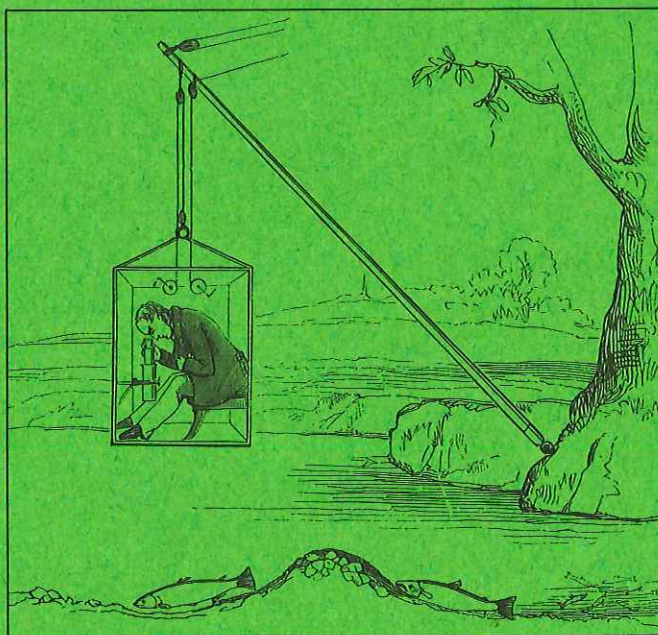


Information från

# SÖTVATTENS- LABORATORIET

## Drottningholm



PER MOSSBERG  
PER NYBERG

Försurningseffekter på bottenfauna och fisk  
i Västra Skälsjön



# FÖRSURNINGSEFFEKTER PÅ BOTTENFAUNA OCH FISK I VÄSTRA SKÄLSJÖN

Per Mossberg och Per Nyberg

INLEDNING	2
OMRÅDES- OCH SJÖBESKRIVNING	2
MATERIAL OCH METODER	2
Bottenfauna	2
Fisk	3
RESULTAT OCH DISKUSSION	3
Fysikaliska och kemiska miljöfaktorer	3
Bottenfauna	4
<i>Chironomidae</i> : Kvalitativa förändringar	4
<i>Chironomidae</i> : Kvantitativa förändringar	4
Övriga bottendjur	5
Fisk	6
Historik	6
Tillväxt	6
Näringsval	6
Effekter av försurningen	8
LITTERATUR	9
SUMMARY: EFFECTS OF ACIDIFICATION ON BOTTOM FAUNA AND FISH IN LAKE VÄSTRA SKÄLSJÖN	11

## INLEDNING

Den tilltagande försurningen i vattnen i stora delar av Sverige har uppmärksamats i allt högre grad sedan slutet av 1960-talet. Denna försurning har i första hand märkts tydligast i de västsvenska oligotrofa sjöarna (Almer 1972), men även i många andra delar av landet är en pH-sänkning i vattnen tydlig (Odén och Ahl 1970). De sjöar där försurningen är mest markant är ofta små med ett litet tillrinningsområde (stor sjöprocent; Svärdson 1976), d.v.s. sjöar med lång omsättningstid och i regel näringsfattigt och klart vatten. Effekterna i sådana sjöar har varit mycket drastiska: förändringar i vegetationen (Grahn och Hultberg 1974, Grahn 1975), fyto- och zooplankton (Dickson et al. 1975), elimination av vissa bottenorganismer (Grahn och Hultberg 1974) samt fiskdöd och/eller utebliven reproduktion hos många fiskarter (Almer 1972, Dickson et al. 1975, Hultberg 1975, Milbrink och Johansson 1975).

Föreliggande arbetes målsättning har i första hand varit att studera effekterna av försurningen i Västra Skälsjön på bottenfaunans sammansättning och särskilt på familjen *Chironomidae*, men även att studera de nyinplanterade rödingarnas tillväxt och näringsval samt att jämföra dessas näringsval med abborrarnas.

Ekonomiskt bidrag för bottenfaunaundersökningen har erhållits från Statens Naturvårdsverk.

## OMRÅDES- OCH SJÖBESKRIVNING

Västra Skälsjön är belägen på 233 m höjd över havet i nordvästra Västmanland cirka 15 mil NV Uppsala. Berggrunden i området utgöres av kalkfattigt urberg. Sjön är omkring 40 ha stor och med ett största djup av 19.5 m. Sjöns tillrinningsområde är endast 150 ha, varför vattnets omsättningstid är lång (5-5.5 år, Grönberg et al. 1967). Vattnet i sjön är mycket klart (färg: 2-5 mg Pt/l), siktdjup: 12-14 m (Mossberg och Nyberg 1972) och näringsfattigt (konduktivitet 2.1 m S/m, Ahl 1968).

## MATERIAL OCH METODER

### Bottenfauna

Bottenfaunaundersökningen är upplagd som en direkt uppföljning av Brundins (1949) undersökning 1943-1948. Brundins resultat grundar sig på 48 st bottenprover tagna med Ekmanhämtare 27/8 och 29-30/9 1943 samt chironomid-images insamlade 5/6 och 30/6 1946 och 1/9 1948.

I föreliggande arbete togs bottenprover 26/4 1973 med Ekmanhämtare på följande djup längs en profil från sjöns östra vik ut mot det största djupet: 1.5 m, 2 m, 4 m, 6 m, 8 m, 10 m, 12-13 m, 14-16 m och 18 m. På varje djup togs 2 prover, vilka sållades genom 0.6 mm såll och formalin-konserverades. Adulta chironomider insamlades dels med hjälp av kläckningstrattar (Brundin 1949) och dels genom håvning på sjön och bland strandvegetationen. Trattarna placerades över djupen 1 m, 2 m, 4 m, 8 m och 15 m och tömdes 1 gång/vecka under tiden 26/4-9/9 1973 och i samband därmed utfördes även håvning efter adulta insekter.

Den nomenklatur som använts i arbetet är enligt följande: *Tanypodinae*: Fittkau 1962; *Orthocladinae* (utom *Psectrocladius*): Brundin 1956; *Psectrocladius*: Wülker 1956; övriga: Brundin 1949. Synonymer för Brundin 1949 anges i Tabell 1 inom parentes,? anger att i någon av undersökningarna bestämning endast till släkte varit möjlig, varför det är osäkert om det är samma art som påträffats vid de olika tillfällena.

## Fisk

Det redovisade röding- och abbormaterialet har insamlats genom nätfiske med följande maskstorlekar: 2 st 15 mm, 2 st 36 v/a, 2 st 32 v/a, 2 st 24 v/a, 4 st 22 v/a och 4 st 20 v/a. Dessa har lagts på varierande djup (bottennät) från stranden och ut mot största djupet. Fiskarna har mätts och vägts och magarna konserverats i formalin. Maginnehållet har därefter analyserats under stereomikroskop och de ingående djuren volymbestämts. De olika födoorganismernas andelar av det totala maginnehållet har sedan uttryckts som medelvolymprocent.

## RESULTAT OCH DISKUSSION

### Fysikaliska och kemiska miljöfaktorer

Västra Skälsjön och dess tillrinningsområde är av sådan natur att man kan förvänta sig att den sura nederbörden haft stor effekt på sjöns vattenkvalitet.

Sedan 1943 (Brundin 1949) har sjöns pH-värde minskat från 6.3 till 4.5-4.6 under våren respektive hösten 1967 (data från kurs vid Limnologiska institutionen i Uppsala). Under 1970-talet har dock pH förbättrats något (5.2-5.5), vilket säkerligen kan tillskrivas de snöfattiga vintrarna under denna tid. Den svaga bikarbonatbuffert som fortfarande fanns kvar 1966 (alkalinitet 0.004 mekv/l, Ahl 1968) saknades helt 1973.

Siktdjupet har ökat på ett markant sätt från 9.3 m 1943 (Brundin 1949) till cirka 14.1 m 1969 (Mossberg och Nyberg, 1972).

Av de större konstituenterna har på senare år  $\text{SO}_4^{--}$ -koncentrationen ökat från 0.125 mekv/l 1966 (Ahl 1968) till 0.162 mekv/l 1973 (ytvattenprov), d.v.s. med cirka 30 %.



Kväve- och fosforkoncentrationerna i ytvattnet har minskat påtagligt under samma tid: Tot-N: 0.126-0.047 mg/l och tot-P: 0.029-0.004 mg/l. Den redan från början oligotrofa sjön förefaller alltså att under tiden 1966-1973 ha blivit extremt näringsfattig.

#### Bottenfauna

##### *Chironomidae*: Kvalitativa förändringar

Av Tabell 1 framgår att åtskilliga arter som påträffades av Brundin (1949) ej kunnat återfinnas 1973. Av dessa har Brundin funnit följande i ganska stort antal: *Ablabesmyia phatta*, *Heterotrissocladius määri*, *Parakiefferiella* sp., *Pentapedilum sordens* och *Tanytarsus lugens*. Samtliga dessa arter skulle med säkerhet, om de haft samma utbredning som på 1940-talet, ha påträffats även 1973.

Om ovannämnda arters förekomst och miljökrav är följande känt: *Ablabesmyia phatta* förekommer i oligo- och polyhumösa sjöar från norra Sverige till Österrike (Fittkau 1962) och enligt Thienemann (1941) kräver arten också ett pH mellan 5 och 9. *Heterotrissocladius määri* är en nordlig och kallstenoterm art som förekommer i humusfattiga oligotrofa sjöar (Brundin 1949). *Parakiefferiella bathophila* är vanlig och förekommer vitt utbredd i svenska sjöar, men tycks dock saknas i extremt humösa vatten (op.cit.). I den måttligt humösa och ganska sura sjön Vitalampa (pH~5) omkring 20 km väster om Västra Skälsjön är arten mycket vanlig (Eriksson et al. 1974). *Pentapedilum sordens* är enligt Brundin (1949) en av de vanligaste chironomidarterna i våra sjöar och tycks ha ganska ospecificerade miljökrav. *Tanytarsus lugens* har av Brundin endast påträffats som larver i Västra Skälsjön, varför artbestämningen kan vara något osäker. Arten är kallstenoterm och har en nordlig utbredning.

Av de arter som påträffades 1973 men ej 1943-1948 förekommer nu följande relativt rikligt och kläcker dessutom under tider som sammanfaller med Brundins provtagningstillfällen: *Procladius signatus*, *Corynoneura edwardsi* och *Tanytarsus aculeatus*. De två förstnämnda är arter med relativt ospecifica miljökrav (Brundin 1949, Wiederholm 1974) medan *Tanytarsus aculeatus* är funnen i Siljan och Ströms vattudal och förmodligen är en nordlig art (Reiss och Fittkau 1971).

##### *Chironomidae*: Kvantitativa förändringar

De olika chironomidarternas individtätheter 1943 respektive 1973 framgår av Tabellerna 2 och 3 och Fig. 1, 2, 3 och 4. Dominerande arter på 1940-talet var *Procladius* spp., *Pseudochironomus prasinatus*, *Stictochironomus rosenschöldi* och *Tanytarsus lugens*, medan *Limnochironomus pulsus*, *Microtendipes* spp., *Stictochironomus rosenschöldi* och *Micropsectra insignilobus* dominerade 1973. Av resultaten från kläckningstrattarna att döma är *Microtendipes chloris* var. *lugubris* den vanligaste *Microtendipes*-arten och *M. brevitarsis* tycks vara mindre vanlig.

Både *Limnochironomus pulsus* och *Microtendipes chloris* var. *lugubris* är arter med bred ekologisk valens, men utgör normalt ingen mera betydande

del av sjöars chironomidfauna. Deras kraftiga utveckling i Västra Skäl-sjön beror troligen på en minskad konkurrens från arter som har sämre tolerans mot låga pH-värden. Stora individtätheter av *M. chloris* har dock tidigare påträffats i starkt humösa sjöar (Lang 1931). *Tanytarsus lugens* är i jämförelse med *Micropsectra* spp. en mera utpräglad oligotrofiindikator (Wiederholm 1974).

Eftersom familjen *Chironomidae* innehåller en mängd arter med mycket skiftande krav på miljön, kan man förmoda att förändringar i denna (såsom en pH-sänkning) på ett mycket påfallande sätt kan förändra artsammansättningen i en sjö.

En genomgående tendens i chironomidfaunans förändring i Västra Skäl-sjön 1943-1973 är att arter med stora krav på miljön missgynnas till förmån för mera eurytopa arter. Exempel på detta är massförekomsten av *Microtendipes chloris* var. *lugubris* och *Limnochironomus pulsus*, att *Tanytarsus lugens* ersatts av *Micropsectra insignilobus*, att *Ablabesmyia phatta* ersatts av *A. monilis* samt att *Heterotrissocladius määri* helt har försvunnit. Ett undantag utgör *Parakiefferiella bathophila*, vilken tycks tåla ett lågt pH bättre i humusrikt vatten.

#### Övriga bottendjur

Övriga djurgrupper förutom *Chironomidae* som i olika sammanhang använts som miljöindikator är *Oligochaeta* och *Pisidium*. *Oligochaeta* uppvisade vid Brundins provtagning maximala individtätheter i litoralen för att sedan minska ut mot största djupet i sjön. 1973 var dock förekomsten av dessa djur sparsam ned till 12 m djup och hade maximala individtätheter på 12-16 m. Tyvärr har ingen artbestämning gjorts i någon av undersökningarna, men en trolig förklaring till ovannämnda skillnader torde ändå vara att en förändring skett i artsammansättningen.

Det har tyvärr ej heller varit möjligt att artbestämma *Pisidium*, då skalerna och därmed artkaraktärerna blivit uppmjukade vid formalinkonserveringen. Även vad gäller *Pisidium* har en kraftig förändring i djupfördelningen skett. Brundin fann *P. lilljeborgi* och *P. subtruncatum* på 2-6 m djup och *P. conventus* på större djup (8-18 m). 1973 påträffades endast enstaka exemplar på 12-13 m, vilket tyder på att litoralformerna *P. lilljeborgi* och *P. subtruncatum* försvunnit.

Brundin erhöll även *Valvata macrostoma* (*Gastropoda*) i sina prover. 1973 påträffades inga gastropoder i sjön, vilket inte är särskilt överraskande eftersom dessa djur är kända för att vara känsliga för surt vatten (Grahn och Hultberg 1974).

Av ordningen *Ephemeroptera* har Brundin endast funnit *Ephemera vulgata*. Denna art har dock inte kunnat återfinnas, men i stället påträffades *Leptophlebia vespertina*. Denna art är speciellt känd från humösa sjöar och tycks vara relativt resistent mot lågt pH (Kjellberg 1972, Eriksson et al. 1974).

Bland övriga djurgrupper synes inga större förändringar ha skett. *Asellus aquaticus* tycks kunna förekomma i de flesta vatten och *Sialis lutaria* har visat sig vara särskilt tålig mot låga pH-värden (Grahn och Hultberg 1974). Artsammansättningen inom *Trichoptera* har inte närmare studerats, varför några data om eventuella förändringar inom denna ordning ej finns.



## Fisk

## Historik

De första publicerade uppgifterna om Västra Skälsjön finner man i Svensk Fiskeritidskrift år 1899 där C.G. Gustafsson uppger att rödingyngel från sjön Gimén i Kopparbergs län utplanterats i Västra Skälsjön. I sjön fanns dessförinnan förmodligen endast abborre och elritsa samt sparsamt med öring (Arwidsson 1907). År 1901 uppger nämnde Gustafsson att röding utplanterades i sjön vårarna 1897, 1899 och 1900 (cirka 5.000/år). Under lekfiske i oktober 1901 fångades 20 st rödingar i storleken 41-45 cm (0.6-0.8 kg) (Gustafsson 1901), 1902 30 st (0.6-1.0 kg) och 1903 sammanlagt 39 fiskar (Arwidsson 1907). Den största hanen vägde då 1.3 kg och honorna var i storleken 0.6-0.9 kg. Därefter ökade fångstresultaten fram till 1906 då sammanlagt 152 rödingar fångades, men storleken var nu något mindre än tidigare (0.5-0.8 kg). Tillväxten förefaller alltså att ha minskat något under åren 1902-1907. Förmodligen utsattes mörtrommen (op.cit.) för att man ville tillföra någon lämplig bytesfisk och därigenom få en förbättrad tillväxt på rödingen. Denna inplantering misslyckades dock uppenbarligen totalt.

Därefter skedde av vad som framkommit inga ytterligare inplanteringar förrän 1950. Under åren 1950-1963 utplanterades sedan sammanlagt 8.700 st yngel eller 1-somriga fjällrödingar i sjön. Vid nätfiske (60 m länk) under hösten 1969 (Mossberg och Nyberg 1972) fångades sammanlagt 6 st rödingar varav den minsta fisken vägde 0.94 kg (medelvikt 1.2 kg). Det var alltså helt klart att någon reproduktion inte längre förekom i sjön. Försök gjordes därför att åter inplantera röding och under 1970-1972 utsattes sammanlagt 3.000 st 1-åriga och 2-somriga (vikt: 30-35 g) fiskar, vilka samtliga härstammade från den nedströms belägna Östra Skälsjön (Vättern-, Sommen- och fjällröding).

## Tillväxt

Det är högst sannolikt att de rödingar som fångades på hösten 1901 (Gustafsson 1901) härrörde från den första yngelutsättningen (1897) i sjön. De fångade fiskarna var i alla händelser högst 5-somriga och hade då en längd av 41-45 cm och vägde 0.6-0.8 kg.

De rödingar som utplanterades på sensommaren 1970 (1+) uppvisar en tillväxthastighet (Fig. 5) som är i stort sett identisk med den som noterades vid sekelskiftet. Av figuren förefaller det vidare som om tillväxten tillfälligt accelereras under fiskarnas andra sommar i sjön. Rödingens tillväxt i Västra Skälsjön är alltså fortfarande mycket god och fullt i klass med rödingens i t.ex. Vättern (Fig. 5).

Även abborrens tillväxt i sjön får anses vara bra i jämförelse med i andra skogssjöar i området (Mossberg och Nyberg 1972, Nyberg 1976).

## Näringsval

Det redovisade maganalytmaterialet är ganska litet och resultaten grundar sig på analys av sammanlagt 22 st rödingar (3-8 st/provfiske) och 50 st abborrar (14-20 st/provfiske). De fångade rödingarna var 15-43 cm och

abborrarna 13-28 cm stora. De flesta abborrar och rödingar fångades i april och juni på 2-6 m djup, medan näten på djupare vatten gav bättre resultat i augusti-september.

Rödingens och abborrens näringsval vid några olika tillfällen visas i Fig. 6. Därav framgår att rödingarna oftast till största delen ätit bottendjur, i första hand *Asellus aquaticus*. Vid två tillfällen (11.8 1971 och 23.9 1973) utgör *Bythotrephes* 47 respektive 100 volymprocent av maginnehållet. Enligt Nilsson (1955) åt rödingarna i Stora Blåsjön huvudsakligen bottendjur under vintern och under den isfria delen av året mest plankton, medan de stora rödingarna i Korsvattnet under sommaren huvudsakligen åt kläckande och adulta insekter. Anledningen till att rödingarna i Västra Skålsjön, med undantag för ett tillfälle (23.9 1973), i så stor utsträckning ätit *Asellus aquaticus* torde vara att *Sphagnum*-mattor, med riklig förekomst av ovannämnda djur, förekommer fläckvis på botten ända ut till det maximala djupet (F. Eriksson muntl. medd.).

*Bythotrephes* dominerande roll i maginnehållet vid två tillfällen är något överraskande eftersom djuret aldrig påträffats i något planktonprov (Grönberg et al. 1968, Mossberg och Nyberg 1972). Även Nilsson (1955) uppger att trots att *Bythotrephes* utgör 1-7 % av zooplankton i rödingfödan, har djuret aldrig påträffats i zooplanktonprov. Av Nilsson och Pejlers (1973) material kan man utläsa att *Bythotrephes longimanus* understundom påträffats i planktonprover från fisktomma sjöar, men mycket sällan i sjöar med fisk. Man kan alltså förmoda att djuret bl.a. genom sin storlek är ett mycket eftertraktat byte och att populationen därför betas ned mycket kraftigt av fiskarna. *Bythotrephes* stora betydelse som näringsdjur i Väneren (*B. cederstroemi*) och i öringsjöar har också tidigare påvisats av Nilsson (1974), Nilsson (1965) och Nilsson och Fagerström (1973).

I samma figur (Fig. 6) framgår abborrarnas näringsval vid tre tillfällen. Även abborrarna har till allra största delen livnärt sig av bottendjur, men i mindre grad än rödingen av *Asellus*. Lominerande djur var i stället *Sialis lutaria* och *Trichoptera*. Mossberg och Nyberg (1972) studerade abborrarnas näringsval vid 8 tillfällen under året i Västra Skålsjön och fann att de större fiskarnas föda i mars och maj huvudsakligen utgjordes av bottendjur (*Sialis lutaria*, *Leptophlebia vespertina*, *Asellus aquaticus* och *Chironomidae*). Under augusti-september åt fiskarna i betydligt större utsträckning (32-34 %) cladocerer och bland bottendjuren var *Trichoptera* av störst betydelse. Trots att abborrarna i nämnda undersökning fångats ganska grunt (0-5 m) tycks näringsvalet stämma ganska väl med de resultat som redovisas i Fig. 6.

Av samma figur att döma förefaller det, åtminstone vid provtagningstillfällena, inte att förekomma någon större näringskonkurrens mellan röding och abborre i sjön. Orsaken till detta är sannolikt i första hand att röding-(omkring 3.000 fiskar inplanterade) och sannolikt även abborrbeståndet är mycket litet, varför födotillgången är mycket god och fiskarna därför kan äta av vad de vill. Liknande iakttagelser, d.v.s. att det förekommer en klar "lyxkonsumtion" i mycket glesa fiskbestånd, har tidigare gjorts i Klotenområdet (Nyberg opubl.).



### Effekter av försurningen

De mest påtagliga effekterna av försurningen är elritsans totala försvinnande och den uteblivna rödingreproduktionen. Elritsan förefaller att vara mycket känslig för låga pH-värden och uppvisade en hög dödlighet redan i pH-intervall 5.2-5.5 (Hultberg 1975).

Fram till hösten 1970 kunde enstaka stora rödingar (max.vikt 2.7 kg) fångas i sjön. Vid några tillfällen under lektiden observerades också några mycket stora rödingar på grunt vatten, där även flera lekfläckar kunde observeras. De rödingar som inplanterades 1970-1972 märktes samtliga genom att fettfenan klipptes bort. Sedan 1971 har cirka 250 rödingar fångats i sjön och samtliga härrörde från dessa utsättningar. Man kan alltså med säkerhet påstå att de observerade lekarna misslyckats helt. Fiskarnas känsligaste tid för låga pH-värden verkar vara tiden omedelbart efter kläckningen, (Milbrink och Johansson 1975) och det är troligt att antingen rommen eller det nykläckta ynglet inte överlevt i de låga pH-värden som vanligtvis noteras i sjöarna i samband med snösmältningen på våren. Däremot är det helt klart att äldre fiskar överlever och även uppvisar en mycket god tillväxt.

Under våren 1971 fiskades abborre under leken med finmaskiga ryssjor. Av Fig. 7 framgår den relativa storleksfördelningen i abborrpopulationen under denna tid. Hanarna börjar att leka vid 10-12 cm längd (2-3 års ålder), vilket förefaller att vara helt normalt (Alm 1959, Nyberg 1976). Honorerna däremot blir köns mogna först vid 5 års ålder (cirka 16 cm) och de flesta lekande honorerna är ganska stora. Under lekfiske 1972 fångades drygt 1.000 abborrar varav endast 1.6 % var köns mogna honor. I vanliga fall utgör honorerna 10-26 % av den lekande abborrpopulationen (Alm 1952, Nyberg 1976). Åtskilliga honor i storleksklassen 20-30 cm hade också helt utvecklade rom. Det förefaller alltså som om honorernas köns mognad och därmed även abborreproduktionen skulle ha påverkats av försurningen.

Genom att fiskarna i sjön kan leva av bytesdjur som i normala fall inte utgör någon väsentlig del av födan i skogssjöar, (Alm 1921, Kjellberg 1971, Nyberg 1976), kan man misstänka att fiskpopulationerna är ganska små. Av Almers (1972) resultat från provfisken i försurade västkustsjöar kan man utläsa att fångsten/nättnatt var minst i de mest försurade sjöarna. Om man följer Anderssons (1972) indelning av sjöarna i olika pH-intervall erhålles följande medelfångster/nättnatt: pH < 4.95: 13.13 fiskar, pH 4.95-5.55: 19.9, pH 5.55-6.55: 25.7 och pH > 6.55: 55.6 fiskar. Huvuddelen av fångsterna utgjordes i samtliga fall av abborre och/eller mört. Nämnade Andersson (1972) har utfört maganalyser på abborrar ur samma material och funnit att abborrarna i surare sjöar i ganska hög grad livnärt sig av *Bythotrephes*. I Fig. 8 har en sammanställning gjorts av Almers (1972) fångstresultat och den konsumerade andelen *Bythotrephes* i procent av det totala antalet "små plankton" (=samtliga planktondjur utom *Leptodora* och *Chaoborus*). Antalet värden i diagrammet är litet, men varje medelvärde grundar sig på resultat från 11-13 olika sjöar. Av figuren framgår klart att i de surare sjöarna (där reproduktionen påverkats) är fångstresultatet dåligt, d.v.s. fiskpopulationen liten och fiskarna kan här äta *Bythotrephes* i stor utsträckning utan att i alltför hög grad beta ned populationen. Vid högre

fisktätheter (här = högre pH) tillåts aldrig *Bythotrephes* att tillväxa så mycket i antal att djuret får någon stor betydelse som fiskföda. Tyvärr har fisket i Västra Skålsjön bedrivits med andra typer av nät än i västkustsjöarna, varför ingen jämförelse kan göras mellan fångstresultaten. Av fiskarnas näringsval att döma (Fig. 6) kan man dock våga påstå att även abborrpopulationen kraftigt påverkats av försurningen i sjön. Milbrink och Johansson (1975) har också visat att abborrommens kläckning kan reduceras kraftigt redan vid pH-värden mellan 5 och 6.

#### LITTERATUR

- Ahl, T. 1968. Limnologiska studier i Malingsbo-Klotenregionen. II. Jon-sammansättning, närsalter och organisk substans. Limnol.Inst. Uppsala Medd. Mälarundersökningen 19. 38 p.
- Alm, G. 1921. Undersökningar över tillväxt och föda hos Klotentjärnarnas fiskarter. Ur Klotentjärnarna. Medd. K. Lantbr.Styr. 232:119-144.
- 1952. Year class fluctuations and span of life of perch. Rep.Inst. Freshw.Res. Drottningholm 33:17-38.
- 1959. Connection between maturity, size and age in fishes. Rep.Inst. Freshw.Res. Drottningholm 40:1-145.
- Almer, B. 1972. Försurningens inverkan på fiskbestånd i västkustsjöar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (12). 47 p.
- Andersson, B. 1972. Abborrens näringsval i försurade västkustsjöar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (17). 21 p.
- Arwidsson, I. 1907. En rödinginplantering i Västmanland. Svensk Fisk.Tidskr. 16(6):167-170.
- Brundin, L. 1949. Chironomiden und andere Bodentiere der sydschwedischen Urgebirgsseen. Rep.Inst.Freshw.Res. Drottningholm 30. 914 p.
- 1956. Zur Systematik der Orthocladiinae (Dipt. Chironomidae). Rep. Inst.Freshw.Res. Drottningholm 37:5-185.
- Dickson, W., E. Hörnström, C. Ekström och B. Almer. 1975. Rödingsjöar söder om Dalälven. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (7) 140 p.
- Eriksson, E., J.-Å. Johansson, P. Mossberg, P. Nyberg, H. Olofsson och L. Ramberg. 1974. Ekosystemets struktur i sjön Vitalampa. Klotenprojektet. Rapport 4. Scripta Limnol. Ups. 10A/370. 126 p.
- Fittkau, E.J. 1962. Die Tanypodinae (Dipt. Chironomidae). Abhandlungen zur Larvalsystematik der Insekten. 6. 453 p. Berlin.
- Grahn, O. 1975. Macrophyte succession in Swedish lakes caused by deposition of airborne acid substances. Paper presented at the First International Symposium on Acid Precipitation and the Forest Ecosystem, Columbus, Ohio (May 12-15, 1975). IVL. Medd. B 245. 14 p.
- och H. Hultberg. 1974. Försurningens effekter på oligotrofa sjöars ekosystem - integrerade förändringar i artsammansättning och dynamik. Meddelande nr 2 från gruppen för försurningsforskning. IVL. Medd. B. 192. 25 p.



- Grönberg, B., L. Ramberg och E. Winbladh. 1967. Limnologiska studier i Malingsbo-Klotenregionen. I. Fysikaliska-kemiska faktorer. Limnol. Inst. Uppsala. Medd. Mälarundersökningen 18. 103 p.
- G. Schuisky och A.-B. Skommar. 1968. Limnologiska studier i Malingsbo-Klotenregionen. III. Biologiska undersökningar. Limnol. Inst. Uppsala. Medd. Mälarundersökningen 20. 98 p.
- Gustafsson, C.G. 1899. Fiskodlingsföretag i Västmanlands län 1898-1899. Svensk Fisk.Tidskr. 8(4):184-187.
- 1901. Fiskodlingen i Västmanland 1900-1901. Svensk Fisk.Tidskr. 10(4):173-178.
- Hultberg, H. 1975. Thermally stratified acid water in late winter - a key factor inducing self-acceleration processes which increase the acidification process. Paper presented at the First International Symposium on Acid Precipitation and the Forest Ecosystem, Columbus, Ohio (May 12-15, 1975). IVL. Medd. B 246. 22 p.
- Kjellberg, G. 1971. Ett tusenbrödrabestånds (*Perca fluviatilis*) näringsökologi i en mindre skogstjärn. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (4). 104 p.
- 1972. Autekologiska studier över *Leptophlebia vespertina* (Ephemeroptera) i en mindre skogstjärn. Ent.Tidskr. 93(1-3). 29 p.
- Lang, K. 1931. Faunistisch-ökologische Untersuchungen in einigen seichten oligotrophen bzw. dystrophen Seen in Südschweden. K.Fysiogr.Sällsk. Lund. Handl. N.F. 42(18):1-73.
- Milbrink, G. och N. Johansson. 1975. Some effects of acidification on roe of roach, *Rutilus rutilus* L., and perch, *Perca fluviatilis* L. - with special reference to the Åvaå lake system in eastern Sweden. Rep.Inst.Freshw.Res. Drottningholm 54:52-62.
- Mossberg, P. och P. Nyberg. 1972. Abborrens tillväxt och näringsval i fyra tjärnar. VI. Limnologiska studier i Malingsbo-Klotenregionen. Limnol.Inst.,Uppsala. Medd. Mälarundersökningen 51. 25 p.
- Nilsson, N.-A. 1955. Studies on the feeding habits of trout and char in north Swedish lakes. Rep.Inst.Freshw.Res. Drottningholm 36:163-225.
- 1965. Food segregation between salmonid species in North Sweden. Rep.Inst.Freshw.Res. Drottningholm 46:58-78.
- 1974. Fiskens näringsval i öppna Vänern. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (17). 57 p.
- och Å. Fagerström. 1973. En reglerad sjö med enbart öring. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (12). 11 p.
- och B. Pejler. 1973. On the relation between fish fauna and zooplankton composition in North Swedish lakes. Rep.Inst.Freshw.Res. Drottningholm 53: 51-77.
- Nyberg, P. 1976. Production and food consumption of perch in two Swedish forest lakes. Klotenprojektet. Rapport 6. Scripta Limnol. Ups. 12/421. 97 p.
- Odén, S. och T. Ahl. 1970. The acidification of Scandinavian lakes and rivers. Ymer, Årsbok 1970. p.103-122.

- Reiss, F. och E.J. Fittkau. 1971. Taxonomie und Ökologie europäisch verbreiteter Tanytarsus-Arten (Chironomidae, Diptera). Arch.Hydrobiol. Suppl. 40:75-200.
- Svärdson, G. 1976. Översikt av laboratoriets verksamhet med plan för år 1976. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 38 p.
- Thienemann, A. 1941. Lappländische Chironomiden und ihre Wohngewässer. Arch.Hydrobiol. Suppl. 17:1-253.
- Wiederholm, T. 1974. Studier av bottenfaunan i Mälaren. Naturvårdsverkets limnologiska undersökning. NLU Rapp. 71. 235 p.
- Wülker, W. 1956. Zur Kenntnis der Gattung *Psectrocladius* Kieff. (Dipt. Chironom.) Individuelle Variabilität, Grenzen und Möglichkeiten der Artertrennung, Ökologie und Verbreitung. Arch. Hydrobiol. Suppl. 24:1-66.

SUMMARY: EFFECTS OF ACIDIFICATION ON BOTTOM FAUNA AND FISH IN LAKE  
VÄSTRA SKÄLSJÖN

The purpose of the investigation was to study the effects of the increased acidification on bottom fauna and fish in Lake Västra Skälsjön, located about 150 km NW of Uppsala.

The area of the lake is about 40 hectares with a relatively small drainage area (150 hectares). The turnover time of the water is rather long (5-5.5 years). The lake is very oligotrophic with clear water (Secchi disc: 12-14 m) and low concentrations of plant nutrients (Tot-N: 0.126-0.047 mg N/l; Tot-P: 0.029-0.004 mg P/l).

From 1943-67 the pH has decreased from 6.3 to 4.5-4.6. During 1970-73 there was a slight rise to 5.2-5.5, probably due to the snow-poor winters during this period.

The bottom fauna study was planned as a direct copy of Brundin's study in 1943-48 (Brundin 1949). Samples were taken with an Ekman dredge at 9 points from the shore to the maximum depth. Adult insects were collected weekly in funnel traps and by netting over the water surface and among shore vegetation.

The following chironomid species were found in great numbers by Brundin in 1943, but could not be found in 1973: *Ablabesmyia phatta*, *Heterotrissocladius määri*, *Parakiefferiella* sp., *Pentapedilium sordens* and *Tanytarsus lugens*. On the other hand the following species were found in 1973 but not in 1943: *Procladius signatus*, *Corynoneura edwardsi* and *Tanytarsus aculeatus*. In 1943 the chironomid fauna was dominated by *Procladius* spp., *Pseudochironomus prasinatus*, *Stictochironomus rosenschöldi* and *Tanytarsus lugens*, and in 1973 *Limnochironomus pulsus*, *Microtendipes* spp., *Stictochironomus rosenschöldi* and *Micropsectra insignilobus* were dominating.



From the changes in species composition it seems evident that the increased acidity in the lake has led to an elimination of certain species that are particularly sensitive to low pH. Generally speaking, it seems as if species with very specific requirements of water quality have diminished or even been eliminated and replaced by more eurytopic species, which do not occur in great numbers in more alkaline lakes.

Among the other invertebrates *Valvata macrostoma* (Gastropoda) and *Ephemera vulgata* (Ephemeroptera) have disappeared since 1943.

The fish fauna of the lake apparently originally consisted of perch (*Perca fluviatilis* L.), minnow (*Phoxinus phoxinus* L.) and a few brown trout (*Salmo trutta* L.). During 1897-1900 about 15 000 fry of Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.) were stocked. The growth rate of the char was very good and soon the lake was inhabited by a self-sustaining char population.

Due to the increased acidity there are no minnows left now and the char ceased to reproduce around 1960. At present the char population consists of a few old individuals. During 1970-72 about 3 000 one-summer-old char were stocked, and with a very good result. It is evident, as has been shown earlier, that the egg-fry phase is the most sensitive period in the fish's life and that older char can survive at a pH around 5.

In 1971-72 the perch population was found to be rather small and only a few mature females were captured. So it is possible that the low pH has affected the maturation of the females as well as the hatching of the eggs.

The food of perch was found to consist of *Trichoptera* and *Megaloptera* larvae and for char mostly of *Asellus aquaticus*. Occasionally a great proportion of the food of both fishes was found to consist of *Bythotrephes longimanus*.

Tabell 1. Chironomidae, arter påträffade i Västra Skälsjön 1943-1948 respektive 1973.

	Arter på-		Synonymer i Brundin 1949
	träffade 1943-48	1973	
<i>Ablabesmyia longistyla</i> Fittkau		x	
<i>A. monilis</i> L.		x	
<i>A. phatta</i> Eggert	x		
<i>Arctopelopia grieseipennis</i> v.d. Wulp		x	<i>Ablabesmyia grieseipennis</i>
<i>Krenopelopia binotata</i> Wiedemann	x		<i>Ablabesmyia binotata</i>
<i>Macropelopia goetghebueri</i> Kieff.		x	
<i>Procladius choreus</i> Meig.		x	
<i>P. islandicus</i> Gtgh.		x	
<i>P. nigriventris</i> Kieff.		x	
<i>P. nudipennis</i> Brund.	x	x	
<i>P. signatus</i> Zett.		x	
<i>Zavreliomyia melanura</i> Meig.	x		<i>Ablabesmyia melanura</i>
<i>Corynoneura edwardsi</i> Brund.		x	
<i>Heterotanytarsus apicalis</i> Kieff.		x	
<i>Heterotrissocladius grimshawi</i> Edw.	x	x	
<i>H. marcidus</i> Walk.	x	x	
<i>H. määri</i> Brund.	x		
<i>Limnophyes jemtlandicus</i> Brund.		x	
<i>Mesocricotopus thienemanni</i> Gtgh.	x		<i>Acricotopus thienemanni</i>
<i>Monodiamesa bathyphila</i> Kieff.	x	x	
<i>Parakiefferiella bathophila</i> Kieff.	x		
<i>P. coronata</i> Edw.	x		
<i>Protanypus morio</i> Zett.	x	x	
<i>Psectrocladius calcaratus</i> Edw.	x	x	
<i>P. edwardsi</i> Brund.	?	x	
<i>P. psilopterus</i> Kieff.	?	x	<i>P. sordidellus</i>
<i>Cryptochironomus</i> sp.		x	
<i>Cryptocladopelma viridula</i> Edw.	x	x	
<i>Demicryptochironomus vulneratus</i> Zett.	x	x	
<i>Endochironomus intextus</i> Edw.	x	?	
<i>Glyptotendipes</i> sp.		x	
<i>Lenzia flavipes</i> Meig.	x	x	
<i>Limnochironomus pulsus</i> Edw.	?	x	
<i>Microtendipes brevitarsis</i> Brund.	?	x	
<i>M. chloris</i> Meig var. <i>lugubris</i> Kieff.	?	x	
<i>Pagastiella orophila</i> Edw.	x	x	
<i>Pentapedilum sordens</i> v.d. Wulp	x		
<i>P. tritum</i> Edw.	x		
<i>Polypedilum convictum</i> -gr.	x	x	
<i>P. nubeculosum</i> -gr.	?	x	
<i>P. pullum</i> Zett.	?	x	
<i>Pseudochironomus prasinatus</i> Staeg.	x	x	
<i>Sergentia coracina</i> Zett.	x	x	
<i>S. longiventris</i> Kieff.		x	
<i>Stenochironomus gibbus</i> Fabr.	x		



Tabell 1 forts.

1943-48 1973

<i>Stictochironomus pictulus</i> Meig.	x	
<i>S. rosenschöldi</i> Edw.	x	x
<i>Cladotanytarsus</i> sp.	x	x
<i>Micropsectra insignilobus</i> Kieff.	?	x
<i>M. monticola</i> Edw.	x	?
<i>Stempellina bausei</i> Edw.	x	
<i>Stempellinella brevis</i> Edw.	x	
<i>Tanytarsus aculeatus</i> Brund.		x
<i>T. curticornis</i> Kieff.	x	
<i>T. gregarius</i> Kieff.		x
<i>T. inaequalis</i> Gtgh.		x
<i>T. innarensis</i> Brund.	x	x
<i>T. lestagei</i> Gtgh.	x	x
<i>T. lugens</i> Kieff.	x	
<i>T. nemorosus</i> Edw.	x	
<i>T. recurvatus</i> Brund.	x	

Tabell 2. Västra Skälsjön antal ind./m<sup>2</sup> på olika djup 26/4 1973.

Djup i m	1.5	2	4	6	8	10	12-13	14-16	18
Ceratopogonidae		20	20		20				
Ablabesmyia spp.					40		20		40
Arctopelopia sp.		40							
Procladius spp.	60	40	240	160	180	220		360	20
Heterotanytarsus apicalis				20		20	20		
Heterotrissocladius grimshawi	20	20		240	360	260	20	20	
H. marcidus	20	780	140	60	120	100			
Monodiamesa bathyphila							40		
Protanypus morio				20		20			
Psectrocladius spp.	760	740	120	60	60	20	40	20	60
Orthoclaadiinae cet.						40			
Cryptocladopelma viridula		20	20						
Cryptochironomus sp.					20				
Demicryptochironomus vulneratus		20							
Endochironomus dispar-gr.	20								
Glyptotendipes sp.							40		
Limnochironomus pulsus	60	260	540	1620	2680	480	80	20	
Microtendipes spp.	40	1460	1060	280	180				
Pagastiella orophila			60	160	160	60			
Polypedilium convictum-gr.	80	80	120		40	20			
P. nubeculosum-gr.	60								
Pseudochironomus prasinatus	20	40							
Sergentia spp.					20	20	20	780	20
Stictochironomus rosenschöldi			20	40	60	860	4020	1920	
Cladotanytarsus sp.		20	60		40				
Micropsectra insignilobus						20	40	2400	
Tanytarsus sp. 1	40	20							
T. sp. 2	340	40							
T. sp. 3	60								
T. sp. 4			20		20	60	20		
T. sp. 5				20	60				
T. sp. 6					20				
Summa	1580	3600	2420	2680	4080	2200	4360	5520	140
Asellus aquaticus	460	180	60		120		160	40	
Leptophlebia vespertina	100	40							
Sialis lutaria	20	20	40						
Phryganidae	80	20							
Polycentropidae					20	40			
Leptoceridae		20							
Hydracarina						20		20	40
Oligochaeta	80	40			40	20	640	180	
Pisidium sp.							40		
Samtliga djurgrupper	2320	3920	2520	2680	4260	2280	5200	5760	180



Tabell 3. Västra Skälsjön antal ind./m<sup>2</sup> på olika djup (Brundin 1949).

Djup i m	4	6	8	10	12-13	14	16	18
Lezzeria-gr.		9						
Sphaeromias	137	100	36	55				34
Ablabesmyia		18						
Procladius	69	270	36	73	233	576	466	158
Heterotrissocladius grimshawi		9	46	55	356	14		
- määri				9	14		46	76
Monodiamesa bathyphila				18	96		36	
Parakiefferiella	124	9	18		14			
Protanypus morio				27	14	69		7
Psectrocladius psilopterus-gr.		9		27	14		9	
- B		9						
Orthoclaadiinae cet.					14			20
Limnochironomus	41	55	18					
Microtendipes	14	9	9	9				
Pagastiella orophila	69	146	46					
Polypedilum convictum-gr.	41	9		9				
Pseudochironomus prasinatus	534	82						
Sergentia coracina						165	27	254
Stictochironomus rosenschöldi			18	73	713	27	256	48
Cladotanytarsus		9						
Microspectra monticola				9				
Stempellinella brevis							9	
Tanytarsus gregarius-gr.	123	238	201	1434	2480	384	128	
- Typus II	69	37				41	9	
Summa	1221	1018	428	1798	3948	1276	986	597
Turbellaria			9	55	14		18	41
Nematodes	150	64	46	18			45	14
Oligochaeta	151	109	119	73	69	27	64	8
Hirudinea								8
Cyclops	14	55	82	110	41	55	18	
Asellus aquaticus	589	411	630	164	14	41		
Pisidium	192	137	329	201	260	220	192	8
Mollusca cet.	14							
Hydracarina			9	36	55	96	46	48
Ephemera vulgata	28	46	18					
Sialis		36						
Trichoptera	27	18	36	27				
Chironomidae	1221	1018	428	1798	3948	1276	986	597
Övriga djur		55		9				
Samtliga djurgrupper	2386	1949	1706	2491	4401	1715	1369	724

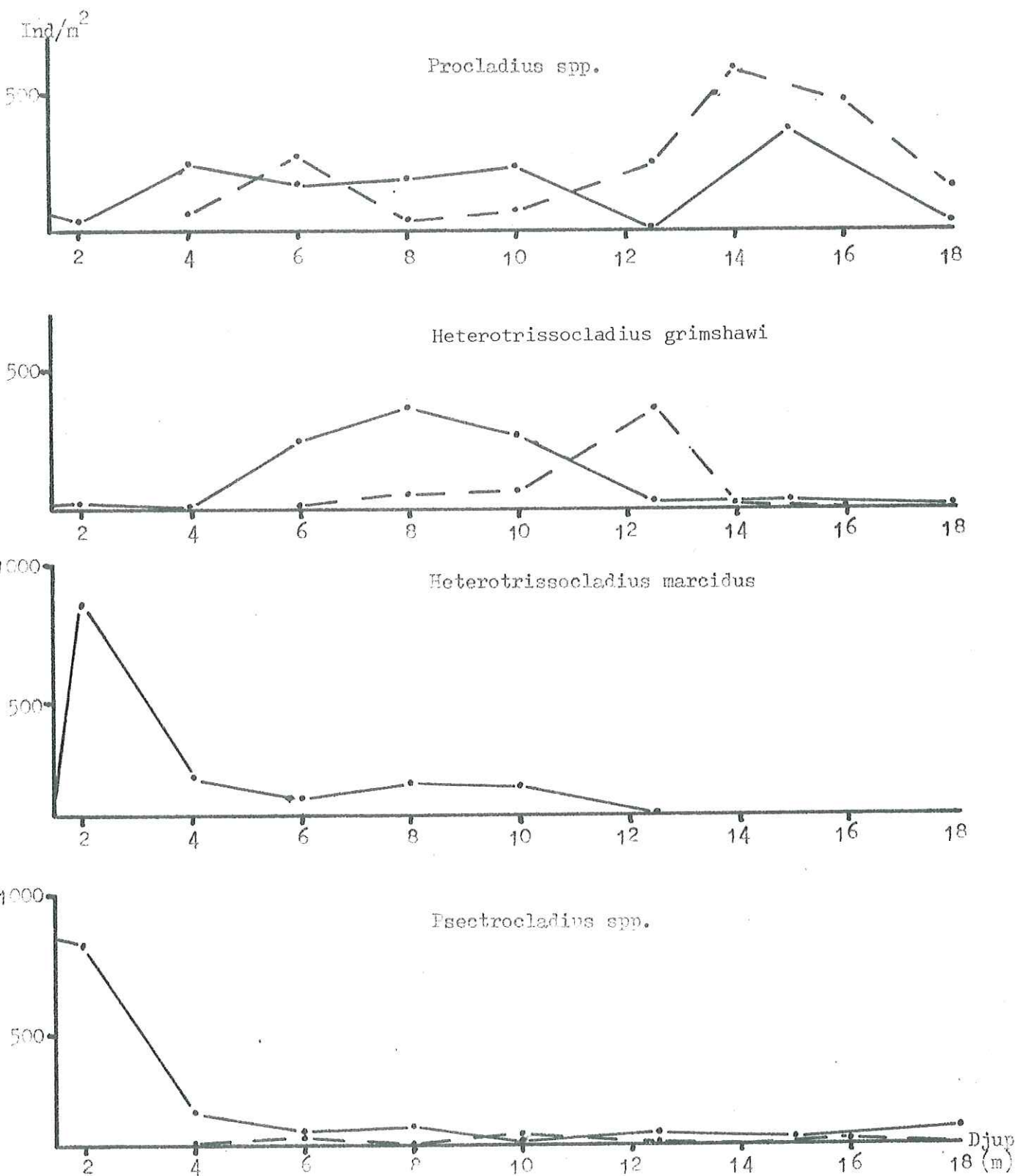
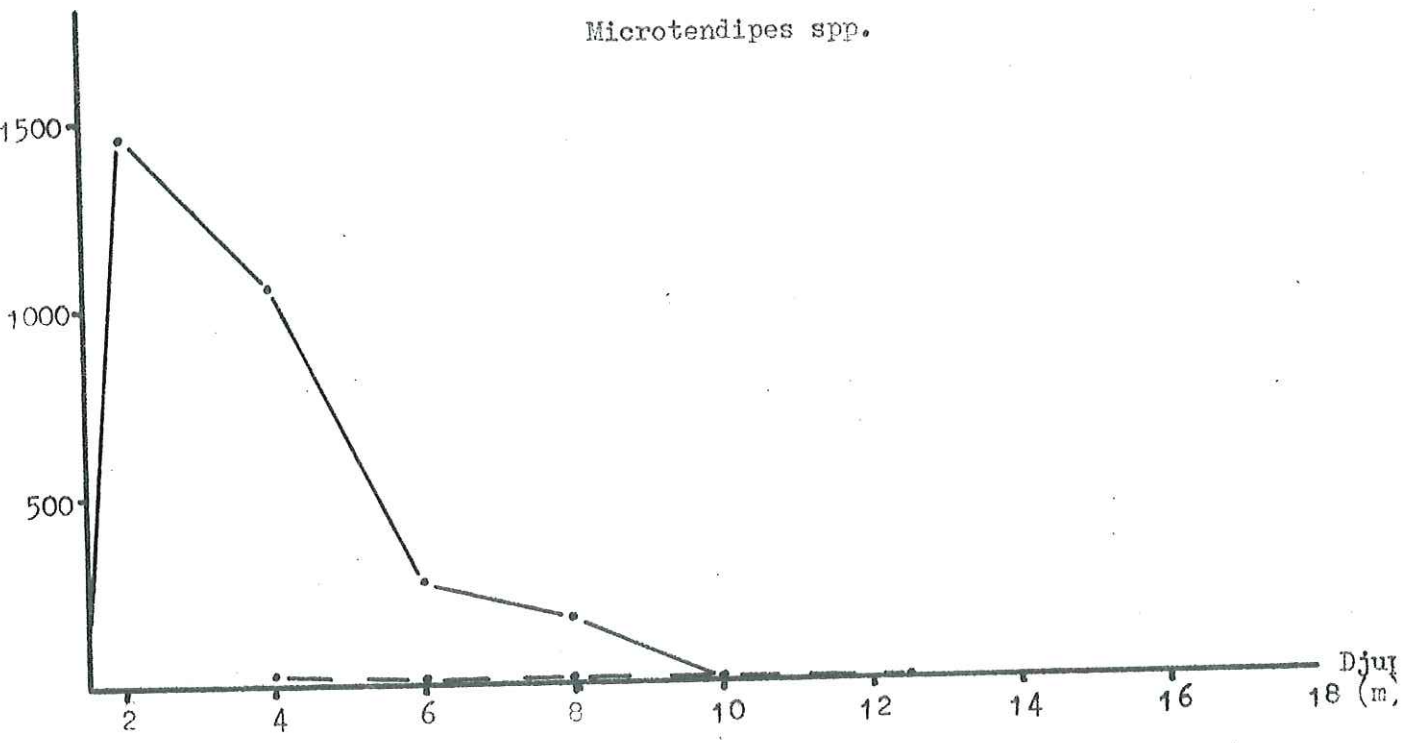
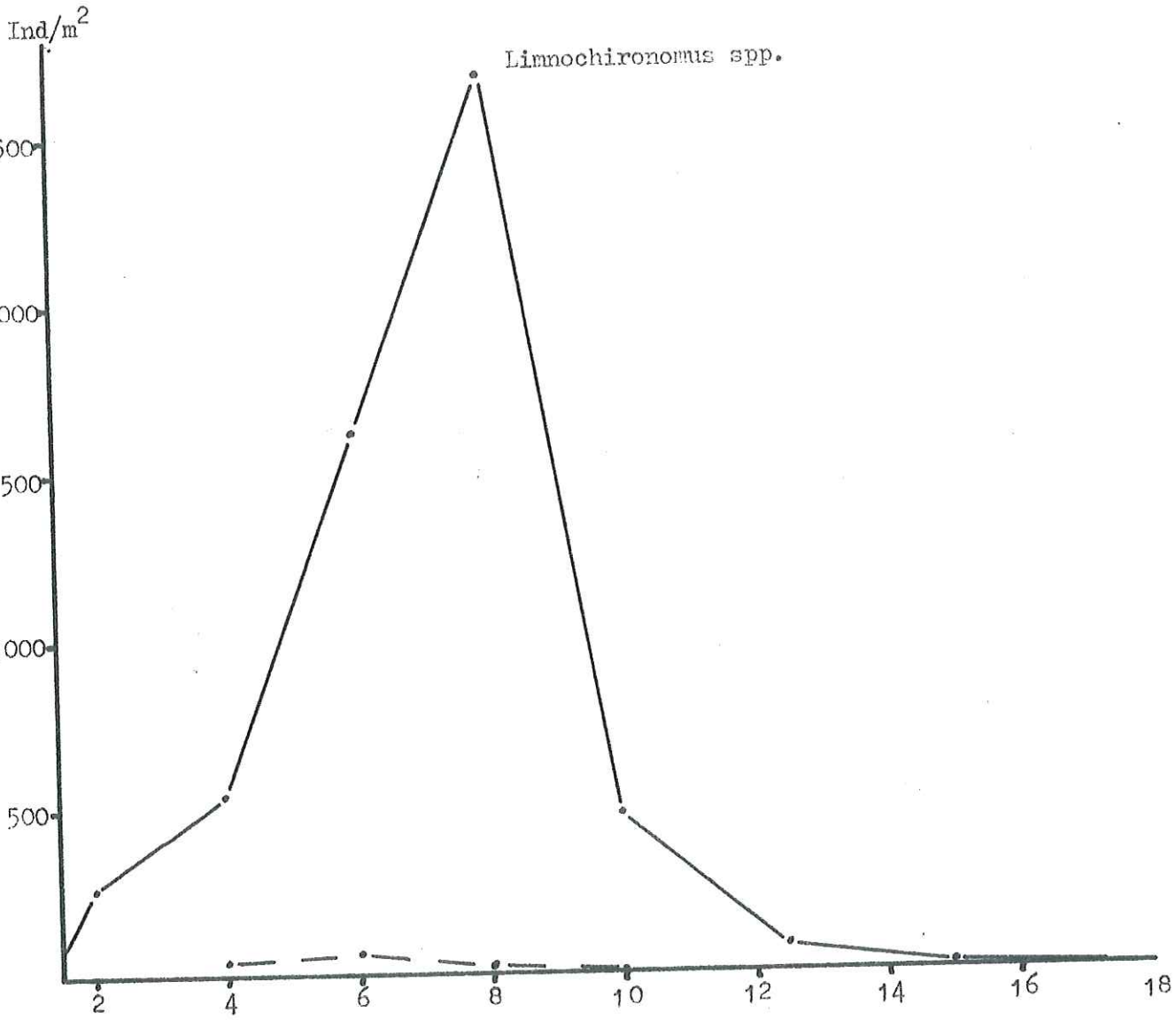
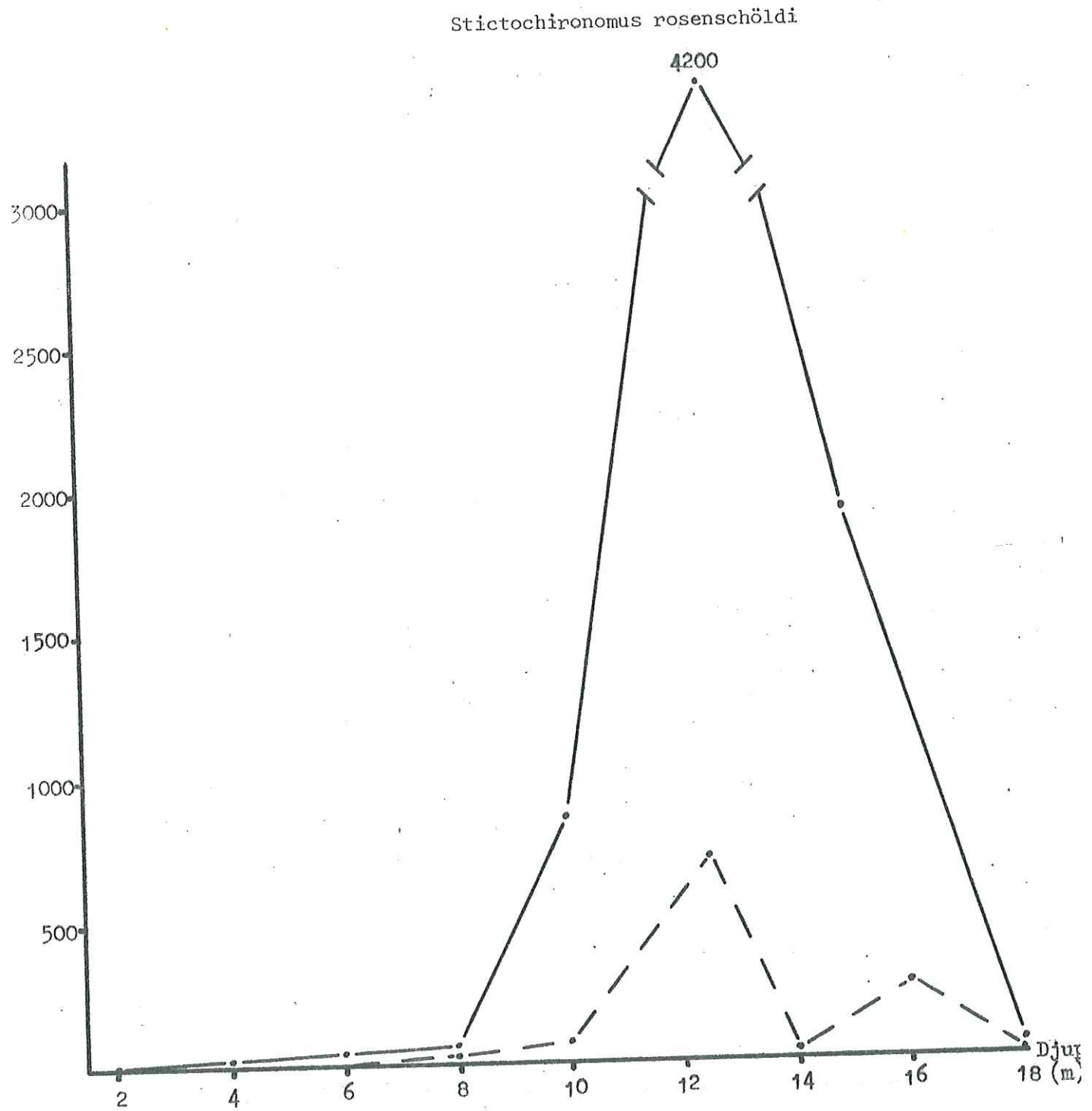
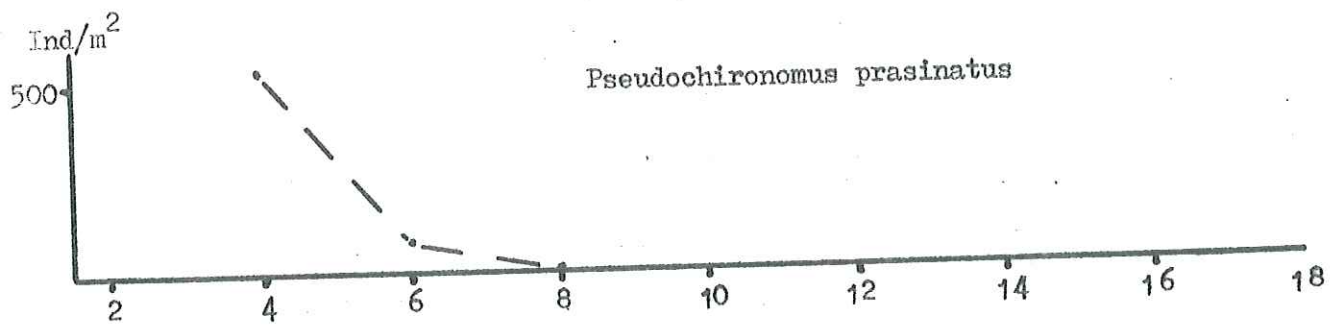


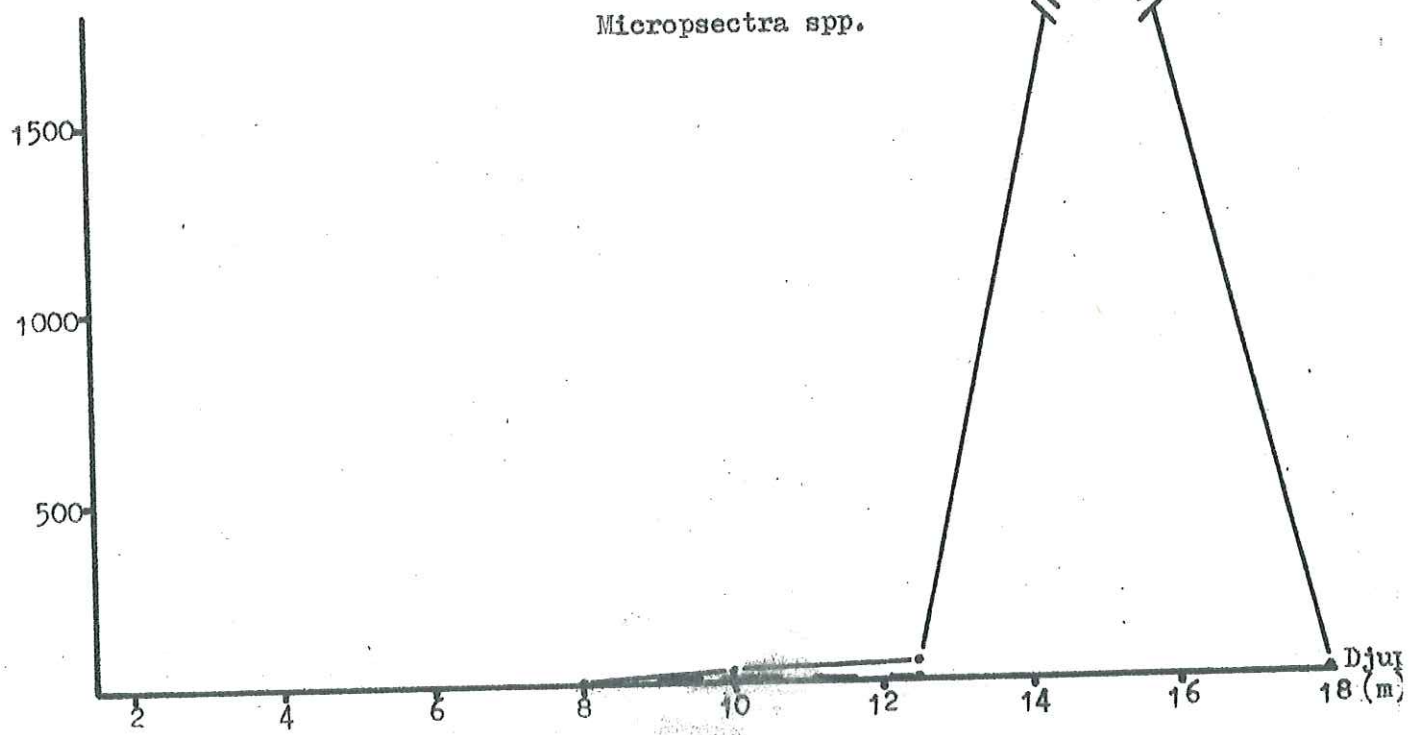
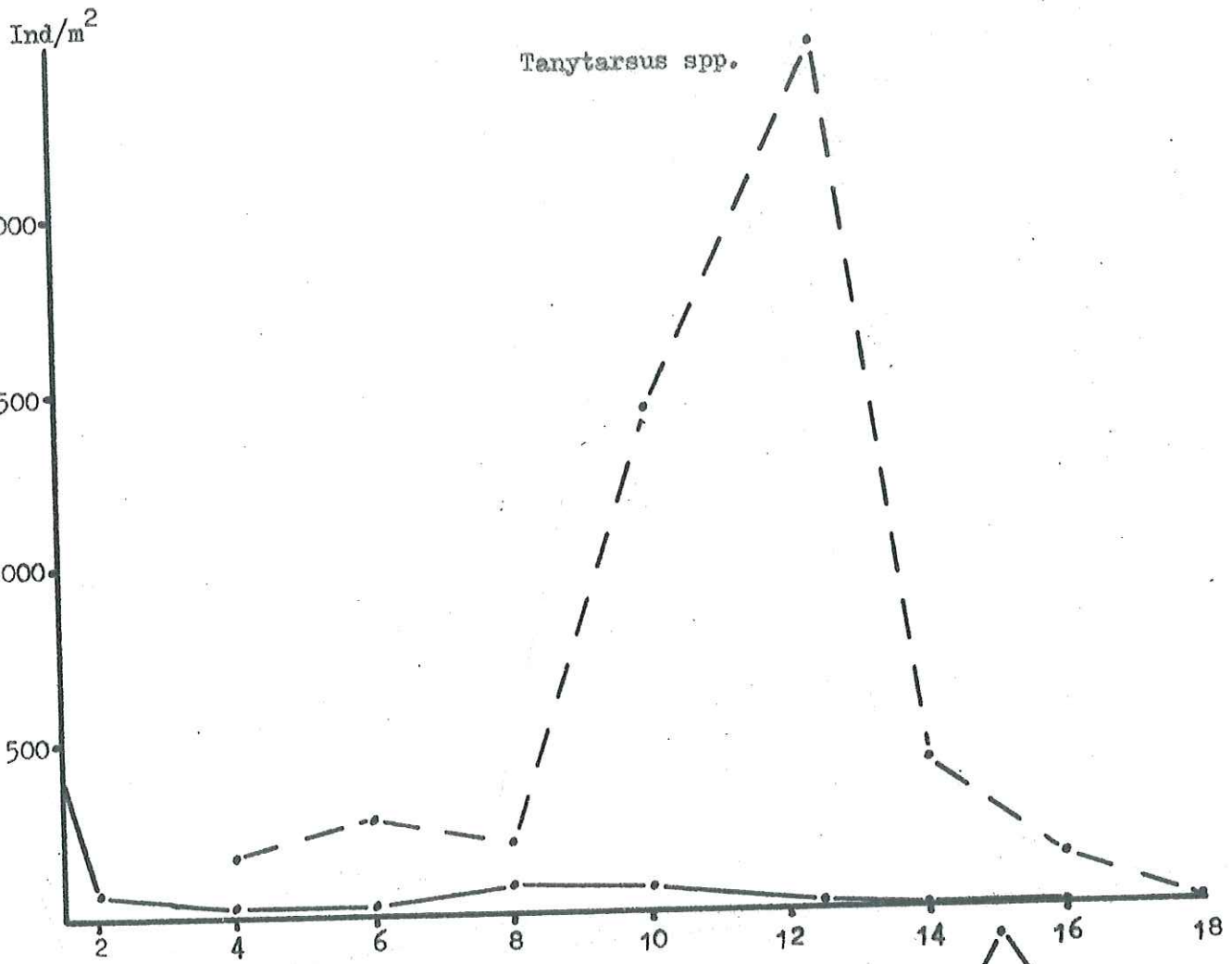
Fig. 1 - 4. Några chironomidarters djupfördelning i Västra Skälsjön  
1943 --- resp. 1973 — .











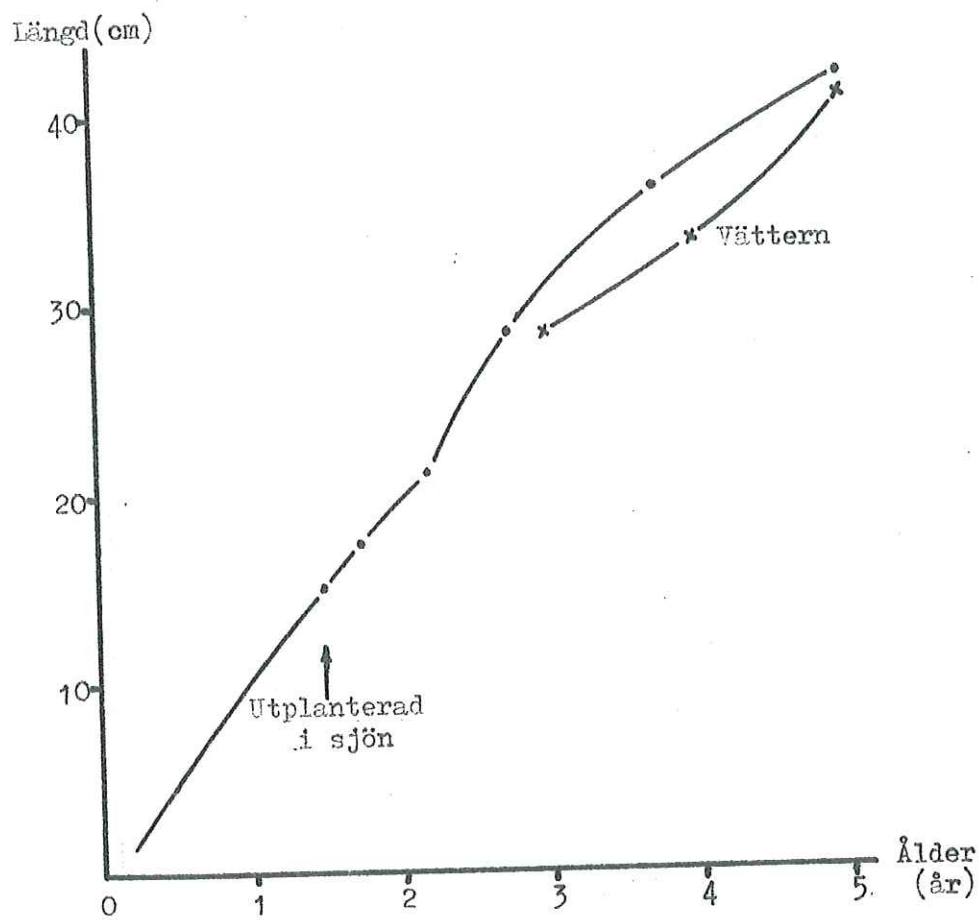


Fig. 5. Rödingens tillväxt i Västra Skälsjön och Vättern.  
(Efter Andersson 1964)



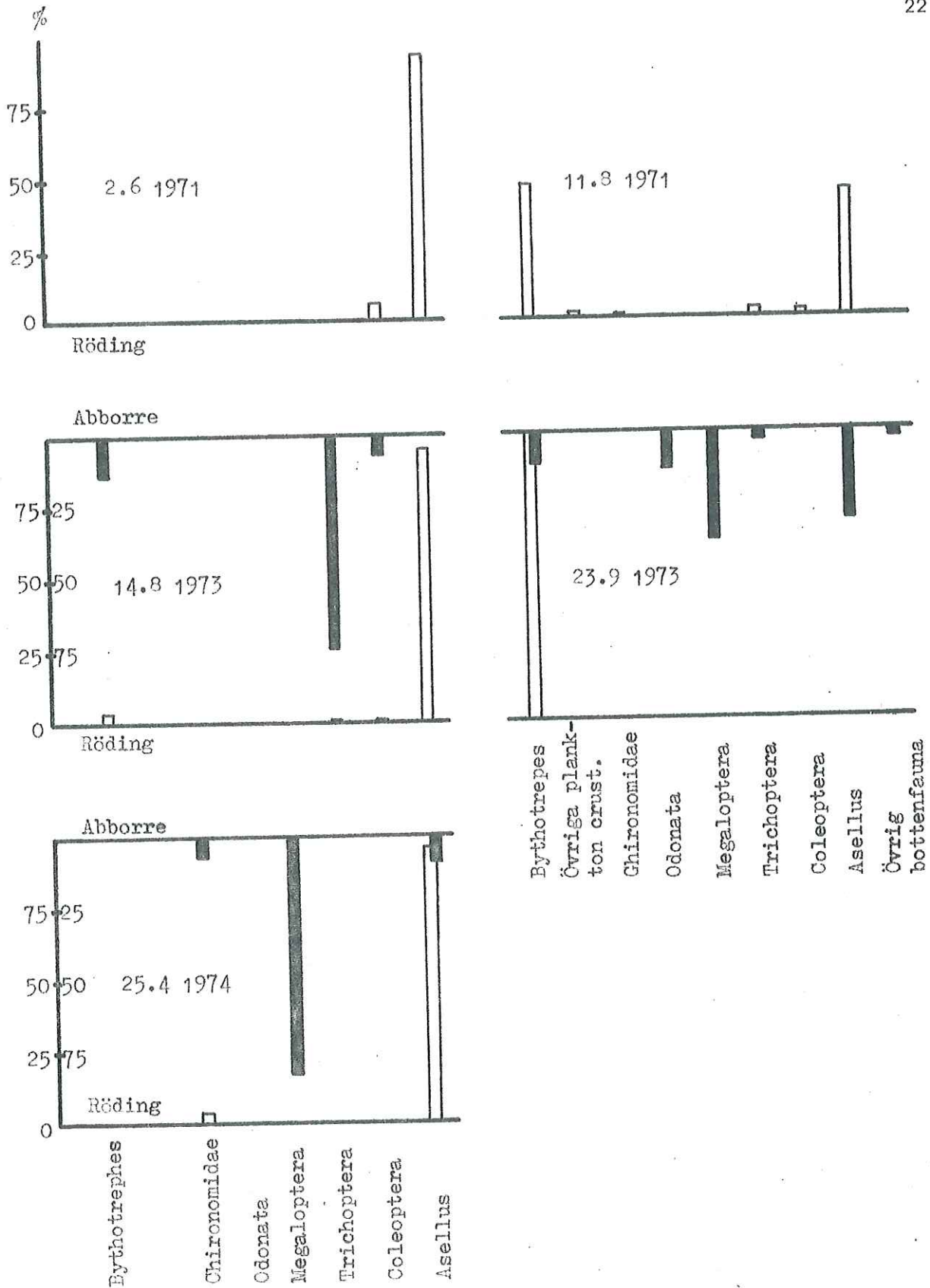


Fig. 6. Rödingens och abborrens näringsval i Västra Skälsjön (medelvolymsprocent).

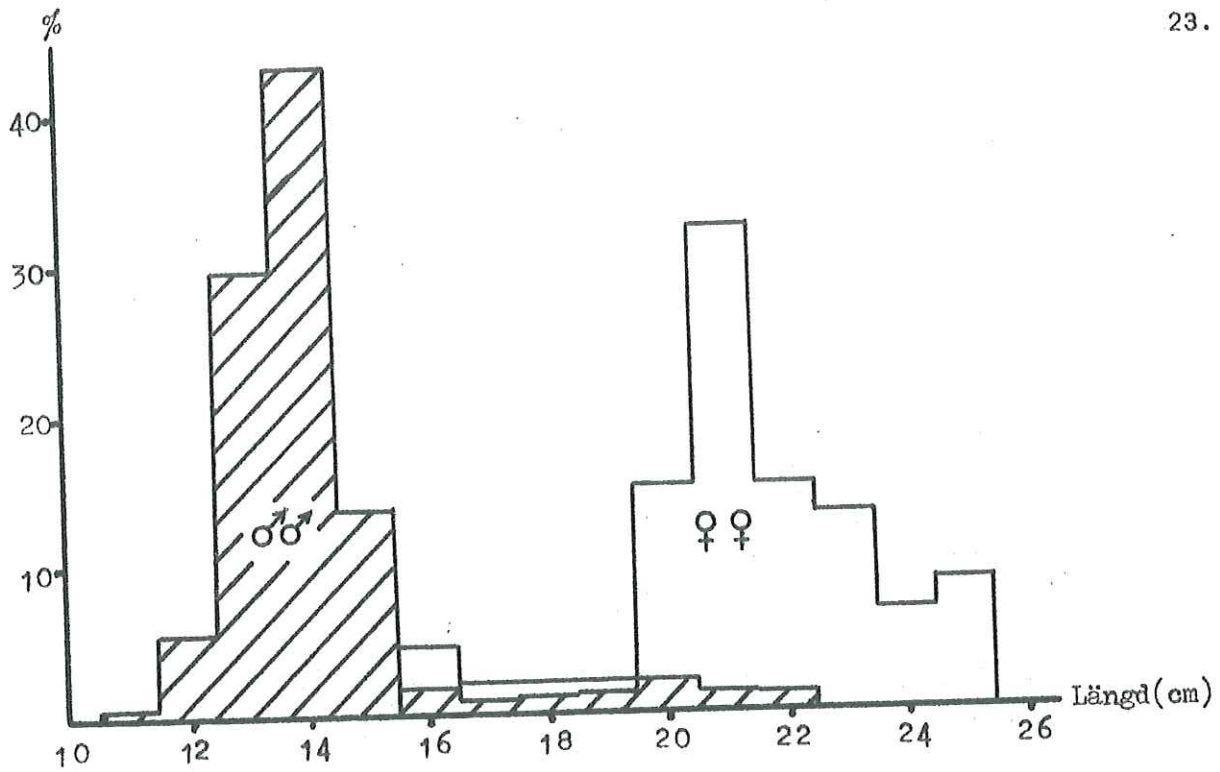


Fig. 7. Den relativa storleksfördelningen i abborrpopulationen i Västra Skälsjön under leken 1971.

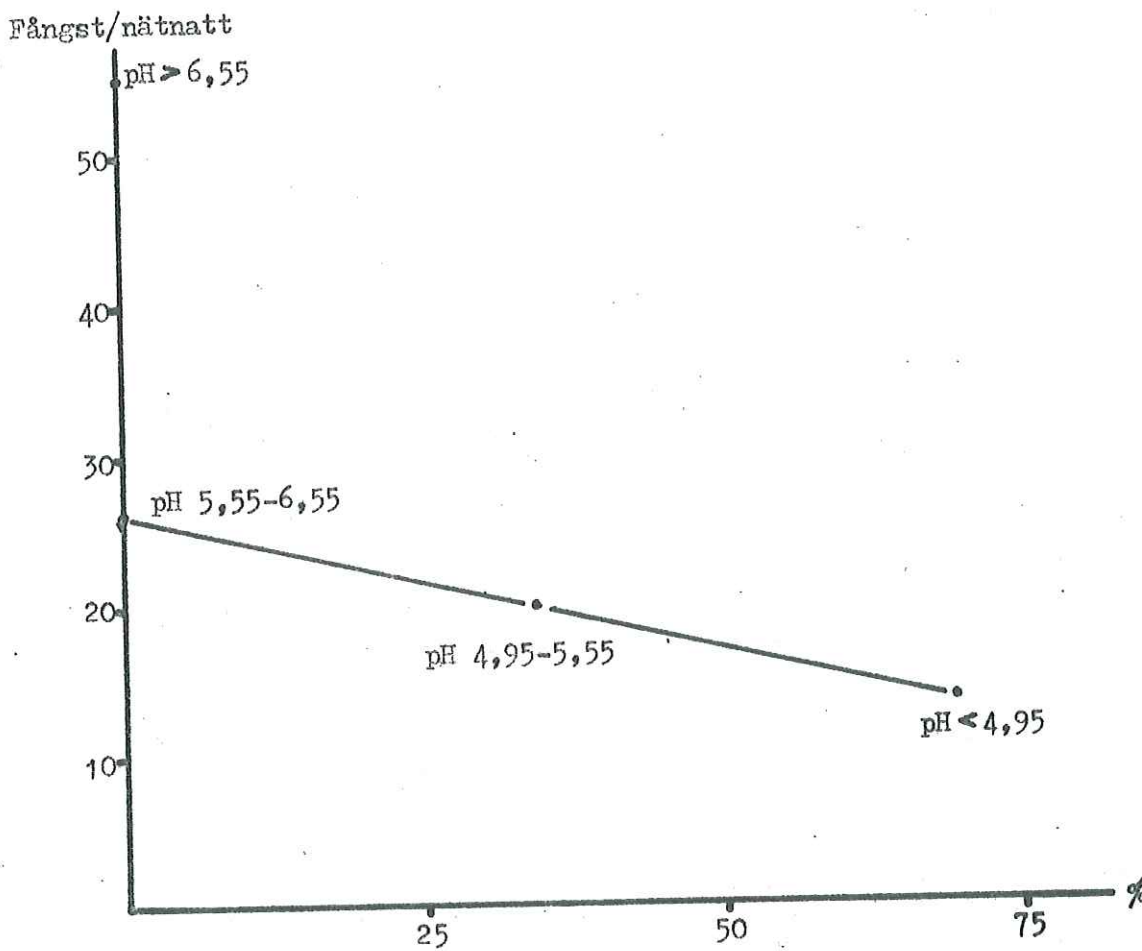


Fig. 8. Medelfångsten/nättnatt och Bythotrephes relativa andel av "små"plankton i abborrfödan (%).



