

R. Burhagen

VATTENKEMISKA FÖRHÅLLANDEN I
SYDSKÅNSKA SJÖAR SENVINTERN
1970

Gunnar Andersson och Curt Gelin

Särtryck ur VATTEN 2/70

VATTENKEMISKA FÖRHÅLLANDEN I SYDSKÅNSKA SJÖAR SENVINTERN 1970

av GUNNAR ANDERSSON och CURT GELIN,
Limnologiska institutionen, Lunds universitet.

Skåne är förhållandevis rikt på sjöar, men dessa är ojämnt fördelade inom landskapet med en koncentration till norr och nordost dvs till Kristianstads län. I landskapets södra och västra delar är sjöarna fåtaliga och inom Malmöhus län finns endast ca 20 sjöar större än 0,2 km². Sydskaens bördighet sätter sin prägel även på sjöarna, vilka är naturligt näringsrika, dvs tillgången på de betydelsefulla näringsämnen kväve och fosfor är god. Genom tillskott av dräneringsvatten från konstgödslade åkrar och i några fall av avloppsvatten, har halterna av olika kväve- och fosforföreningar ytterligare ökat och resulterat i att flertalet sydskaens sjöar i dag är extremt näringsrika och högproduktiva. Måktiga vassar och av alger gröngrumlat vatten karakteriserar sommarsituationen. Den höga primärproduktionen ger upphov till en hög sekundärproduktion och de sydskaens sjöarna är goda fiskproducenter — intensivt utnyttjade av både yrkesfiskare och sportfiskare.

Det under vegetationsperioden bildade organiska materialet förbrukar vid nedbrytning syrgas. Kritiska situationer med syrgasbrist kan inträda då nedbrytningsprocesserna dominerar och tillförseln av syrgas från luften och sjöns egen produktion av syrgas är låg. I de relativt grunda skånska sjöarna är vintern som regel den mest kritiska perioden. Under stränga vintrar med långvarig istäckning, snöbelagda isar och få blidvädresperioder kan syrgasförbrukningen fortgå så långt att fullständig syrgasbrist inträder.

Vintern 1969/70

Vintern 1969/70 kom att bli längre och kallare än normalt. Isläggningen i de sydskaens sjöarna skedde i månadskiftet november—december och sjöarna var sedan istäckta i närmare 5 månader mot normalt ca 3. Då dessutom rejåla blidvädresperioder saknades under årets första månader blev tillförseln och produktionen av syrgas i flertalet sjöar obetydlig. Först i andra hälften av mars förekom så kraftiga blidväder att syrgasrikt smältvatten tillfördes och förbättrade förhållandena närmast under isen. Islossningen inträffade omkring den 25 april.

De första rapporterna om fiskdöd kom i februari och i början av mars kunde fiskdöd konstateras i flera sjöar. Då mycket lite var känt om de vattenkemiska förhållandena vintertid i skånska sjöar, genomförde författarna en undersökning över den kemiska situationen i 19 sjöar i Malmöhus län (fig. 1) i början av mars 1970. Isarnas tjocklek var då ca 45 cm och snötäcket mellan 6 och 9 cm. Effekten av smältvatten-tillflödet i andra hälften av mars studerades i fem av de mest syrgasfattiga sjöarna

VATTENKEMISKA FÖRHÅLLANDEN I SYDSKÅNSKA SJÖAR

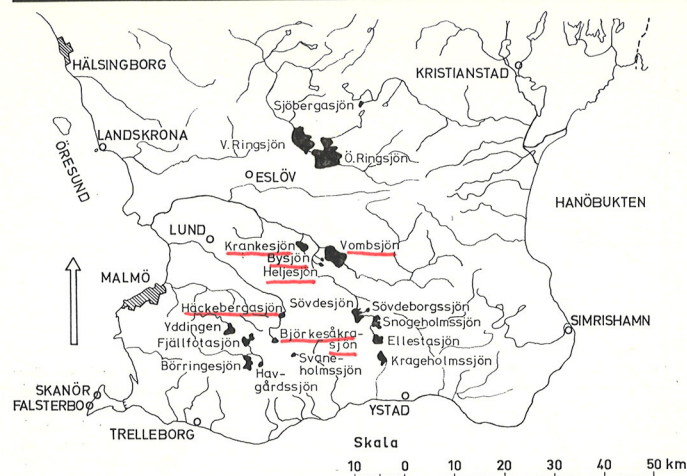


Fig. 1. Karta över Sydskaen med de undersökta sjöarna namngivna.

(Bysjön, Fjällfotasjön, Snogeholmsjön, Svaneholmsjön och Sövdeborgssjön) vid en provtagning den 9 april. Istjockleken var i stort oförändrad, medan snötäckets hade minskat till 3—4 cm. Betydande mängder smältvatten hade runnit till.

Insamling och analys

Vattenprov togs med Ruttner-hämtare på olika nivåer inom resp sjös djupaste område. Det ytligaste provet togs genomgående på 0,6 m och det mest bottennära ca 0,5 m över sedimentytan. Förutom temperatur- och siktjupsmätningar utfördes analys i samtliga vatten beträffande syrgas, svavelväte, pH, ledningsförmåga, alkalinitet och grumlighet. Vissa vattenprov analyserades dessutom med avseende på metan, olika kväve- och fosforkomponenter, järn, mangan, bly, koppar och zink.

Undersökningsresultat

Syrgas

Syrgashalten har bestämts med omodifierad Winkler-analys. Den rikliga förekomsten av sedimenterat organiskt material orsakar en kraftig syrgastäring med början i de bottennära skikten. Efter hand blir täringen märkbar allt högre upp i vattenskikten och syrgashalten minskar kontinuerligt under vinterns gång (fig. 2). Hur kritisk situa-

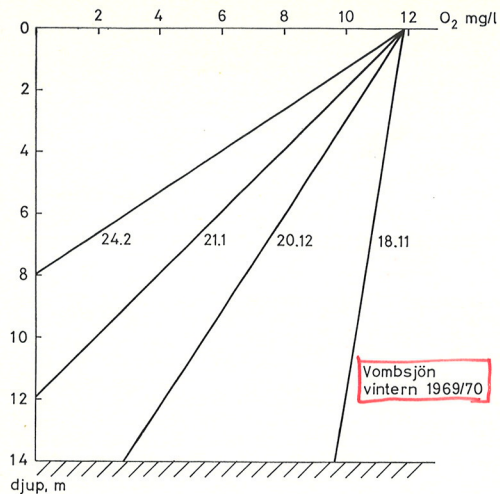


Fig. 2. Principiell över syrgasförrådets reduktion i Vombsjön efter isläggningen i månads-skiftet november—december 1969.

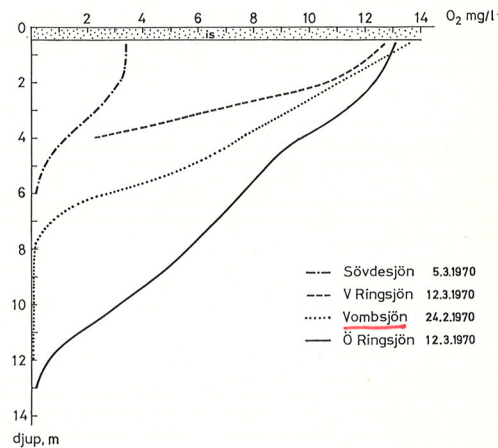


Fig. 3. Vertikal fördelning av syrgas i Sövedesjön, Västra Ringsjön, Vombsjön och Östra Ringsjön.

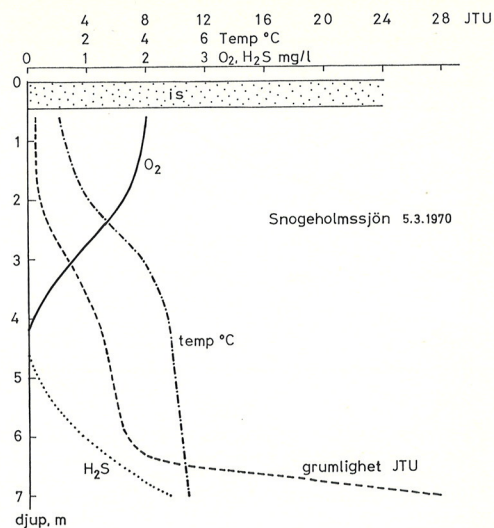
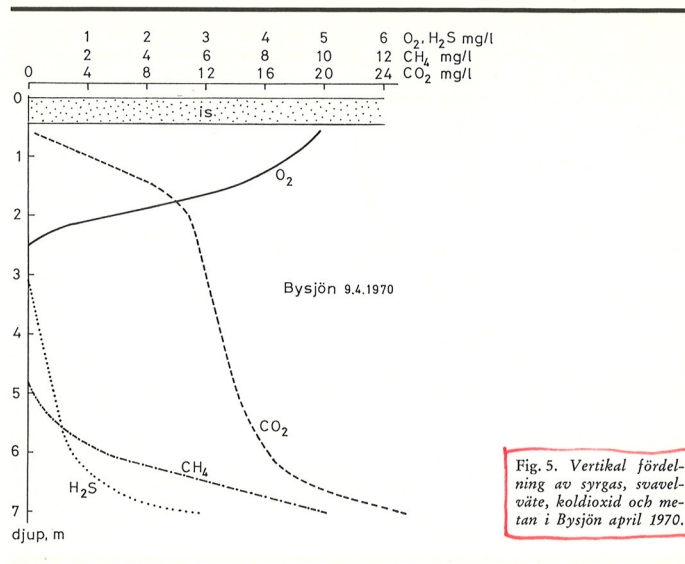


Fig. 4. Vertikal fördelning av syrgas, svavelväte, temperatur och grumlighet i Snogeholmssjön mars 1970.

Tabell 1. Några fysikalisk-kemiska data från sjöar med syrgasbrist

Sjö och datum	Djup m	Syrgas mg/l	Svavelväte mg/l	Temp. °C	Grumlighet JTU	Siktdjup m
• Björkesåkrasjön 5.3.1970	0,6	0	6,5	0,6	28	—
• Bysjön 6.3.1970	0,6 4,0 7,0	0,04 0 0	0 0 2,4	1,0 3,1 4,7	0,4 0,3 14	3,9
Fjällfotasjön 4.3.1970	0,6 1,0	0 0	0,5 0,7	1,0 1,6	2,3 2,7	1,2
Sjöbergasjön 12.3.1970	0,6 1,7	0,03 0	0,1 0,2	1,3 2,7	1,4 2,3	1,4
Svaneholmssjön 5.3.1970	0,6 1,7	0 0	3,1 1,9	1,2 2,8	30 18	1,6
Sövdeborgssjön 5.3.1970	0,6 2,8	0,14 0	0 0,3	1,0 4,3	0,7 0,8	2,8



tionen blir, avgörs av sjöns syrgasförråd vid isläggningen, mängden organiskt material, isperiodens längd samt omfattningen av ev blidväder.

De större sjöarna hade överlag goda syrgasförhållanden i de ytliga vattenskikten, medan halterna i de bottennära skikten var mycket låga (fig. 3, 4). I de mycket grunda och/eller små sjöarna var däremot syrgashalterna i flera fall extremt låga (tabell 1). Genom tillförseln av syrgasrikare smältvatten under andra hälften av mars förbättrades situationen och syrgashalten i ytvattnet steg betydligt. I exempelvis Bysjön ökade den från 0,04 till 4,9 mg/l (fig. 5).

Svavelväte, koldioxid och metan

Svavelväte. Analys har utförts beträffande totalsvavelväte, dvs summan av H_2S , HS^- , S^{2-} och metallsulfider. I Snogeholmssjön (fig. 4) och i Bysjön (fig. 5) var halterna höga i de bottennära skikten medan det i de ytliga var fritt från svavelväte. Höga halter från ytskikten konstaterades i Björkesåkrasjön, Svaneholmssjön och Fjällfotasjön (tabell 1). Vattnets pH-värde i de prov där svavelväte konstaterades låg mellan 6,9 och 7,4. En betydande del av svavelvätet kan således ha förekommit i sin mest giftiga form — H_2S . Vid högre pH förskjuts jämvikten mot HS^- och S^{2-} och vid förekomst av metalljoner sker därvid en utfällning av metallsulfider (huvudsakligen FeS).

Tabell 2. pH, alkalinitet och specifik ledningsförmåga vid ytan och botten i några representativa sjöar.

Sjö och datum	Djup m	pH	Alkalinitet mekv/l	Ledningsförmåga μS_{20}
• Bysjön 6.3.1970	0,6 7,0	7,4 7,2	2,98 3,09	362 374
• Bysjön 9.4.1970	0,6 7,0	8,5 7,1	1,09 3,38	140 395
Snogeholmssjön 5.3.1970	0,6 7,0	7,4 7,3	2,78 3,18	410 447
Svaneholmssjön 5.3.1970	0,6 1,7	6,9 7,0	4,18 4,23	558 565
Östra Ringsjön 12.3.1970	0,6 13,0	8,0 7,3	1,71 2,10	278 330

Jämviktskolsyran (vid 20°C) har beräknats efter analys av pH och alkalinitet (okorrigerade värden). Höga halter i ytskikten förekom i mars i Björkesåkrasjön (71 mg/l), Svaneholmssjön (48 mg/l) och Häckebergasjön (25 mg/l). Den vertikala gradienten var relativt liten vid marsprovtagningen, men mycket stor vid undersökningstillfället i april (fig. 5).

Metan analyserades (gaskromatografi) på vattenprov tagna den 9 april. Förekomst konstaterades i bottenvattnet i Fjällfotasjön (1 mg/l), Svaneholmssjön (1 mg/l), Sövdborgssjön (1 mg/l) och Bysjön (10 mg/l, fig. 5).

pH, alkalinitet och ledningsförmåga

Vattnets pH-värde, alkalinitet och ledningsförmåga i några representativa sjöar framgår av tabell 2. pH-värdena ligger i stort mellan 7 och 8. Sommartid är, som en följd av växternas kolsyreassimilation, värdena 1 till 2 enheter högre.

Till följd av nedbrytningen och en utlösning av joner från sedimenten stiger den specifika ledningsförmågan under vintern och för svenska sötvatten ovanligt höga värden uppmättes. De högsta värdena erhöles i grunda, vegetationsrika sjöar: 766 μS (Björkesåkrasjön 0,6 m), 677 μS (Krankesjön 2,0 m) och 565 μS (Svaneholmssjön 1,7 m). Sommartid är ledningsförmågan i nämnda sjöar lägre än 400 μS .

Grumlighet och siktdjup

Förekomsten av växtplankton var som väntat liten på grund av att isen och snön effektivt hindrade ljuset från att tränga ned i vattnet. De ytliga skikten i flertalet sjöar hade mycket klart vatten. Grumligheten var låg och siktdjupen relativt stora. I syrgasrika och svavelvätehaltiga vattenskikt förekom däremot en kraftig grumling (tabell 1, fig. 4) delvis orsakad av bakterier.

Närssalter

Vid nedbrytningen av det organiska materialet och vid de kemisk-fysikaliska och bakteriologiska processer som äger rum i den syrgasfria bottenmiljön frigörs betydande mängder närssalter — olika kväve- och fosforföreningar — vilka även i mycket låga koncentrationer gynnar den kvantitativa utvecklingen av växtplankton.

Kväveföreningarna ammonium, nitrit och nitrat förekommer i koncentrationer, där den inbördes fördelningen i stort bestäms av vattnets redox-förhållanden; i syrgasfri miljö dominerar ammonium och i syrgasrik nitrat. I den i mars syrgasfria Svaneholmsjön hade ytvattnet en ammoniumhalt på 1,3 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$, nitrit saknades helt och nitrathalten var 0,02 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$.

Tillförseln av smältvatten under senare hälften av mars medförde dels en oxidation av ammonium till nitrat, dels ett tillskott av nitrat från omgivningarna, varvid koncentrationen av $\text{NO}_3\text{-N}$ ökade till 4,6 mg/l i ytskiktet.

Fosfat är den kemiska komponent som oftast antages vara begränsande för produktionen av växtmaterial. Vid reduktiva förhållanden upplöses fosforföreningar i sedimenten och ett läckage av fosfat sker ut i vattnet. Under långvarig stagnation med syrgasbrist kan betydande mängder fosfat gå i lösning (fig. 6, 7). Fosforvärdena i de undersökta sydsvenska sjöarna var höga och huvuddelen förelåg som fosfat. Vid värcirkulationen sker en ombländning av vattenmassorna, vattnet syresättes och en del fosfat fälls ut, medan resterande del utnyttjas av växterna. Vanligen tas fosfaterna och kväveföreningarna upp mycket snabbt och omsätts sedan upprepade gånger i planktonmassan under vegetationsperioden. Man kan likna skeendet vid en vårgödsling av sjöarna. Efter en lång vinter blir denna extra kraftig. Man kan befara att den gödsling som skett i de sydsvenska sjöarna våren 1970 kommer att resultera i en mycket riklig produktion av växtplankton under sommaren.

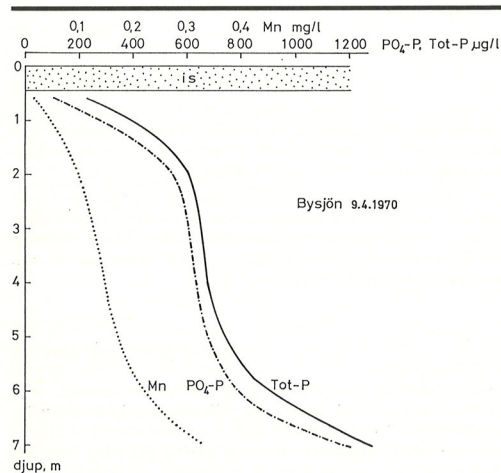


Fig. 6. Vertikal fördelning av mangan, fosfatfosfor och totalfosfor i Bysjön april 1970.

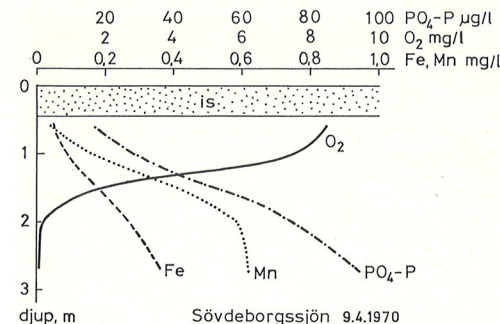


Fig. 7. Vertikal fördelning av syrgas, järn, mangan och fosfatfosfor i Sövedeborgssjön 1970.

Tungmetaller

Samtidigt med fosfatupplösningen sker en utlösning av mangan- och järnjoner, vilka ofta uppvisar en med fosfat likartad fördelning (fig. 6, 7). Höga halter av järn och mangan (totalanalys med atomabsorptionsspektrofotometer) fastställdes i flera sjöar med syrgasfattigt eller syrgasfritt vatten i de bottennära skiktet. De högsta värdena noterades i Sättoftasjön (norra delen av Östra Ringsjön) 15 m (Mn 2,6, Fe 1,0 mg/l), Snogeholmsjön 7 m (Mn 1,8, Fe 0,1 mg/l) och Sjöbergasjön 1,7 m (Mn 0,8, Fe 0,8 mg/l).

För att klarlägga om vattnets halt av tungmetaller var av sådan storleksordning att den kunde bidra till de inträffade fiskdödsarna analyserades vattnet med avseende på förekomst av bly, koppar och zink (totalanalys med atomabsorptionsspektrofotometer). Blyhalten låg i samtliga sjöar under 0,03 mg/l och kopparhalten under 0,02 mg/l. Koncentrationen av zink var något högre, men översteg inte i något fall 0,1 mg/l. Då de funna tungmetallhalter ligger under de i litteraturen (Jones 1964, Liebmann 1960) angivna letalgränserna kan de knappast vara orsak till fiskdödsarna.

Biologiska verkningar

Någon möjlighet att ingående studera syrgasbristens inverkan på de biologiska förhållandena fanns tyvärr inte. I vilken utsträckning de bottenlevande djuren tagit skada i sjöar med syrgasfri och svavelvätehaltig miljö är därför obekant. Till synes livlösa tofsmygglarver (*Chaoborus*) iaktogs i ytvattnet i Bysjön, Sjöbergasjön och Svaneholmsjön. I Bysjöns djupområde (7,5 m) var *Chaoborus*-larver de enda bottendjur som påträffades, medan faunan i litoralen (1 m) var artrikare, med en dominans av röda mygglarver var släktet *Chironomus*.

Fiskbestånden drabbades hårt i flera sjöar (fig. 8). Fiskens tålighet mot låga syrgashalter är temperaturberoende och varierar från art till art. När syrgashalten vid en temperatur mellan 0 och 4°C sjunker under 2 mg/l inträder vissa störningar (Jones 1964) och fiskdöd kan förekomma. Cooper & Washburn (1946) och Scidmore (1957) uppger att fiskdöd (vintertid under is) inträffar vid en syrgashalt av 0,6 mg/l eller lägre. Vid förekomst av svavelväte förvärras situationen ytterligare. Med hjälp av till-



Fig. 8. Fiskdöd i Fjällfotasjön, 4 mars 1970.

gängliga data kan man beräkna att syrgashalten i Bysjöns ytliga vattensikt under stränga vintrar sjunker under 2 mg/l efter en isperiod på ca 60 dagar och under den kritiska gränsen 0,6 mg/l efter ca 80 dagar. Den från jordbruksfastigheter med kreatursdrift förenade Fjällfotasjön är ännu känsligare. Omfattande fiskdödar observerades i Björkesåkrasjön (0), Bysjön (0,04) och Fjällfotasjön (0) samt i mindre omfattning i Börringesjön (2,3), Sjöbergasjön (0,03), Svaneholmssjön (0) och Sövdeborgssjön (0,14). Syrgashalten i ytvattensikt vid marsprovtagningen i mg/l inom parentes. Följande fiskarter påträffades döda: abborre, braxen, gädda, gärs, gös, mört, sarv, sutare och ål. Fiskdödarernas omfattning är svår att bedöma. I Bysjön och Fjällfotasjön beräknas endast en mindre del av fiskbeståndet ha överlevt.

Sjöarnas värde

Samtliga av fiskdöd drabbade sjöar är intensivt utnyttjade av yrkesfiskare och sportfiskare. I flera fall har omfattande insatser gjorts i form av inplanteringar och andra fiskevårdande åtgärder. Avkastningen har också varit mycket hög och i de mest produktiva sydsvenska sjöarna beräknas fångsten av matnyttig fisk (abborre, gädda, gös och ål) uppgå till 1 000 kg per km² och år.

Flertalet av de fiskdödsdrabbade sjöarna är i dag inte utsatta för någon nämnvärd påverkan av avloppsvatten, utan sjöarnas höga närsaltstatus och produktion utgör huvudorsaken till den besvärliga syrgassituationen under stränga vintrar. Den långa vintern 1969/70 har drastiskt illustrerat i vilket känsligt stadium dessa sjöar befinner sig. De har tydligen nog av sin egen belastning och varje form av utsläpp av avloppsvatten, reglering eller bortledning av vatten måste undvikas. I det hårt utnyttjade sydsvenska landskapet är de fåtaliga sjöarna av så stort ekonomiskt, socialt och vetenskapligt värde att ett aktivt kontroll- och vårdprogram är ofrånkomligt om vi vill behålla sjöarna i användbart skick.

Summary

Chemical conditions in ice-covered lakes in South Sweden.

Some ice-covered lakes in southern Scania, Sweden, were studied during the late winter period of 1970. Most of the lakes are naturally eutrophic and pollution by sewage moderate. In summer the biomass of macrophytes and plankton is rich. The lakes are high-productive and the fish yield large. In South Sweden the winter 1969—1970 was extremely long and cold. The ice-cover lasted five months instead of the usual three. In many lakes the result was oxygen deficit and fish kill. The concentrations of oxygen, hydrogen sulfide, pH, specific conductivity, alkalinity and turbidity were determined in 19 lakes in March. Moreover methane, ammonium, nitrite, nitrate, phosphate, total phosphorus, iron, manganese, copper, lead and zinc were analysed in some cases.

In the larger lakes the oxygen concentration was relatively high in the upper layers but low in the bottom layers (Fig. 3). In the smaller lakes, on the other hand, the oxygen concentration was very low and hydrogen sulfide was present in several cases (Table 1, Fig. 4). In five lakes with oxygen deficit an additional investigation was carried out 9.4.1970 to study the effect of inflowing water arising from melting snow. The oxygen concentration was markedly increased in the upper layers (Figs. 5, 7).

High concentrations of ammonium, nitrate and phosphate (Figs. 6, 7) occurred in several lakes as a result of the prolonged stagnation. The high concentrations of the nutrient salts may cause a rich development of plankton in the summer 1970. In some lakes the concentrations of manganese and iron were high in the bottom layer (Figs. 6, 7), while the concentrations of copper, lead and zinc were low in all of the lakes. Fish kill of great extent occurred in Lake Björkesåkrasjön, Bysjön and Fjällfotasjön and of less extent in Lake Börringesjön, Sjöbergasjön, Svaneholmssjön and Sövdeborgssjön. The following species of fish were found dead: bream, eel, perch, pike, pike-perch, pope, roach, rudd and tench.

Litteraturförteckning

- Cooper, G. P. & Washburn, G. N.: Relation of dissolved oxygen to winter mortality of fish in Michigan lakes. — Trans. Amer. Fish. Soc. 76. 1946.
 Jones, J. R. E.: Fish and river pollution. 1964.
 Liebmann, H.: Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-Biologie. II. 1960.
 Scidmore, W. J.: An investigation of carbon dioxide, ammonia, and hydrogen sulfide as factors contributing to fish kills in ice-covered lakes. — Progr. Fish Cult. 19. 1957.