Den herefter tilstedeværende mængde iod svarer til den oprindelige mængde ilt; iodet kan bestemmes ved titrering

med thiosulfat, der oxideres til tetrathionat:

$I_2 + 2S_2O_3^{--} \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{--}$

Ved titrering forstås en kvantitativ bestemmelse, hvorved det stof, der skal bestemmes, reagerer fuldstændigt med en nøje målt mængde »modreagens«

med veldefineret concentration. I det foregående tilfælde markeres reaktionens endepunkt tydeligt, hvis man til reaktionsblandingen sætter stivelse, der danner en stærkt farvet forbindelse med frit iod, men ikke med iodidioner.

Ved simple beregninger kan herefter det oprindelige iltindhold bestemmes.

Metoden er i reglen ikke anvendelig i den her beskrevne grundform. Allerede Winkler selv angav modifikationer til metoden; og i dag må adskillige krumspring tages i brug for at undgå interferens fra uønskede sidereaktioner, fx. kan det opløste ilt ved tilstedeværelse af NO_2 godt ilte I^- til frit iod.

Det skal sluttelig nævnes, at man i nyere tid har arbejdet med apparater, der elektrisk måler iltspændingen og dermed iltconcentrationen i vandet — og som har den fordel, at man kan sende en sonde ned gennem en sø, der har

en bestemt temperaturprofil og få en hertil svarende iltprofil.

Næringssaltindhold.

Nitrogen (kvælstof)-bestemmelse. Bestemmelse af kvælstof i dets tre vigtigste iltningstrin, repræsenteret ved NH_3

(+3), NO_2^- (+4), NO_3^- (+5), kan ske på et

udtal af måder.

Den klassiske metode til bestemmelse af totalkvælstof er Kjeldahlmetoden, der består i en destruktion af evt. N-holdigt org. stof med conc. svovlsyre og derpå følgende uddrivning af NH_3 med stærk base (»Kjeldahl-lud«) og opsamling af NH_3 i overskud af HCl , der tilbagetitreres med passende base. Mest benyttet er nu colorimetriske metoder, dvs. metoder, hvor det stof, der analyseres for, bringes til at reagere på en eller anden måde under dannelse af en stærkt farvet forbindelse, hvis lysabsorberende virkning derpå måles i et såkaldt spektrofotometer. Lysabsorptions størrelser er et udtryk for concentration af farvestoffet.

Phosphorbestemmelser. Phosphor optræder på flere forskellige former i vandigt miljø: orthophosphater ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{--} , PO_4^{---}), polyphosphater (almen formel $(HPO_3)_n + H_2O$) og som P i organiske forbindelser. Ved bestemmelse af P kan det derfor være nødvendigt at foretage en forbehandling, hvorved polyphosphater optager vand (ved kogning hermed) og organisk phosphor frigøres, og begge ender som orthophosphat. Sidstnævnte kan bekvemt bestemmes colorimetrisk, idet man med ammoniummolybdat får dannet et gult bundfald af ammoniummolybdatphosphat:

$24H^+ + PO_4^{--} + 12MoO_4^{--} + 3NH_4^+ \rightarrow (NH_4)_3P(Mo_{12}O_{40}) + 12H_2O$

Dette stof reduceres meget let til det intensivt blå farvede molybdænbåt, der består af complicerede molybdænoxider som Mo_9O_{26} og Mo_8O_{23} . Farveintensiteten måles som tidligere nævnt.

Bestemmelse af metaller og andre gifte er i reglen vanskelig, især fordi de mængder, der er biologisk farlige, godt i kemisk henseende kan være meget små. Normalt må moderne mikroanalytiske metoder tages i brug, og det vil føre for vidt at komme ind på disse her.

Alm. lokalitetsbeskrivelse og biologisk forureningsbedømmelse. Ved praktisk udførelse af recipientbedømmelse kan man gå frem efter de her anførte punkter, som omfatter almindelig beskrivelse af, hvad man direkte kan se, biologisk og vandkemisk prøvetagning og oversigt over de vigtigste kemiske vandanalyser.

I. Den almindelige beskrivelse bør indeholde følgende:

1. Kort (over søen, åen eller hvilket vandområde man nu undersøger) med angivelse af, hvor man har taget prøver o.l.

2. Angivelse af besigtigelsestidspunkter og vejrforholdene på disse.

3. Topografisk beskrivelse: vandområdets dimensioner såsom bredde (vandløb), dybde og overfladeareal. Foreligger disse oplysninger ikke, kan man evt.

regne sig til den fra kort eller luftfotos.

4. Vandbevægelsen må man skønne sig til, hvis man ikke har det særlige probel-instrument, der bruges til at måle den. I vandløb plejer man at skelne mellem frisk, god, jævn og ringe strøm eller helt stillestående strøm. Særlig ved større søers bredder bør man også bemærke vandbevægelsen.

5. Bundens beskaffenhed er meget afhængig af strømmen. Den kan bestå af sten, grus, sand eller ler, — særligt bør man bemærke, om der er aflejringer af sort eller gråt slam ved bredderne eller over hele bunden.

6. Vandets udseende, lugt og temperatur. Man bemærker om vandet er klart eller grumset, evt. mælket eller om det har en særlig farve (evt. grønt af planktonalger). Endvidere om der er overfladehinde, eller om vandet skummer. I søer måles gennemsigtheden ved nedsænkning af en tallerkenstor hvid skive, idet man noterer, når den lige netop ikke kan ses længere. Oftest er vandet heldigvis uden lugt, men det har stor betydning at bemærke, hvis der er en kloakagtig, svovlbrinteagtig, kemikalieagtig eller på anden vis karakteristisk lugt ved det. Temperaturen har særlig interesse i vandløb — den måles i vandoverfladen helst midt i vandløbet og i kort afstand ovenfor og nedenfor en spildevandstilledning. 7. Udlob vil tit være lette at konstatere og markeres på oversigtskortet. Man gør notater om arten af det udledte spildevand: husspildevand, møddingvand, industrispildevand, damdrugsafløb eller andet.

II. Biologisk forureningsbedømmelse bygger dels på direkte iagttagelser dels på prøvetagning med efterfølgende nøjere undersøgelse. Som nævnt under afsnittet om forurenings biologiske virkninger er det organismesamfundene og ikke forekomsten af enkelte individer, man baserer bedømmelsen på. Det er derfor meget vigtigt på stedet at gøre notater om plantevækst (herunder alger og andre mikroorganismer) og eventuelle direkte synlige dyresamfund (Tubificiderne danner f.ex. tit røde puder på slambunden synlige med det blotte øje).

8. Mikroflora som påvækst på sten og plantedele eller overtræk på slam. Man noterer først, om der er synlige grå, brune, hvide, røde eller grønne belægninger (se afsn. IV og skemaet efter dette afsn.). Derefter kan der tages prøver af påvæksten til mikroskopering fra følgende voksesteder:

a) bundens slam (hvis der er et »tæppe« over slammet tages en bid med stor forsigtighed). Man tager også lidt slam fra bredderne, som ofte vil have en anden flora.

b) grene eller andet træværk i vandet.

c) større vand- eller sumpplanter stængler og blade.

d) sten.

e) hvad der flyder på vandoverfladen.

Det bedste er at tage et stykke materiale med en repræsentativ bevoksning, kan dette ikke lade sig gøre skraber man lidt af. Prøverne kommer i aflange glas, for de størres vedkommende kan man bruge en oppustet plasticpose. Man kommer kun lidt vand ved — både i glas og poser. Skønnes det nødvendigt, kan nogle prøver konserveres med formalin (til slutkoncentration på 4%) — om muligt skal man dog altid prøve at få levende materiale til mikroskopering.

9. Mikroflora frit svævende i vandet, plankton. Til indsamling bruges et særligt finmasket net (se figuren) såkaldt møllergaze, som imidlertid ikke formår at tilbageholde de mindste organismer. Vil man have disse at se, må man tage en vandprøve og derpå nedcentrifugere indholdet af fast materiale i den. Det udsnit af planktonet man får med nettet er dog tilstrækkeligt til at man ud fra det kan sige en del om søen, man har taget det fra.

Den mest repræsentative prøve får man ved at kaste nettet ud over et af søens dybere steder og trække det langsomt vandret gennem vandet ca. 1/2 m under overfladen. Man trækker indtil vandet i glasset for enden af nettet er svagt farvet af alger. Prøven proppes derefter til og opbevares helst køligt, indtil man kan mikroskopere — det er bedst, at der ikke går for lang tid, inden det sker. Om nødvendigt kan man konservere prøver med enten jod-jodkaliumopløsning eller formalin. I større søer bør man tage flere prøver, f.ex. ved til- og afløb. Der findes iøvrigt langt mere kompliceret plankton-teknik end den anførte, men herom henvises til special-litteratur. Har man ikke mulighed for at komme ud på søen for at tage plankton, kan man kaste nettet fra bredden, men der er så mulighed for opblanding i prøven med bundlevende, mikroskopiske alger.

10. Vegetation af sump- og vandplanter. De større vandplanter på bunden har som allerede nævnt stor betydning for bedømmelse af sø-miljøet, idet de forsvinder ved tilstrækkelig stærk forurening af vandet, noget sådant er iøvrigt også tilfældet i rindende vand. Vandplantevegetationen undersøges bedst ved skrab eller med kasteanker fra en båd. Man kan desuden se hvad der gror ved bredderne og endelig hvad der findes ilanddrevet. Særlig interesse har det at konstatere dybdegrænsen for de forskellige arter.

Også sumpplanterne siger noget om det vand, de gror i, idet frodigheden af rørsumpen øges ved gødning med spildevand. Man noterer skuddenes tæthed (antal pr. m²) højde og jordstængellagets tykkelse. Endvidere skal man bemærke artssammensætningen, om Tagrør helt dominerer eller om også dunhammer, Sø-Kogleaks o.a. arter spiller en rolle.

11. Faunaen af større (makroskopiske) hvirvelløse dyr er den hyppigst anvend-

te biologiske indikator for forurening i rindende vand. Dyrenes forskellige tilholdssteder svarer nogenlunde til det, der blev nævnt under påvækst: mellem vandplanter, på sten og andet fast underlag og nedgravede i bunden. I søerne er der også dyrisk plankton og endvidere findes der i vandet en række mikroskopiske (især encellede) dyr, men disse grupper har — i hvert fald herhjemme — ikke i større stil været anvendt i forureningsbedømmelsen.

Dyrene i vegetation tages bedst med et net, der minder om plankton-nettet, men har grovere masker og en rist foroven, der forhindrer for mange blade, pinde o.a. i at komme ned i glasset for enden. Nettet føres gennem vegetationen idet man samtidig ryster det let og man bliver ved med dette, til man har tilstrækkeligt med dyr i glasset. Til bunddyr bruger man en såkaldt stangketcher, dvs. en solid køkkensi monteret på stang. Man tager en bundprøve op i ketcheren og skyller sand og slam fra. Endelig er der dyr på fast underlag, her må man ud i vandet og pille dyrene af eller også hente sten op — særligt undersiden af stenene har i rindende vand et rigt dyreliv. Skal nogle dyr konserveres, er det bedst at komme dem enkeltvis i 79% alkohol og evt. herfra i formalin.

Praktisk bedømmelse af forurening i rindende vand — huskeliste til brug på »stedet».

1. Vandløbets udseende, fysisk(-kemisk) bedømmelse.

Gør notater om:

12. Hvirveldyr: fisk, padder, fugle og pattedyr. Fisk har en væsentlig betydning ved bedømmelse af vandforurening, og mange forureningsager starter netop p.g.a. fiskeriinteresser evt. en større fiskedødelighed. Oplysninger om fiskefauna og evt. ændringer i denne får man bedst ved at tale med lokale erhvervs- eller lystfiskere.

De fleste padder lever i små vand-samlinger, som giver meget beskeden fortynding af forureninger i forhold til de større søer. Specielt skulle den stærkt øgede pesticid-anvendelse have medført, at mange af paddernes levesteder er blevet forgiftede, med kraftig tilbagegang for dyrene til følge. Registrering af paddernes forekomst har således også betydning i bedømmelsen af vandmiljøerne.

Endelig fugle og pattedyr (Odder, Vandrotte — især bestemte fuglegrupper er bekendt for at være følsomme overfor forurening, det drejer sig om Lappedykkere, nogle andearter og Hættemåger. Ændringer i fuglelivet kan også være tegn på vandforurening, og man kan her dels tale med lokalkendte (naturinteresserede, jægere) og dels selv gøre sine observationer.

Vandføring og dybde, bredde og strømhastighed, vandets gennemsigtighed og farve, skumdannelse, lugt (fad, ubehagelig, ingen). Bunds og bredders beskaffenhed (slamaflejring o.l.), temperatur (især om vandet føles varmere end ventet). Hvis apparater haves måles pH og ledningsevne, og der tages vandprøver til kemisk analyse (ilt, kvælstof m.m.)

BEDØMMELSESSKEMA (det såkaldte saprobie-system):

organismer	forureningsgrad					
	total	meget stærk	stærk	stærkere	svag	ingen
	4 ₃	4 ₂	4 ₁	3	2	1
fisk					XXXXXXXXXX	
tanglopper, tæger, biller, snegle, m.m.					XXXXXXXXXX	
vandbænkebidere, hundeigle				XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
dansemyggelarver			XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	X	X	
tubificider		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	X	X	X	X
højere vandplanter (vandaks, tusindblad)					XXXXXXXXXX	
vandhår					XXXXXXXXXXXX	
mikr. alger, kisel- og grønalger				XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
lammehaler, grønligt tæppe af blågrøn-alger			XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			
hvide og røde belægnings-ger af svovlbakt., grønne belægnings-ger af alger (Euglena m.m.)	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX					

Gør notater om:

Slimebelegninger på sten (grå: bakterier, svampe, encellede dyr, kaldes tilsammen »lammehaler»). Gulbrune: encellede kiselalger. Grønne: trådformede grønalger), belægninger på bundslam, (hvide: svovlbakterier. Mørkt grønlig

eller blålige: blågrønalger), tykkere, grønne og grenede tråde (grønalgens vandhår), planter med stængel og blade (frøplanter), tynde, røde orme, der sidder med den ene ende ned i slammet (børsteorme, tubificider), røde leddede dansemyggelarver, andre tovingelarver, hundeigle, vandbænkebidere, andre små

vanddyr (snegle, muslinger, biller, tæger, tanglopper, fisk).

Der noteres om de nævnte organismer er til stede som dominanter, om de er almindelige, eller om de kun forekommer spredt. Ved hjælp af ovenstående skema kan man få et godt billede af forureningstilstanden.

Love vedr. udnyttelsen af vand

Vandforsyningslov og vandløbslov

Anvendelsen af vand er herhjemme i hovedsagen omfattet af vandforsyningsloven og vandløbsloven. Den første indeholder regler for indvinding af vand til brug som drikkevand m.m. og den anden for afledning af vand, det være sig overfladevand, drænvand, spildevand eller andet. Da man stadig overvejende bruger grundvand til vandindvinding herhjemme, gælder de fleste af vandforsyningslovens bestemmelser dette, mens vandløbsloven gælder for alle naturlige og kunstige former for indvande (åer, søer, kanaler, grøfter m. fl.) og også i nogen grad havet. Vandforsyningsloven indeholder nogle bestemmelser til beskyttelse af grundvandet mod forurening, den direkte anvendelse af vande til recipienter for spildevand gælder dog så at sige altid overfladevandene (vandløb, søer, hav), og vandløbsloven har de vigtigste regulerende bestemmelser for dette. Men også i fiskerilovene (ferskvand og saltvand), i sundhedsvedtægter og i enkelte andre love og vedtægter findes bestemmelser vedrørende beskyttelse af vand mod forurening.

Oversigt over de vigtigste afsnit i vandløbsloven, der omhandler forurening af vandet.

1. Hvad der må og især ikke må udledes.

Det kan måske undre, men vore indvande er efter loven godt beskyttede mod forurening, dens § 5 indeholder strenge bestemmelser for, hvad der ikke må puttes i vandløbene (og det gælder altså også søer m.m.). Der står, at »jord, sten, sand, gødning eller andre faste stoffer, slam, døde dyr eller affald ikke må tilføres vandløbene eller oplægges så nær ved disse, at der kan være fare for, at de skylles ud deri.» Videre hedder det, at faste eller flydende pesticider, ensilage, ajle eller andre vædsker, der kan forurene eller forgifte vandet heller ikke må tilføres.

Herefter følger så bestemmelserne for egentlig spildevandstilledning, hvor spildevand fra byer, større institutioner og industrier o.l. kun må udledes efter vandløbsrettens godkendelse, mens

dette ikke kræves for udledning fra enkelte eller nogle få sammenliggende huse eller landbrug.

§ 5 slutter med en definition af, hvad der skal forstås ved spildevand, idet dette er »alt afløb, som ikke er almindeligt overfladevand eller vand fra almindelige drænings-, udgrøftnings- eller vandingsanlæg eller fra kilder og grundvandsboringer». Man tager kort sagt grupperne af vand fra, som med god sikkerhed kan anses for at være rent, og resten er så efter loven spildevand.

2. Bestemmelser om spildevandets indvirkning på recipienten.

Man er her henne i den bekendte § 71 omhandlende vandløbenes tilstand. Det hedder heri at »spildevandsanlæg, som har afløb til et åbent vandløb --, skal udføres, vedligeholdes og benyttes således, at afledningen ikke skader vandløbets naturlige tilstand». Tidligere gjaldt dette for alle spildevandsafledninger, men nu er der for de størres vedkommende, som kræver vandløbsrettens godkendelse, indført den ordning, at afledningen skal »overholde vandløbsrettens krav med hensyn til beskyttelse af det vandløb, hvortil afledningen sker (recipienten)».

Begrebet »den naturlige tilstand» har været genstand for en del diskussion, men er bl.a. gennem Danmarks Ingeniørforenings normer fastlagt til at være forureningsgrad 1-2. Dvs. at optræder graderne 3 eller 4, er der sket skade på »den naturlige tilstand» (se afsn. om forureningens biologiske virkninger. Man må formode, at vandløbsretterne stadig vil forlange vandløbene friholdt for graderne 3 og 4 efter den nye lov, men de har nu også mulighed for at forlange forureningsgrad 1 og ikke 2, hvor interesser i vandforsyning eller rekreativ og videnskabelig benyttelse af vandet byder det. For spildevandsafledning til havet gælder, at afledningen ikke må volde »almene ulemper». Der er hermed særligt tænkt på gener for badelivet. Fjorde og afgrænsede havområder, som i mange henseender er ligeså ømfindtlige som søerne, kan Landbrugsministeriet helt forbyde tilledning af utilstrækkeligt rensset spildevand.

3. Hvor skal man henvende sig vedrørende forurening af vand i modstrid med loven?

Overtrædelse af bestemmelser hører under de såkaldte vandløbsretter og »enhver kommunalbestyrelse, der mener sig interesseret, kan rejse sag for vandløbsretten». Dvs. konstaterer man en vandforurening af grad 3 eller 4, kan man gå til kommunalbestyrelsen og forlange sag rejst for vandløbsretterne. Er der særlige fiskerimæssige eller sundhedsmæssige interesser — man kan f. ex. have set mange døde fisk eller mene der er fare for nedsvivning til brønde, kan man indgive anmeldelse til politi, fiskeribetjent, sundhedskommission eller embedslæge.

4. Tilsyn med vandløb og kontrol med forurening af vandområder.

Det løbende tilsyn med forurening i vandløbene er efter en mindre end et år gammel bestemmelse lagt ind under amtsrådene, det vil i praksis sige under amtsvandinspektørerne. De skal udarbejde oversigter over forureningstilstanden i vandløbene i deres område, både med anvendelse af fysisk-kemisk og biologisk bedømmelse. Disse oversigter udarbejdes som kort med kommentarer og skal revideres hvert tredje år. Sker der henvendelse fra naturfredningsmyndigheder el. lign. med ønske om særlig beskyttelse af værdifulde vandområder skal amtsrådet efter de nye regler også tage stilling til dette.

Det vil sige, at amtsvandinspektørerne vil være interesserede i så mange og gode oplysninger om deres vandområders tilstand som muligt. Har man derfor udført en recipientundersøgelse og derved konstateret en forurening ud over det tilladte, vil det ofte være en ide at henvende sig til *amtsvandinspektøren* og tale med vedkommende om mulighederne for at standse denne.

Store Vejleå

Beskrivelse af åens forløb.

Store Vejleå udspringer et sted nord for A 1.

Da NOAH undersøgte åen, var den udtørret flere steder, således at der ingen forbindelse var mellem det stillestående vand på station 1 og station 2. Rigtigt vandførende bliver åen først efter mødet med Dybendalsgrøften ved Roskilde Kro.

Efter passage af A 1 løber åen gennem marker til jernbanedæmningen (station 3), under denne og videre gennem marker. I en del af løbet syd for dæmningen er der nedlagt fliser, efter sigende for at forhindre nedsvivning til drikkevandsledninger.

Åen løber nu ud i Valby mose. Her får den foruden drænen fra mosen tilløb fra Mølleå, Vridsløselille å og Røjlegrøften.

Den løber dernæst et stykke uden tilløb i udkanten af Vallensbæk mose, gennem Tranegilde mose til station 4, hvor den modtager tilløb fra en pumpekanal (dræner Vallensbæk og Tranegilde moser) samt bækrenden.

Bortset fra to skelgrøfter samt udløb fra Litex modtager Store Vejleå ikke flere tilløb inden den når A 2.

Syd for A 2 bugter den nu 5–6 m brede å sig gennem strandenge til Køge Bugt.

Fritidsområde i Københavns Vestegn

Som et forsøg på at gøre Københavns vestegn mere attraktiv, at fremme en byudvikling her, har man planlagt et stort fritidsområde langs Store Vejleå fra Porsemose nord for Tåstrup til åens udløb i Vallensbæk Strand.

Tanken om at skabe tiltrækkende rekreative naturområder i vestegnen stammer fra 1936, og i 1943 fremsattes et lovforslag om tilplantning af en skov på ca. 1000 ha i områderne ved Porsemose. »Fingerplanen» fra 1947 gik også kraftigt ind for etablering af en Vestskov. I marts 1967 blev der endelig taget beslutning om at gennemføre planen. Samme år begyndte tilplantningen. Indtil 1970 var 730 ha erhvervet, heraf er ca. 300 tilplantet.

Planerne for Store-Vejleå-området er udarbejdet af: Fredningsplanudvalget, Egnplanlægningen, Københavns-egnens byudviklingsudvalg, Planlægningsudvalget for Køge Bugt området og lokalt samarbejdende kommuner, samt en arbejdsgruppe bestående af repræsentanter for planlægningsorganer under boligministeriet, kulturministeriet og skovdirektoratet. De her omtalte

planer stammer hovedsagelig fra sidstnævnte gruppe og Planlægningsudvalget for Køge Bugt området og omfatter i store træk følgende vedr. Store-Vejleå (se kortet):

1) En del af Porsemose opretholdes i sin nuværende form med vandfyldte tørvehuller omgivet af kratbevoksning. En anden del omdannes til en sammenhængende større sø. For at etablere denne sø må der tilføres mere vand og skabes en permanent vandgennemstrømning. Det er derfor blevet foreslået at omlægge Harestrup Å, så den kommer til at udmunde i den kommende sø i Porsemose.

2) Nord og øst for Tåstrup vil Store Vejleå komme til at løbe igennem en del af den kommende Vestskov, der vil være begrænset af Vestencienten mod øst, Store Vejleå mod vest, den kommende Jyllingemotorvej mod nord og mod syd af Glostrup og Herstedernes byområder.

3) Endnu en sø etableres, nemlig i Tranegilde Mose vest for Vallensbæk by. Søen skabes ved opdæmning og gennemløbes af vand fra Store Vejleå (se senere). Resten af engarealet i mosen bruges til græsningsareal.

4) Ved Store Vejleå's udmunding i Køge Bugt anlægges et stort fritidsområde for badning, camping og søsport, et område strækkende sig fra Brøndby Strand til Hundige Strand. Projektet tænkes udført ved at indpumpe sand til opfyldning af en beskyttende strandklittrække med forstrand. Området bag den yderste klittrække vil da efterlade nogle søer og bugter, der vil være fladvandede og derfor særlig velegnede for sejlads med f.ex. optimistjoller og små robåde. Om vinteren kan søerne anvendes til skøjteløb, isbådsejls m.m. Som det ses af planen anlægges også en lystbådehavn. Store Vejleå vil komme til at udmunde netop i denne havn.

KILDER.

Skitse til en Vestskov. Udarbejdet af en arbejdsgruppe bestående af repræsentanter for planlægningsorganer under boligministeriet og kulturministeriet samt for skovdirektoratet. Dec. 1964.

Rapport om Vestskoven. Udarbejdet af Vestskovens planlægningsgruppe. Aug. 1970.

Arkitekten nr. 8, 1970 p. 178: Fritidsområde ved Køge Bugt.

Forslag til anvendelse af yderzonearealer i Glostrup (Avedøre) — Brøndbyerne og Vallensbæk kommuner. Planlægningsudvalget for Køge Bugt området. Okt. 1969.

Forureningsundersøgelse

Der er foretaget en botanisk og en zoologisk undersøgelse af Store Vejleå den 22.11.69. af NOAHs vandgruppe.

Til støtte for vor undersøgelse citeres en coli-undersøgelse foretaget af Avedøre Kloakværk.

A. Hovedløbet

Station 1. ved Risby.

Åløbet var omgivet af græsmarker, var ca. 25 cm dybt og 80 cm bredt og gjorde indtryk af at være gravet og oprenset.

Ved bredden bevoksning af tagrør, bunden dækket af blade fra disse.

Der var ingen vandbevægelse og ingen skumdannelse. Vandet var ret klart, svagt brunligt. Temperatur 4 gr. C. Ingen nævneværdige fund af mikroorganismer.

Åen virkede med sin kraftige plantevækst eutrof og iltfattig, men sikkert ikke forurenat (fund af enchytræer).

Konklusion: næppe forurenat.

Station 2. Ved Roskilde Kro.

Tilsyneladende gravet løb, 25 cm dyb, 1 1/2 m bred, bunden dækket af sort slam, blade o.a. Alt med grønligt overtræk. tykke grønne belægninger på bredden.

Vandet var blåligt opaliserende med oliepletter, sigtdybde ca. 10 cm, temperatur 6 gr. C.

Bakterier: Talrige stavformede- (u. spore: muligvis *Proteus*), *Spirochaeta* bl.a. kæmpearten *Spirochaeta plicatilis*. Svovlbakterier: *Chromatium okenii*, *Spirillum undulans*, *Beggiatoa* sp. s-formet, *lophotrich*, blåligt reflekterende korn, antagelig *Thiospira* sp. *Sphaerotilus natans* (dog ikke i en mængde, så der dannes »Lammehaler»).

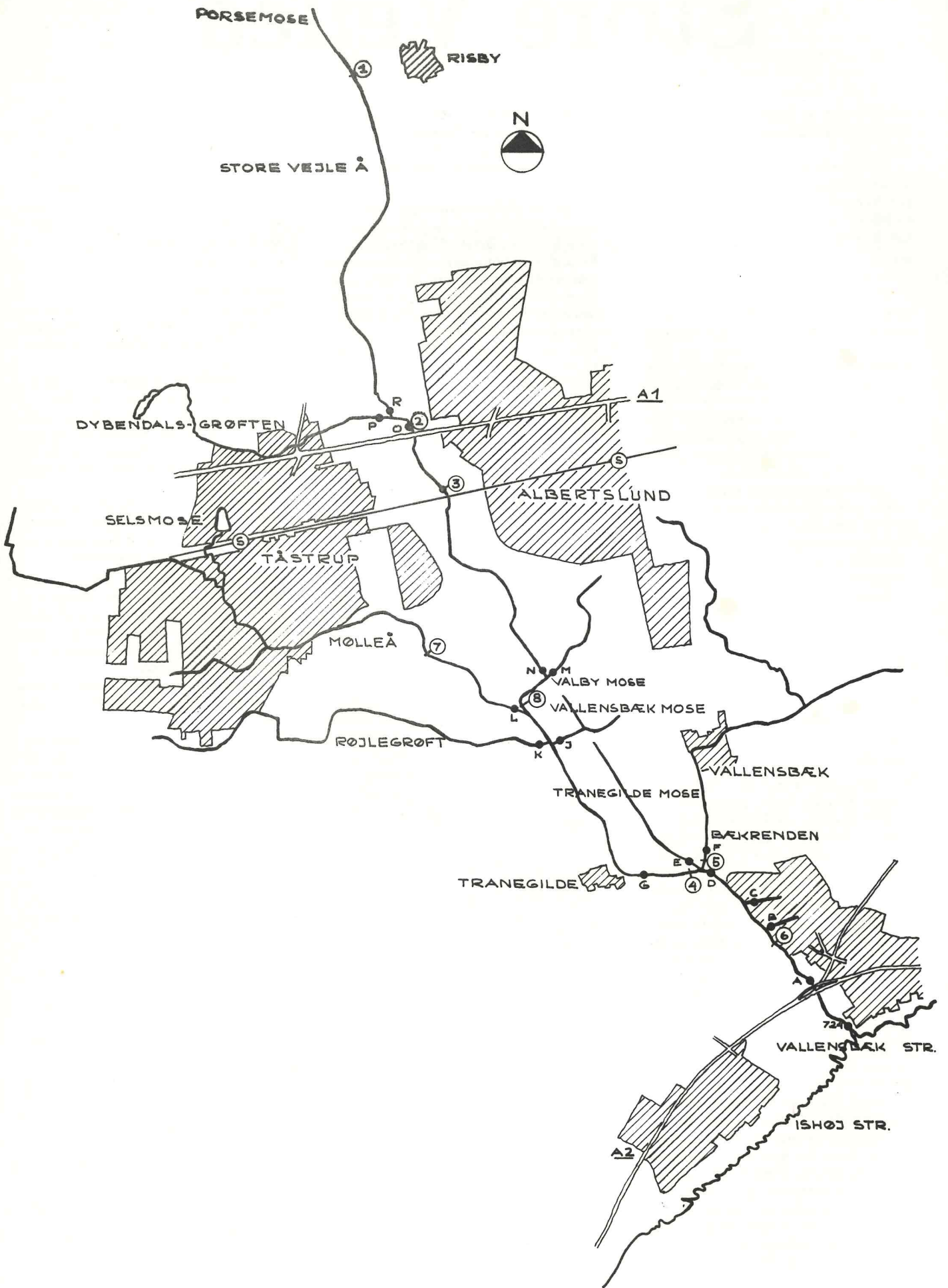
Alger: *Euglena viridis*, *Euglena* des- ses, sandsynligvis også andre *Euglena*-arter. Farveløse flagellater, *Nitzschia palea* (o.a. *Diatomeer*, *Navicula* sp.), *Ankistrodesmus falcatus* (kun et eks-emplar).

Ciliater: Flere arter, bl.a. *Lionotus* sp.

De grønne belægninger, som dominerer, skyldes *Euglena*-arterne, og disse i forbindelse med de fundne bakterier og flagellater gør, at åen ved st. 2 må betegnes som meget stærkt forurenat, dvs. polysaprob. Efter Fjerdingstads system er det dominerende samfund *Euglena*-samfundet, der her betegnes som beta-polysaprob.

Dyrelivet domineres af børsteorme, desuden fandtes puppen af en saltflue og fluelarve. Saltfluen er indikator for stærkt forurenat vand.

Konklusion: stærkt polysaprob.



Avedøre Kloakværks coli-undersøgelse viser her (724 0) at vandet er meget stærkt forurenet (tørt vejr 10 mill. E. coli/100 ml — regnvejr 10 mill. coli/100 ml).

Hvis der i 100 ml af en vandprøve findes mere end 1000 Escherichia coli anses vandet for sundhedsfarligt m.h.t. badning.

Station 3. Nord for jernbanen

10—15 cm dyb og 2 m bred med sand og stenbund og gravede bredder. Der var moderat strømhastighed i det 6 1/2 gr. C varme vand, der var uklart af opvirvlet dynd fra bunden.

Ved bredderne ses »lammehaler» og grønne belægninger.

Mikrofloraen minder om den på st. 2, men der er ikke så mange bakterier og et tilskud af trådformede grønalg.

Alger: Oscillatoria spp., Nitzschia palea, Navicula sp., Euglena viridis (ikke makroskopiske belægninger), Ulothrix zonata, Stigeoclonium tenue.

De to trådformede grønalg og Oscillatoria-arterne gør, at åens forureningsgrad må betegnes som temmelig stærkt forurenet, alpha-mesosaprob (Ulothrix zonata og Stigeoclonium tenue samfund hos Fjerdingstad).

Faunaen domineres af børsteorme. Alpha-meso-polysaprob.

Konklusion: forholdene næsten som ved station 2, dog en smule bedre, men langt fra godt.

Station 8. I Valby mose.

40 cm dyb, 1 1/2-2 m bredt, gravet løb med svag strøm.

Bundmateriale: sten og grus med sort slam. Vandet uigennemsigtigt, 6—7 gr. c.

Der var ikke mange alger, og »middel-tæt» af bakterier.

Bakterier: Spirochaeta sp., Sphaerotilus natans (ikke synlige lammehaler)

Alger: Nitzschia palea (talrigste art), Nitzschia dissipata, Hantzschia amphioxys og enkelte encelledede grønalg.

Bakterier og alger indicerer, at åen på st. 8 er ret stærkt forurenet, alpha-mesosaprob.

Dyr: Hovedsagelig børsteorme og chironomider (især C. thummi) samt Eristalis.

Den nærmeste af A.K.s stationer er 724 N (se kort), som dog ligger før Vridsløselilleåens tilløb.

Colitallene er her: tørt vejr 220.000 E. coli/100 ml, efter regn 1.000.000 E. coli/100 ml, henholdsvis stærkt og meget stærkt forurenet.

Station 4. Ved Vallensbæk Pumpe.

Over 1 m dybt, 6—7 m bredt gravet løb med oprenset slam på bredderne. Næsten ingen strøm. Vandet grønligt, sigtdybde 10 cm, sort blødt dynd på bunden, nogle steder oliehinde. Temperatur 4 1/2 gr. C.

Kiselalger, Phormidium- og Oscillatoria-tæpper dominerer på bundens sorte slam.

Alger: Oscillatoria spp., Phormidium unciatum (talrigst), Nitzschia palea, Surirella ovata, Hantzschia amphioxys.

De trådformede blågrønalg og kiselalge-arterne viser, at åen her er alpha-mesosaprob.

Fund af Tanypus og Chironomus (C. thummi) viser forureningsgrad alpha-mesosaprob til polysaprob, nærmest polysaprob.

Station 724 G ligger et stykke højere oppe end station 4, men forholdene ændres ikke væsentligt af tilløb o.a.

Colital: Tørt vejr: 50.000 E. coli/100 ml. Efter regn: 25.000 E. coli/100 ml.

Station 6. Ved Vejlebro (Litex).

Over 1 m dybt, 5—6 m bredt gravet løb med store mængder slam kastet op på bredderne flere steder. Næsten ingen vandbevægelse. Bund med sten og sort slam. Vand ensfarvet gulbrunt med store oliepletter flere steder. Temperatur 4,5 gr. C.

Farvningen skyldes utvivlsomt tilløbet fra agar-fabrikken Litex, hvis udløb til brønde og bassiner med stærkt stinkende spildevand kunne beses.

Næsten ingen alger i vandet. Nærmest polysaprob.

Zoologisk undersøgelse: Polysaprob.

Den nærmeste station med coliundersøgelse ligger længere nede ad åen ved A 2. Colital henholdsvis 40.000 og 80.000 E. coli/100 ml.

B. Tilløb til Store Vejleå

Station 7. Mølleå ved »Egeparken».

10 cm dyb, 1 m bred. Åen er rørlagt før denne station, vandet kommer frem i en flisebelagt rende, hastigt strømmende. Vandet let grumset, 7,5 gr. C.

På kanterne bevoksninger af Ulothrix, Cladophora og diatomeer.

Alger: Phormidium spp., Oscillatoria spp., Nitzschia palea, Nitzschia dissipata, Surirella ovata, Microspora sp., Ulothrix zonata, Cladophora sp. (ikke C. glomerata).

På grund af flisebelægningen kan floraen på denne station måske ikke umiddelbart sammenlignes med de andre stationers. Tilstedeværelsen af Cladophora og Microspora (bestemmelsen lidt usikker) gør, at åen her må betegnes som alpha-beta-mesosaprob.

Der fandtes ingen dyr ved station 7.

Mølleåen har følgende colital ved sammenløbet med Store Vejleå: 11.000-25.000 E. coli/100 ml.

Station 7 er den »fineste» af NOAHs stationer, men langt fra tilfredsstillende: alpha-beta-mesosaprob.

Station 5. Bækrenden umiddelbart før sammenløbet med Store Vejleå.

40 cm dybt, 1/2 m bredt gravet løb med svag strøm. Vandet blågråligt, nogle steder med oliehinde, 5 gr. C.

Der var ingen alger i åen. Bunden var dækket af detritus. Enkelte Nitzschia palea blev fundet i det uklare vand.

Forureningsgrad nærmest alpha-mesosaprob.

Der blev ikke fundet dyr.

Da det fra kommunalt side var blevet oplyst, at Bækrenden kun indeholdt regnvand fra Vallensbæk by, er det interessant at se Avedøre Kloakværks coliundersøgelse:

Station 724 F

tørt vejr: 2.800 E. coli/100 ml

efter regn: 60.000 — —

sammenlignet med station 724 F 2 (før Vallensbæk by)

tørt vejr: 500 E. coli/100 ml

efter regn: 10.000 — —

Ref.:

I/S Avedøre Kloakværks vandløbsundersøgelser: Status over Store Vejleå-systemet i relation til forurening med kloakvand. Sep. 1970

KONKLUSION AF UNDERSØGELSEN

Da Store Vejleå som helhed må betragtes som ret stærkt til overordentligt stærkt forurenet hvad iltforbrugende (primært og sekundært) stoffer angår og tildels også hvad sygdomsfremkaldende organismer angår, må vandløbslovens § 71 til stadighed være groft overtrådt.

Forureningen er ikke af ny dato: I 1952 foretog Jørgen Birket-Smith en biologisk bedømmelse af åen, og nåede til omtrent samme resultat:

Beta-meso- til alpha-polysaprob.

NOAHs undersøgelse bekræfter altså kun noget, man har vidst i en snes år, skal vi med denne viden lade endnu en snes år gå?

Vandkvaliteten i relation til planerne for Store Vejleå

Af de nævnte planer for Københavns Vestegn er, m.h.t. Store Vejleå kun et projekt igang, nemlig søen i Tranegilde Mose. Man er igang med at anlægge denne sø nu. Hvad angår vandkvaliteten i åen i relation til planerne, skal kun del af planerne, der omfatter ovennævnte sø, diskuteres.

Søen etableres som et rent teknisk anlæg, et regnvandsbassin, der skal være recipient for regnvand fra separatsystemer i Herstedernes og Høje-Tåstrup kommune og nedsætte strømningshastigheden i åen fra 1 1/2 til 1/2 l/sek/ha opland for ikke at oversvømme områderne ved Vallensbæk Strand.

Søens volumen bliver 400.000 m³ og vil årligt gennemstrømmes af 10 mill. m³. Vedrørende dens etablering hedder det i Landvæsenkommisionens kendelse af 16.11.67. bl.a.: »Det er en forudsætning for projektets godkendelse, at de til bassinet førte vandmængder er

20 fri for spildevand, hvorfor kommissionen pålægger kommunerne så hurtigt som muligt at gennemføre de hertil fornødne foranstaltninger....».

Videre hedder det: »Regnvandsudløbene til søerne eller de til disse førende vandløb skal overalt forsynes med sandfang og olieudskillere....».

Søen må altså kun være recipient for regnvand fra seperatsystemer. Hvorledes er da dette regnvands kvalitet?

Undersøgelser i Herstedernes kommune viser, at det indeholder ca. 0,1 mg fosfat/l. Endvidere at det har et stort indhold af opslemmede partikler (mineralske og organiske, ialt mere end 1000 mg/l.). Det fremgår af Avedøre Kloakværks coliundersøgelse, at Bækrenden, der kun fører regnvand, i tørt vejr har 2.800 coli/100 ml og efter regn 60.000 coli/100 ml. Endelig må påregnes at regnvandet indeholder olie (jvf. ovennævnte kendelse).

Nedenfor er søgt at belyse, hvilke virkninger regnvand med ovennævnte sammensætning vil få på søen.

Med et fosfatindhold på 0,1 mg/l vil søen årligt få tilført 1 ton fosfat. Desværre vil den samme mængde ikke forlade søen, idet algerne opfanger den værdifulde gødning (jvf. afsnittet om eutrofiering). Dette er belyst ved en dansk undersøgelse af Furesøen i 1958: Furesøen tilførtes på det tidspunkt 4 ton fosfat/år, og disse 4 ton fosfat udgjorde kun 12% af den mængde fosfat, planktonalgerne brugte. Det viste sig, at kun ca. 100 kg fosfat forlod Furesøen årligt gennem afløb, altså mindre end 3% af den tilførte mængde. Med andre ord: søer virker som »fælder» for næringssalte.

Nu er opholdstiden for vandet i Furesøen væsentlig længere end i den kommende sø i Tranegilde Mose, hvor det vil have en opholdstid på ca. 14 dage (dog længere om sommeren). Men problemstillingen som vist ved eksemplet kan ikke negligeres, da planktonalgerne i løbet af få dage kan optage tilføjede næringssalte. Det har man måttet sande i Herstedernes kommune, hvor »søen» omkring rådhuset i Albertslund i løbet af knap 14 dage er blevet helt grøn af alger. Vandet her stammer fra kommunens seperatsystem.

Selv med et afløb på 50% (hvilket nok er højt sat) af den tilførte fosfatmængde, vil søen årligt få tilført 1/2 ton fosfat, hvilket efter det første år giver den et fosfatindhold på 1 mg/l, efter det andet 2 mg/l osv.

Fosfat vil i hvert fald ikke blive den begrænsende faktor for søens produktivitet. Nitrat heller ikke, idet vandet i seperatsystemer har et nitrat indhold, der varierer fra 2,4–16,0 mg/l, og et nitritindhold med variationen 32–58 mg/l.

Den begrænsende faktor bliver nok lyset, hvis gennemtrængningsevne mindskes, dels p.g.a. algevæksten dels p.g.a.

det store indhold af opslemmede partikler. Desuden må det påregnes, at der vil ske en tilledning af fækale bakterier, der kan udgøre en sundhedsfare.

Konklusion og forslag til forbedring:

Det må forventes, at søen i Tranegilde Mose i løbet af få år vil blive stærkt overernæret måske også sundhedsfarlig. Den vil i hvert fald ikke kunne tjene rekreative formål, hvilket naturligvis er uheldigt, da den anlægges bl.a. af denne grund.

Da det bl.a. er det store fosfatindhold i regnvandet, der betinger den store produktion i søen, vil det være rimeligt at undersøge

1) hvorfra dette fosfat stammer og
2) om en kemisk fældning af fosfatet kan løse problemet, så søen, som planerne siger, kunne »tilføre landskabet betydelige æstetiske værdier og skabe mulighed for fritidsudøvelser, f.ex. forskellige former for sejlsport, under betryggende forhold».

Kilde: Landvæsenkommissionens foreløbige kendelse af 16.11.67. ang. regulering af regnvandsafstrømning i Store Vejleå's opland.

LITTERATUR

Danmarks Natur — bind 5 — De ferske vande.

Jönasson, Pétur M., 1969: Bottom Fauna And Eutrophication.

Jönasson, Pétur M.: Esrum Sø og dens fredning (særtryk af Danmarks Natur nr. 4 — 1965).

Natur og ungdom — Danske naturlokaliteter — Bind 2 og 3.

Mathiesen, Hans — Særtryk ur Vatten 2/70 — Miljøændringer og biologisk effekt i søer.

Liebmann, Hans, 1951: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie.

Noah bladet nr. 2 årg. 1969.

Forureningsproblemer, Orientering. Joachim Jerrik (red.). Haase 1970.

Politikens håndbøger:
Hvad finder jeg i sø og å.
Jeg ser på insekter.

H.B.N. Hynes: The Biology of Polluted Waters.

Normforslag for fysisk og kemisk undersøgelse af spildevand. Teknisk forlag 1970.

Die Untersuchung von Wasser. Merck, Darmstadt 1963.

Spildevandsrensning. Teknisk forlag 1969. (Denne bog indeholder indlæg om mange vigtige sider af problemet spildevandsrensning, skrevet af fremtrædende eksperter på området.)

Bestilt hos Frandsen
20/10/72

ORDLISTE.

Analyse: undersøgelse af indholdet af forskellige stoffer.

Analysereaktion: den (kemiske) reaktion, hvorved det stof, der analyseres for, giver sig til kende.

Biotop: afgrænset leveområde karakteristisk for en bestemt dyre- eller planteart.

Dystrof sø: sur, brunvandet sø (brunvandet p.g.a. stort indhold af delvist nedbrudte organiske stoffer).

Ensilage: konserveret, afskåret grønt, som bruges til kreaturfoder.

Eutrof sø: næringsrig sø.

Fotosyntesen: den stofskifteproces, hvorved planter kan omsætte vand og kuldioxid, optaget på passende vis, til organisk stof (f.ex. sukkerarter) under forbrug af energi, f.ex. solenergi.

Humusstoffer: delvist nedbrudt organisk materiale.

Oligotrof: næringsfattig.

Organisk stof: stof, der er bygget over kulstofkæder og som indeholder energi, der frigøres ved dets nedbrydning.

Pesticider=biocider: sammensatte betegnelse for giftstoffer til bekæmpelse af skadedyr og planter.

Saprobiesystemet (af græsk sapos=rådne)

polysaprob=forureningsgrad 4: meget stærkt forurenet.

alfa-mesosaprob=forureningsgrad 3: stærkt forurenet.

beta-mesosaprob=forureningsgrad 2: svagere forurenet.

oligosaprob=forureningsgrad 1: næsten ingen forurening.

Recipient: det vandområde (å, sø eller hav), der modtager rensset eller urensset spildevand.

Universalindikator: blanding, der ved tilsætning til en opløsning giver denne en bestemt farve, der svarer nøje til opløsningens pH.

Økologisk: vedrørende samspillet mellem de i vandområdet eksisterende flora- og faunakulturer.