



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

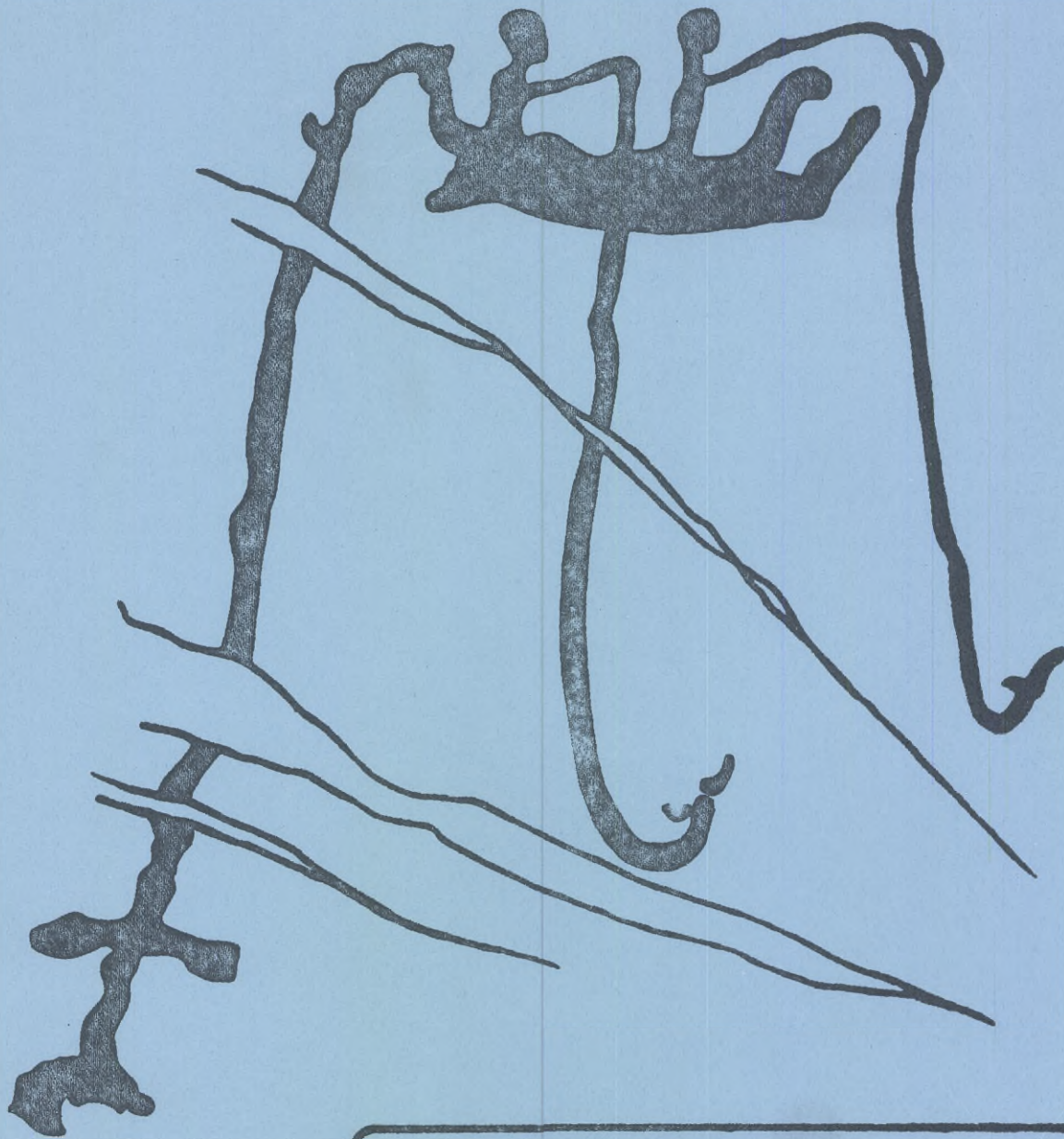
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Ödsmål, Kville an, Bohuslän

Hällristning  
Fiskare från  
bronsåldern

Rock carving  
Bronze age  
fishermen



**MEDDELANDE från**  
**HAVSFISKELABORATORIET • LYSEKIL**

**nr**  
**191**

Preferensreaktioner hos blankål (Anguilla  
anguilla L.) vid kontakt med avloppsvatten  
från en sulfittfabrik studerade med fluviarie-  
teknik.

av

Lars B Höglund och Lars Karlsson

November 1975



Preferensreaktioner hos blankål (*Anguilla anguilla* L.) vid kontakt med avloppsvatten från en sulfitfabrik studerade med fluviarieteteknik.

av Lars B Höglund och Lars Karlsson

Zoofysiologiska institutionen vid Uppsala universitet

Abstract

Preferences of eels to pulp mill wastes.

Reactions of yellow and silver eels (*Anguilla anguilla* L.) to spatial differentiations of pure water and industrial effluents in a flowing aquarium (11 x 33 x 71 cm) were studied with the fluviarium technique. Single specimens were given repeated choices between aerated Uppsala tap water and total effluents or condensate liquor from Nymölla AB, situated 20 km SE of Kristianstad in southern Sweden. This plant produces bleached magnesium bisulphite pulp from spruce, beech and birch wood. Acid effluents are discharged at a maximal concentration of 10.000 ppm to brackish water in the Baltic.

Test fish deriving from this area, close to or in the metamorphic migratory stage, displayed individually varied reactions. Being more active in warmer water the reaction thresholds were somewhat lower at 15°C than at 8°C. In the concentration range of 10-500 ppm total effluent gave rise to indifferent reactions or possibly a slight avoidance. Strong attraction was noted in the range of 1.000 - 8.900 ppm. In view of the higher ionic strength of polluted water, hypothetically this preference may be related to possible osmoregulatory discomfort and avoidance of pure water. Condensate from the digesters, constituting 0.2 per cent of the total effluent, gave an indifferent reaction at 100 ppm - the one concentration tested - thus indicating that the agent or agents causing the observed preferences to total effluent do **not** emanate from the condensate fraction. CO<sub>2</sub> supersaturation was promptly avoided. The experimental results were compared with a few similar reports concerning eel. The application of laboratory tests, like the present ones, to investigate possible negative effects of industrial pollution upon fish life, is briefly discussed. In Sweden diminishing catches of migrating eel in recent years has become an urgent problem of economic significance.



## Inledning.

Syftet med föreliggande undersökning har varit att studera blankålens (Anguilla anguilla L.) beteende, då den kommer i kontakt med avloppsvatten från en sulfitfabrik.

I samband med att fångsten av ål minskat de senaste åren har det ifrågasatts om blankålen under sin vandring söderut längs Östersjö-kusten kunde tänkas undvika eller på annat sätt reagera för föroreningar i vattnet. Om dessa föroreningar förekom inom ett stort område nära kusten, skulle ålen möjligen söka sig vandringsvägar längre utåt havet och därigenom undgå de ålfångstredskap, som finns nära land inom det förorenade området. En anledning till en sådan förmodan är, att det övertygande visats av Teichman (1959), att ål i jämförelse med andra djurarter har ett mycket välutvecklat luktsinne.

Fiskars undvikande- och attraktionsreaktioner till olika ämnen i vattnet kan studeras med fluviarieteteknik (Höglund, 1961). Ett antal fiskarter har undersökts ur olika aspekter med denna och liknande tekniker (Jones, 1964; Sutterlin, 1974). Gulål och blankål har hittills inte varit aktuella i någon större utsträckning, förmodligen beroende på dessa djurs nattliga aktivitet, samt det faktum att ålen i dessa stadier är bottenlevande, utom under vandringen, vilket förutom djurens storlek gör det mindre lämpat för undersökningar med hittills använda metoder.

Ålens storlek har utgjort ett problem även i föreliggande arbete. Tidigare har fiskar upp till ca 20 cm längd utnyttjats som försöksdjur i det nu använda fluviarietet. De minsta blankålarna är ca 40 cm långa.

Ett annat problem har varit ålens starkt temperaturberoende aktivitet. I tidigare experiment utförda i fluviarietet har kallvattensfiskar studerats. Dessa uppvisar hög aktivitet även vid tämligen låga temperaturer. Ålen däremot, som är en mer värmekrävande art, är vanligen inaktiv vid temperaturer under 10°C (Nyman, 1972) och under vandringen söderut längs Östersjö-kusten torde blankålen föredra stråk med varmare vatten, dvs vatten med en temperatur av ca 13 - 15°C (jfr Westerberg, 1975).

Försök utfördes vid vattentemperaturerna 8°C och 15°C. Syftet var att studera vattentemperaturens inverkan på ålarnas aktivitet och reaktioner för de undersökta testsubstanserna.

För att undersöka om ålar kunde uppvisa valreaktioner i fluviarietet försöksgård, utfördes modellförsök med koldioxidövermättnad i vattnet. Det har tidigare visats för ett tiotal fiskarter, dock inte ål, att höga koldioxidtryck ger starka undvikandereaktioner (Höglund, 1961; Konishi et al., 1969).



Valförsök har utförts mellan renvatten och två slags avloppsvatten från cellulosafabriken Nymölla AB, Bromölla. Dessa prover utgjordes av 1) "samlat avloppsvatten" i den form det släpps ut i Hanöbukten, samt 2) kokerikondensat, vilket till 0,2% ingår i det samlade avloppsvattnet. Kokerikondensat har för människan en utpräglad och stark lukt.

#### Material och metoder

##### Försöksdjur.

De testade silver- eller blankålarerna fångades under vandringen i kustvatten nära Sölvesborg. Dessutom användes gulål i övergångsstadiet till blankål. Dessa ålar hade fötts upp från sättålsstadiet i en damm utanför Sölvesborg. Vid zoofysiologiska institutionen hölls ålarerna i förrådsakvarier utan föda. Data rörande försöksdjuren återfinns i tab. 2.

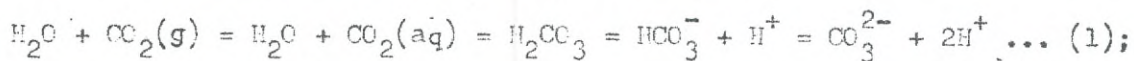
##### Vattenkvalitet.

Syresatt uppsalavatten används i förrådsakvarierna och fluviarieret. Detta är jonrikt med  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  (ca 0,5 mmol/l) och  $\text{Ca}^{2+}$  (ca 2 mmol/l) som huvudkomponenter (Höglund et al., 1974).

I försöken med 8-gradigt vatten användes kallvatten från tappkran. Temperering till 15°C åstadkoms genom inblandning av institutionens varmvatten via en termostatblandare (Mora Term Dusch). Fluviarievattnets syreinhåll kontrollerades enligt Winkler (Karlgrén, 1962), den totala alkaliniteten enligt Berger (Ibid.) och pH mättes med en Radiometer PPM62. Vatten som värmts i varmvattenberedare, som delvis är gjord av koppar, kan innehålla höga halter av koppar. Koppar är en av de tungmetaller som är mest giftiga för fisk. Därför bestämdes  $\text{Cu}^{2+}$ -halten i 15-gradigt fluviarievatten enligt en spektrofotometrisk metod angiven av Karlgrén (op.cit.). Resultatet framgår av tab. 1.

##### Testlösningar.

Höga koldioxidtryck i försöksgården åstadkoms genom tillsats av salt-syra. Därvid kommer jämvikten i (1) att förskjutas mot vänster.



För uträkning av koldioxidhalt i fluviarievattnet se Höglund, (1961, p.38) och Höglund och Härdig (1969, p. 81-83).

Samlat avloppsvatten och kokerikondensat har av Nymölla AB levererats från fabriken i Nymölla som producerar blekt magnesiumsulfitcellulosa. Båda vätskorna är starkt sura med pH omkring 2. Kokerikondensat, som innehåller flera sulfhydrerade ämnen med för människan mycket låga lukttrösklar, bl.a. metyl-, etyl- och furfuryl-merkaptan samt tiofen,



ingår till ca 0,2 % i det samlade avloppsvattnet från denna fabrik. De i försöken använda koncentrationerna av avloppsvatten och kokerikondensat ger inte upphov till några pH-sänkningar i uppsalavattnet, varför eventuella reaktioner hos fiskarna inte kan bero på koldioxid- eller pH-differenser i fluviariet.

#### Försöksteknik.

Fluviariets utformning framgår av fig. 1. Måtten på försöksgården har varit 33 cm:s bredd och 71 cm:s längd (fig. 2) och vattennivån 11 cm. Fiskarna acklimerades till den aktuella försökstemperaturen två veckor innan experimenten startades. De acklimerades till miljön i fluviariet under minst 12 tim. före försök. Strömhastighet och belysning justerades 1 tim. innan registreringen började. Försöken utfördes under dagtid. Två olika typer av försök utfördes (se nedan). Fiskarna fotograferades 1 gång/min med en 16 mm filmkamera synkroniserad med elektronblixtaggregat.

1. Aktivitetförsök. En serie försök genomfördes vid 8°C för att få en uppfattning om ålens lokomotionsaktivitet och eventuella rheotaxis var beroende av strömhastighet och belysning. Sammanlagt fyra ålar studerades, två och två, i två tim långa försök med jämn strömfördelning över hela försöksgårdens bredd utan tillsats av testlösning. Experiment med varje ål utfördes två gånger i samma kombination av strömhastighet och belysning.

Försöksgårdens botten indelades i jämnstora rutor. Fiskens förflyttningar (med nosspetsen som referenspunkt) från en ruta till en annan mellan två på varandra följande exponeringar har använts som mått på fiskarnas aktivitet.

2. Valförsök. Försök utfördes i mörker vid 8°C och 15°C med jämn strömfördelning i försöksgården. Strömhastigheten var 1 cm/s. Fördelningsskiva  $\beta_1$  (detalj 2a i fig. 1) användes, utom i tre försök med koldioxid vid 8°C, där  $\alpha_1$ -gradient utnyttjades.

Under försöken fördelades testlösning växelvis till endera sidan av försöksgården (fig 1). Den tid testsubstans återfinns på en sida benämns en försöksperiod. Antalet försöksperioder och deras längd framgår av beskrivningen av respektive försök i fig. 4. Denna figur upptar 16 reaktionsdiagram. Fem av dessa innehåller data från vardera ett försök, övriga elva diagram ger information från tre olika försök.



Tre ålar testades var för sig i följande testämnen: samlat avloppsvatten i koncentrationerna 10, 100, 500, 1000, 6000 och 8900 ppm, kokerikondensat 100 ppm, samt koldioxid motsvarande  $pCO_2 = 40$  mm Hg.

Försöksgårdens botten indelades i tio sektioner (se fig 1). Ålhuvudets vistelse i en sektion som det framgår av en filmruta multipliceras med sektionens nummer. Summan av dessa produkter från fem rutor divideras med fem. Det erhållna värdet representerar fiskens medelposition för en femminutersperiod. Ett sådant  $mpv_{5min}$  på 5,5, skulle indikera en indifferent reaktion (Höglund, 1961). Eftersom  $mpv_{5min}$  i det aktuella fallet inte kan bli 5,5 (men däremot 5,2, 5,4, 5,6 etc.), anses ett  $mpv_{5min}$ -värde beroende på om det är större eller mindre än 5,5 och med hänsyn till den aktuella fördelningen av testlösning och renvatten, representera undvikande (vid huvudsaklig vistelse i renvatten) eller attraktion (vice versa). Framtagna  $mpv_{5min}$ -värden plottas för varje försöksfisk mot tiden i fig. 4.

I tabell 4 redovisas en statistisk analys av registrerade reaktioner. Den sista, 10:e sista och 20:e sista observationen från varje försöksperiod (se fig. 4) i serier om tre försök med olika ålar har summerats och prövats med  $X^2$ -analys mot nollhypotesen om en jämn fördelning vid indifferent reaktion. Om ålarna huvudsakligen registrerats på renvattenssidan i fluviarier fås undvikande, i motsatt fall attraktion.

### Resultat

1. Aktivitetsförsök. Ålarnas aktivitet plottad mot strömshastighet i mörker respektive i ljus återfinns i fig. 3. Varje punkt i diagrammen representerar resultatet av ett försök eller medelvärdet av två, varvid i senare fallet även variationsvidden angivits med vertikala streck. Fastän aktivitetskurvorna, vilka sammanbinder erhållna värden för olika strömshastigheter, för de olika ålarna följs åt relativt väl, är skillnaden i aktivitet mellan försök med samma ål i de fall försöken upprepats ofta stor.

Tab. 3 visar den totala aktiviteten hos enskilda ålar oberoende av strömshastigheten. Ett visst positivt samband mellan ålens storlek och aktivitet synes föreligga (jfr tab. 2 och 3).

2. Valförsök. I fig. 4 har observerade preferenser plottats i form av undvikande eller attraktion emot tiden.

Samlat avloppsvatten i koncentrationerna 10, 100, 500, och 1000 ppm har testats vid 8°C. Då gav 10 och 100 ppm inga tydliga reaktioner, medan däremot 500 ppm gav signifikant undvikandereaktion ( $p < 0,001$ ). En slumpmässig fördelning



konstaterades vid 1000 ppm.

I försök med samlat avloppsvatten vid 15°C prövades koncentrationerna 1000, 6000 och 8900 ppm. I denna serie gav 1000 ppm signifikant ( $p < 0,01$ ) och både 6000 och 8900 ppm klart signifikanta ( $p < 0,001$ ) attraktionsreaktioner.

Kokerikondensat testades i koncentrationen 100 ppm vid 15°C. Ingen reaktion förekom.

Försök med höga koldioxidtryck utfördes. Både  $\alpha_1$ - och  $\beta_1$ -gradienter användes vid 8°C, endast  $\beta_1$ -gradient vid 15°C. I samtliga fall blev resultatet en klart signifikant ( $p < 0,001$ ) undvikandereaktion. Antalet observationer i förorenat (koldioxidövermättat) vatten var något högre vid 8° än vid 15°, speciellt om de båda försöken med  $\beta$ -gradient jämfördes.

Utöver de i tab. 4 redovisade försöken har som framgår av fig. 4 experiment utförts med enstaka ålar för att kontrollera om ovidkommande faktorer kunnat bidra till resultaten samt i syfte att pröva reproducerbarheten av erhållna resultat. Inverkan av eventuellt förekommande temperaturskillnad och ojämn fördelning av kopparjoner har prövats (jfr nedan).

En ål testades i 10, 100 och 500 ppm samlat avloppsvatten vid 15°C. Den hade inte använts i försök tidigare. Av fig. 4 framgår, att ingen reaktion i detta fall synes föreligga vid 10 och 100 ppm, medan en tendens till attraktion fanns i försöket med 500 ppm.

#### Diskussion i anslutning till utförda försök

Aktivitetsförsök. Inga slutsatser kunde dras om lämplig strömhastighet och belysning för de planerade valförsöken. Ålarnas aktivitet tycktes vara oregelbundet fördelad över längre perioder än de två tim. försöken pågick. Ett positivt samband mellan ålarnas storlek och aktivitet syntes föreligga. Detta är i överensstämmelse med iakttagelser av Nyman (1972), att små ålar hämmas mera än större exemplar av låga temperaturer.

Valförsök. Koldioxid. Av resultaten framgår klart, att höga koldioxidtryck undviks av ål. Undvikandeeffekten tycks vara något starkare vid 15°C än vid 8°C. Ett koldioxidtryck på 40 mm Hg kan emellertid antas vara ett så starkt stimulus, att ålarna aktiverades snabbt redan vid 8°C. En lägre koldioxidhalt skulle möjligen ha medfört större skillnader mellan reaktionerna vid de båda temperaturerna.



Samlat avloppsvatten. Vid 8°C förekom inga signifikanta reaktioner i koncentrationerna 10 och 100 ppm. Det kunde noteras, att vid 10, 100 såväl som 500 ppm ålarna i de första försöksperioderna uppehöll sig i den föroreningsfria delen av försöksgården (fig. 4). Undvikandetendens förekom däremot inte under senare försöksavsnitt utom i försöket med 500 ppm. Detta kan möjligen tolkas så att en svag undvikandereaktion förekommer även vid 10 och 100 ppm men att ålarna relativt snabbt adapteras till lukten av avloppsvattnet.

Den påtagliga undvikandereaktion, som registrerats vid 500 ppm bör inte övervärderas. En av de tre undersökta ålarna, ål e, visade nämligen en tydlig undvikandereaktion, medan en annan, ål f, förhöll sig indifferent (fig. 4).

För jämförelse testades en ål i 10, 100 och 500 ppm samlat avloppsvatten även vid 15°C. Den hade inte tidigare använts i försök. Av fig. 4 framgår, att ingen reaktion förekom vid de två lägre koncentrationerna, medan en tendens till attraktion fanns i försöket med 500 ppm.

Huruvida någon undvikandereaktion förekommer i låga koncentrationer kan med dessa försök inte anses bevisat. Fortsatta undersökningar får utvisa huruvida ål uppfattar och reagerar för sulfitavloppsvatten i låga koncentrationer.

Hittillsvarande resultat tyder på att intervallet 500 - 1000 ppm kan vara ett omslagsområde, där indifferens eller möjligen svag undvikandereaktion ändras till stark attraktion. Attraktionen tycks vid 8°C inträffa på en högre koncentrationsnivå än vid 15°C. Detta beror förmodligen på ålarnas större tröghet vid lägre temperatur.

Kokerikondensat. Utebliven reaktion i försöken med kokerikondensat torde innebära att de beståndsdelar det samlade avloppsvattnet som gett reaktion inte kommer från kokerikondensatet.

Kontrollförsök. Lindroth (1970, opubl.) kunde inte påvisa någon reaktion hos blankål i valförsök mellan östersjövatten och avloppsvatten från massafabriken i Nymölla i koncentrationsområdet 2700 - 9100 ppm. Den starka attraktionen till höga koncentrationer av samlat avloppsvatten i försöken kan tyckas egendomlig. Attraktion ger vanligen i fluviarieförsök inte lika starka svar som undvikande. En hypotes uppställdes därför, att ålen möjligen varit indifferent i valet mellan avloppsvatten och renvatten, och att någon annan faktor medverkat till att "renvattnet" undvikits.



Närmast till hands låg då att pröva om ålen reagerat för differenser i temperatur och kopparhalt, även om andra faktorer med nämnda hypotetiska effekt inte helt kan uteslutas.

Försök med samlat avloppsvatten i en koncentration av 8900 ppm i 15-gradigt vatten skulle teoretiskt kunna ge en maximal temperaturskillnad i försöksgården på  $10,08^{\circ}\text{C}$ , med lägre temperatur i förorenat vatten. För att kontrollera om detta haft effekt på ålens beteende, gjordes ett försök med tillsats av rent kallvatten (fig. 4). Ingen effekt kunde påvisas hos en ål, som tidigare attraherats till avloppsvatten. Inverkan av temperaturfaktorn kan därför avvisas.

Kopparhalten i det 15-gradiga matarvattnet var relativt hög, ca  $100\ \mu\text{g}/\text{l}$ . Det har visats att lax (Salmo salar L.) kan undvika kopparjoner i koncentrationen  $4\ \mu\text{g}/\text{l}$  (Sprague, 1964). Om ål undviker kopparhalter i den storleksordningen och om de kopparjoner som fanns i vattnet komplexbands av i avloppsvattnet ingående komponenter, skulle detta kunna förklara den påvisade attraktionen till avloppsvattnet. En ål, som i tidigare försök visat attraktion förhöll sig indifferent, då  $\text{Cu}^{2+}$  (i form av kopparsulfat) i en koncentration av  $100\ \mu\text{g}/\text{l}$  användes som testlösning (fig. 4). Det förefaller därför knappast troligt att den påvisade attraktionen sammanhänger med denna faktor.

#### Allmänna synpunkter

Under naturliga förhållanden skulle de blankålar, som testades, ha befunnit sig i havet vid tiden för undersökningen. Havsvatten har en betydligt högre jonstyrka än vattenledningsvattnet i Uppsala. Om ålen osmoregulatoriskt varit inställd på vatten med högre jonkoncentration, skulle detta kunna vara en förklaring till att den i försöken attraherades till avloppsvatten.

De valförsök som utförts visar ålens beteende, då den utsätts för branta koncentrationsgradienter. Den ekologiska betydelsen av resultaten kan diskuteras. Koncentrationsförändringar i fält uppträder vanligen över stora avstånd i rummet eller under långa tidsförlopp. Fisken hinner därför i många fall anpassa sig till de ändrade förhållandena. Att ålen under naturliga förhållanden väljer mellan renvatten och cellulosaindustriellt avloppsvatten i en så hög koncentration som 10000 ppm är troligen sällsynt. Lägre differenser är mera sannolika. Av denna anledning är möjligen de slutsatser, som kan dras ur föreliggande undersökning, mest intressanta ur ekologisk synpunkt, vad avser de lägre testade koncentrationerna.



### Sammanfattning

Blankål undvek vatten med ett koldioxidtryck på 40 mm Hg.

Ålen var indifferent eller visade möjligen svag undvikandereaktion för samlat avloppsvatten från en sulfitfabrik i koncentrationerna 10 - 500 ppm. En stark attraktion förekom i intervallet 1000 - 8900 ppm. En förklaring härtill, att ålen osmoregulatoriskt var inställd på vatten med hög jonstyrka, diskuteras.

Ålarna förhöll sig indifferent till 100 ppm kokerikondensat, som till 0,2 % ingår i det samlade avloppsvattnet.

Preferenströsklarna för de studerade reaktionerna torde sänkas vid en höjning av temperaturen från 8°C till 15°C. Individuella skillnader i reaktioner uppträder.

Erhållna resultat diskuteras från fältekologisk vinkel.

### Erkännanden

Författarna riktar ett tack till fiskaren Agnar Bengtsson, Hörviken, som levererat försöksfisk, laboratoriechef Lars Aggebrandt, Nymölla AB, som sänt testsubstanser och avloppsvatten samt information om tillverkning mm i Nymölla, Fiskeriintendent Karl-Erik Berntsson, Göteborg, och docent Björn Lindahl, naturvårdsenheten i L-län, har initierat undersökningen, som möjliggjorts genom ett anslag från Nymölla AB.

### Referenser

- HÖGLUND, L.B., 1961. The reactions of fish in concentration gradients. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 43:1-147.
- , and J. HÄRDIG, 1969. Reactions of young salmonids to sudden changes of pH, carbon dioxide tension, and oxygen content. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 49:76-120.
- JONES, J.R.E., 1964. Fish and River Pollution. Butterworth & Co (Publishers) Ltd. London. 199 pp.
- KARLGREN, L., 1962. Vattenkemiska analysmetoder. Limnol. inst., Uppsala. Stenciled edition in Swedish. 115 pp.
- KONISHI, J., I. HIDAKA, M. TOYOTA, and H. MATSUDA, 1969. High sensitivity of the palatal chemoreceptors of the carp to carbon dioxide. Japan. J. Physiol. 19:327-341.



- LINDROTH, A., 1970. Valförsök med ål i fluviarium. Nymölla Cellulosafabrik PM nr 7. Fiskeundersökning 1959-1969, Bil. 9. Unpublished report in Swedish.
- NYMAN, L., 1972. Some effects of temperature on eel (Anguilla) behaviour. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 52:90-103.
- SPRAGUE, J.B., 1964. Avoidance of copper-zinc solutions by young salmon in the laboratory. J. Water Pollut. Control Fed. 36:990-1004.
- SUTTERLIN, A.M., 1974. Pollutants and the chemical senses of aquatic animals - Perspective and review. In Chemical Senses and Flavor 1. D. Reidel Publishing Company, Dodrecht-Holland. Pp.167-178.
- TEICHMANN, H., 1959. über die Leistung des Geruchsinns beim Aal (Anguilla anguilla L.). Z. vergleich. Physiol. 42:206-254.
- WESTERBERG, H., 1975. Countercurrent orientation in the migration of the European eel (Anguilla anguilla (L.)). Institute of Oceanography, University of Gothenburg. Rep. No. 9. 30 pp.



Tabell 1. Vattenkemiska analyser.

syre mg/l	temp. °C	pH	alkalinitet mmol HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	Cu <sup>2+</sup> µg/l
9,4-10,6	7,6-9,2	7,4-7,7	4,45-4,75	-
8,4-8,7	14,5-15,7	7,5-7,8	4,36-4,60	94-115

Tabell 2. Data för ålar som använts i försöken.

ål nr.	längd cm	vikt g	ursprung	anmärkning
a	60	360	vildfångad	
b	38	100	"	nedsatt kondition
c	54	310	"	
d	40	170	"	
e	57	320	uppfödd	
f	63	500	"	
g	48	360	"	
h	59	430	"	
i	48	250	"	

Tabell 3. Totalaktivitet för ålar i aktivitetsförsök vid 8°C.

		rörelser/tim av testade ålar				
		strömh. cm/s	ål a	ål b	ål c	ål d
mör- ker	0,2		24,5	3,3	19,0 <sup>x</sup>	5,3
	1,3		35,5	2,0	26,0 <sup>x</sup>	9,8
	2,3		19,5	-	7,5	1,3
ljus	0,2		23,2	3,3	35,2 <sup>x</sup>	18,3
	1,3		10,5	2,5	19,0 <sup>x</sup>	12,3
s u m m a			113,2	11,1 <sup>xx</sup>	106,7	47,0

x = ett försök.

xx = ej helt jämförbart då ett värde saknas.



Tab. 4. Resultat av valförsök med en ål i varje försök  $\alpha$ - och  $\beta$ - fördelnings-skiva (fig. 1) användes för åstadkommande av respektive gradienter mellan renvatten och testlösning ( $\beta_1$ -gradient) eller i tio koncentrationssteg från noll ( $\alpha_1$ -gradient). Ålarnas beteckningar återfinns i tab. 2. Reaktionerna för samlat avloppsvatten (SAV) och kokerikondensat (KK) från sulfittfabriken i Nymölla samt koldioxidövermättad i uppsalavatten ( $pCO_2$ ) har testats.

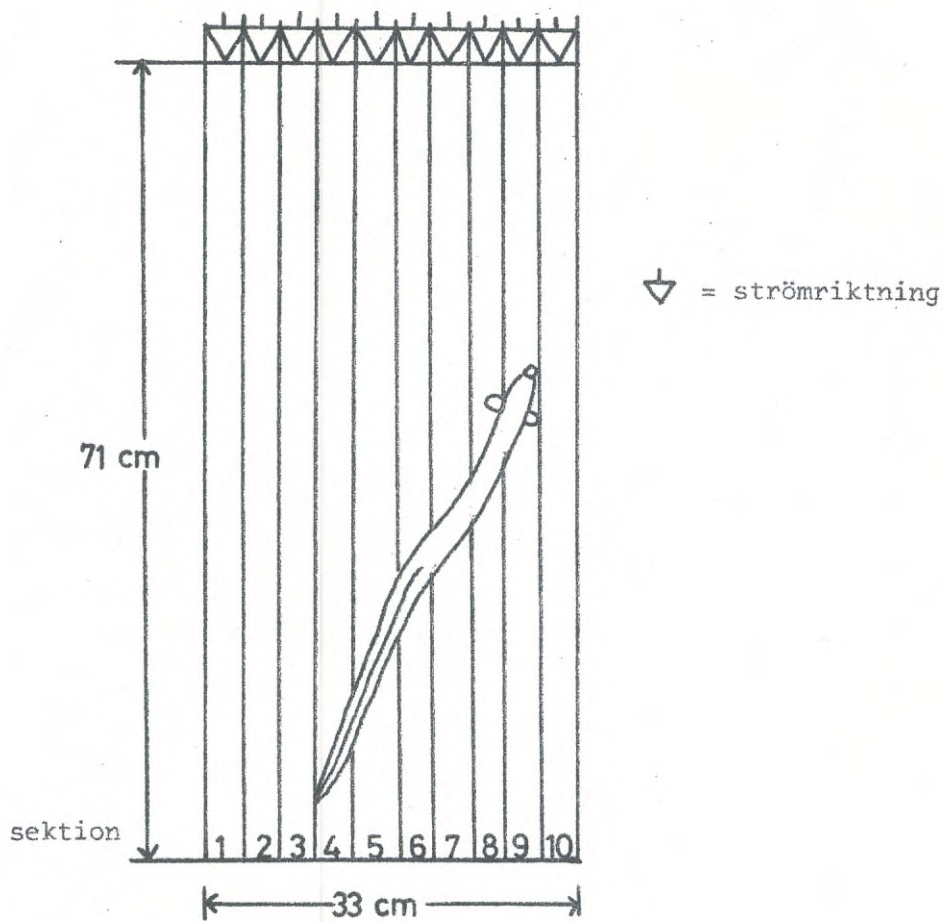
Testagens, toppkoncentration, gradienttyp och temperatur	Exemplar av ål	Antal registreringar i		$\chi^2$ -värde	P	Reaktionstyp	
		Testlösning (toppkoncentrations-sida)	Renvatten (lågkoncentrations-sida)			Undvikande	Attraktion
SAV 10 ppm 8°C	e f h	8 8 7	10 10 11	1,21	> 0,05	Indifferent	+
$\beta_1$ -gradient	Summa	23	31				
SAV 100 ppm 8°C	e f h	6 8 7	6 4 5				
$\beta_1$ -gradient	Summa	21	15				
SAV 500 ppm 8°C	e f h	5 6 4	13 12 14	13,29	< 0,001	---	
$\beta_1$ -gradient	Summa	15	39				
SAV 1000 ppm 8°C	e f h	13 8 5	5 10 13				
$\beta_1$ -gradient	Summa	26	28				
SAV 1000 ppm 15°C	e h i	11 6 9	1 6 3	8,86	< 0,01		++
$\beta_1$ -gradient	Summa	26	10				
SAV 6000 ppm 15°C	e h i	12 11 7	0 1 5				
$\beta_1$ -gradient	Summa	30	6				
SAV 8900 ppm 15°C	e h i	7 10 12	5 2 0	21,46	< 0,001		+++
$\beta_1$ -gradient	Summa	29	7				
KK 100 ppm 15°C	e h i	4 7 7	8 5 5				
$\beta_1$ -gradient	Summa	18	18				
$pCO_2$ 40 mm Hg 8°C	e h i	5 5 2	9 13 16	18,53	< 0,001	---	
$\beta_1$ -gradient	Summa	12	38				
$pCO_2$ 40 mm Hg 8°C	e h i	0 1 4	18 17 14				
$\alpha_1$ -gradient	Summa	5	49				
$pCO_2$ 40mm Hg 15°C	e h i	0 0 4	18 18 14	142,83	< 0,001	---	
$\beta_1$ -gradient	Summa	4	50				





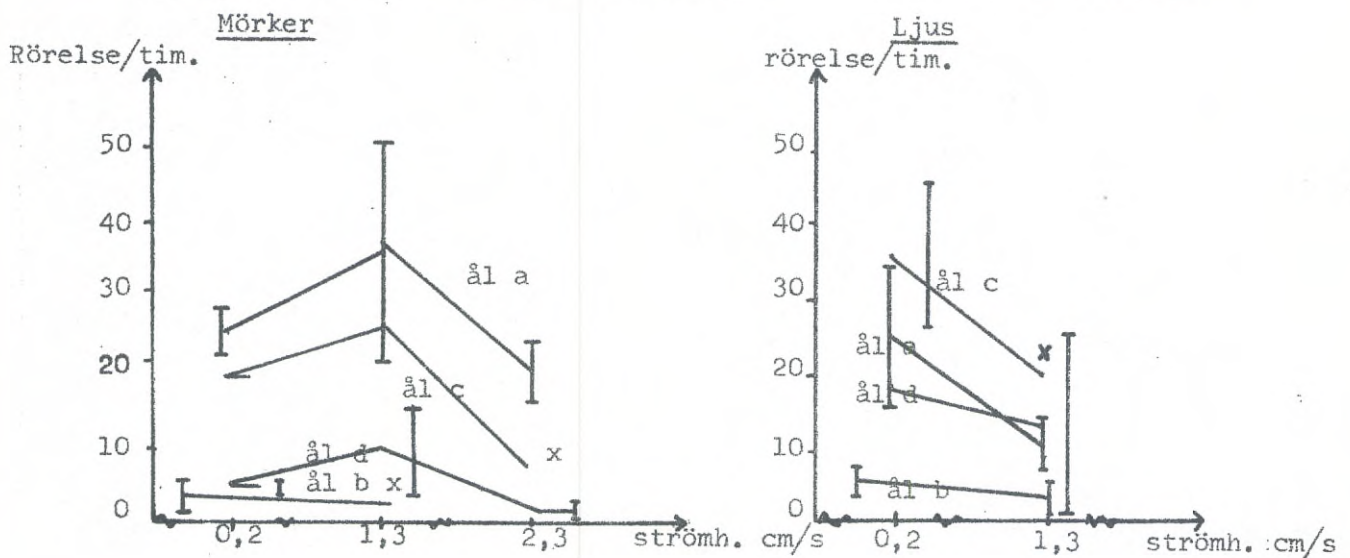


Figur 2. Ål av medelstorlek i fluvuariets försöksgård.



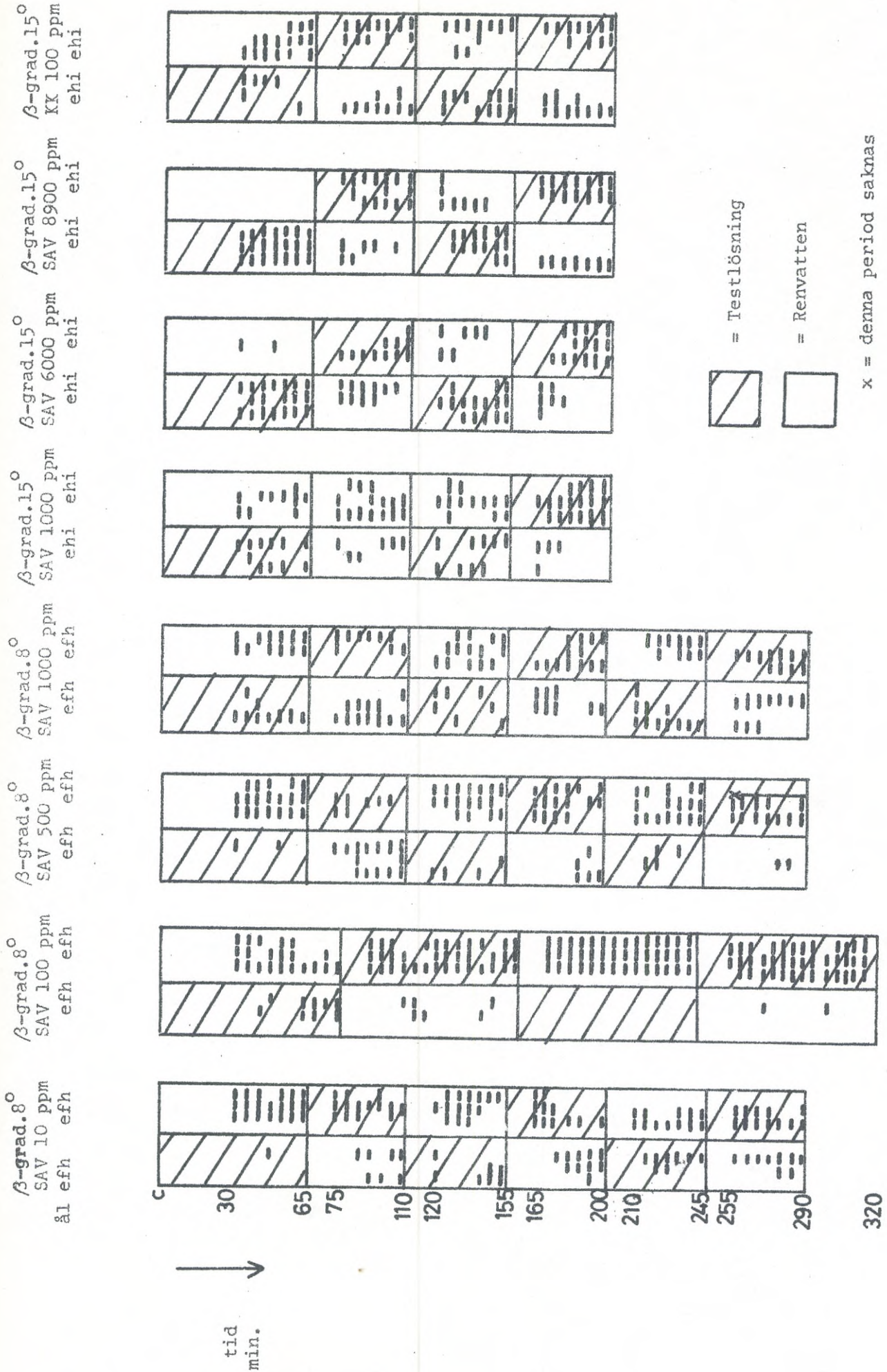
Figur 3. Resultat av aktivitetsförsök.

x = ett värde.





Figur 4. Reaktionsmönster hos enskilda ålar i valförsök.





Figur 4. (forts.) Reaktionsmönster hos enskilda ålar i valförsök.

