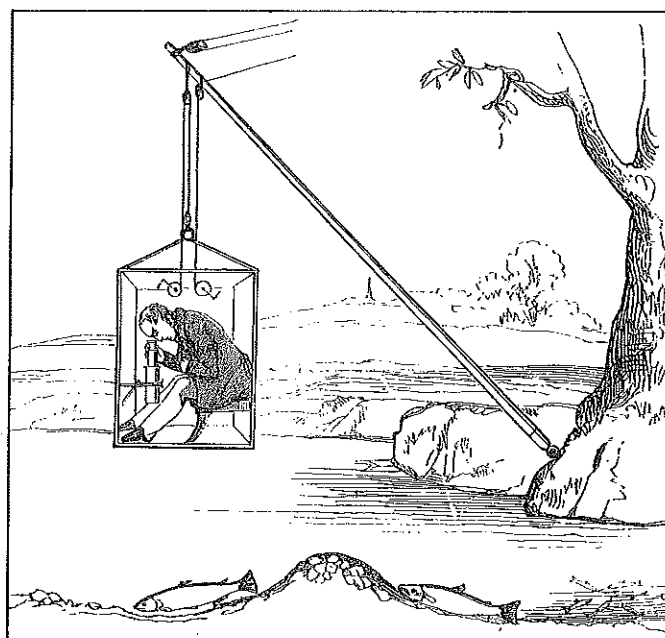


Information från

SÖTVATTENS- LABORATORIET

Drottningholm



ÅGE BRABRAND

Beståndsuppskattning av fisk i
Vänern och Hjälmarén med hjälp
av hydroakustisk utrustning

BESTÅNDSUPPSKATTNINGAR AV FISK I VÄNERN OCH HJÄLMAREN MED HJÄLP AV HYDROAKUSTISK UTRUSTNING

Åge Brabrand

FÖRORD	1
INLEDNING	1
MATERIAL OCH METODER	2
RESULTAT	5
<u>Trål</u>	5
<u>Ekogram</u>	7
<u>Vertikalfördelning</u>	8
<u>Längdfördelning</u>	10
<u>dB-fördelning</u>	13
<u>Ekointegrerad fisktäthet/biomassa</u>	17
DISKUSSION	18
SAMMANFATTNING	22
LITTERATUR	23
ENGLISH SUMMARY: FISH STOCK ASSESSMENT USING HYDROACOUSTIC EQUIPMENT IN LAKES VÄNERN AND HJÄLMAREN	24
APPENDIX	26

FÖRORD

Denna Information är en översättning av den norska rapporten "Hydroakustisk registrering av fisk i Vänern och Hjälmaren". Rapport (80), 1985 (ISSN 0333-161x), som kan beställas av Åge Brabrand, LFI-laboratoria, Zoologisk Museum, Universitetet i Oslo, Sarsgt. 1, N-0562 OSLO 5, Norge.

INLEDNING

Den föreliggande undersökningen har haft som målsättning att ge information om fiskens vertikal- och horisontalfördelning i den fria vattenmassan längs bestämda profiler i Vänern och Hjälmaren. Materialet har bearbetats för att uppskatta totalmängden fisk längs profilerna och fördelningen av de olika längdgrupperna av fisk. För att jämföra data från ekointegreringen med kända arter och längdgrupper av fisk företogs parallella trålfisken.

Vid en rad biologiska undersökningar är det av stor betydelse att känna till totalbeståndens storlek och huruvida de olika storleksgrupperna av fisk är representerade i bestånden. Detta gäller både undersökningar som har till mål att skaffa kunskap om att riktigt utnyttja fiskbestånden och i mer forskningsinriktad verksamhet. Under senare år har det utvecklats utrustning för hydroakustiska undersökningar av fiskbestånd i sötvatten, utrustning som har visat sig mycket användbar för övervakning av bestånd där delar av totalbestånden är svårfångade med traditionella redskap.

I norska sjöar med nära nog samma dominans av sik, nors och eventuellt siklöja har det utförts ekolodregistreringar efter samma mönster i Mjøsa (Lindem 1980a, 1980b, Lindem & Sandlund 1984), Randsfjorden (Lindem 1980b) Tyrifjorden (Lindem 1981) och i Sverige i Vättern (Brabrand 1984). Undersökningar på bestånd av nors och mört är också gjorda (Brabrand et al. 1981, Brabrand & Saltveit 1983).

Både Vänern och Hjälmarén har en artrik fiskfauna, speciellt Vänern med 34 fiskarter (Almer 1979), som reproducerar sig i själva sjön eller i tillrinnande älvar. Totalavkastningen av "matfisk" är i Vänern 2-3 kg/ha/år och i Hjälmarén 5-6 kg/ha/år. Avkastningstalen reflekterar den generellt sett högre trofinivån i Hjälmarén. De ekonomiskt viktigaste arterna som ingår i fisket i Vänern är lax, öring, gös, siklöja, sik, gädda, ål och lake. I den mer eutrofa Hjälmarén är gädda, gös, abborre och ål de viktigaste arterna.

Fast artrikedomen är stor i båda sjöarna, är det likväl relativt få arter som dominerar antalsmässigt i den fria vattenmassan. I Vänern är det först och främst nors och siklöja, förutom sik. I den betydligt grundare Hjälmarén synes bilden också ute i den fria vattenmassan i högre grad präglas av litorala eller bottenlevande arter. Emellertid dominerar även här nors. Av de pelagiska arterna saknas siklöja i Hjälmarén.

MATERIAL OCH METODER

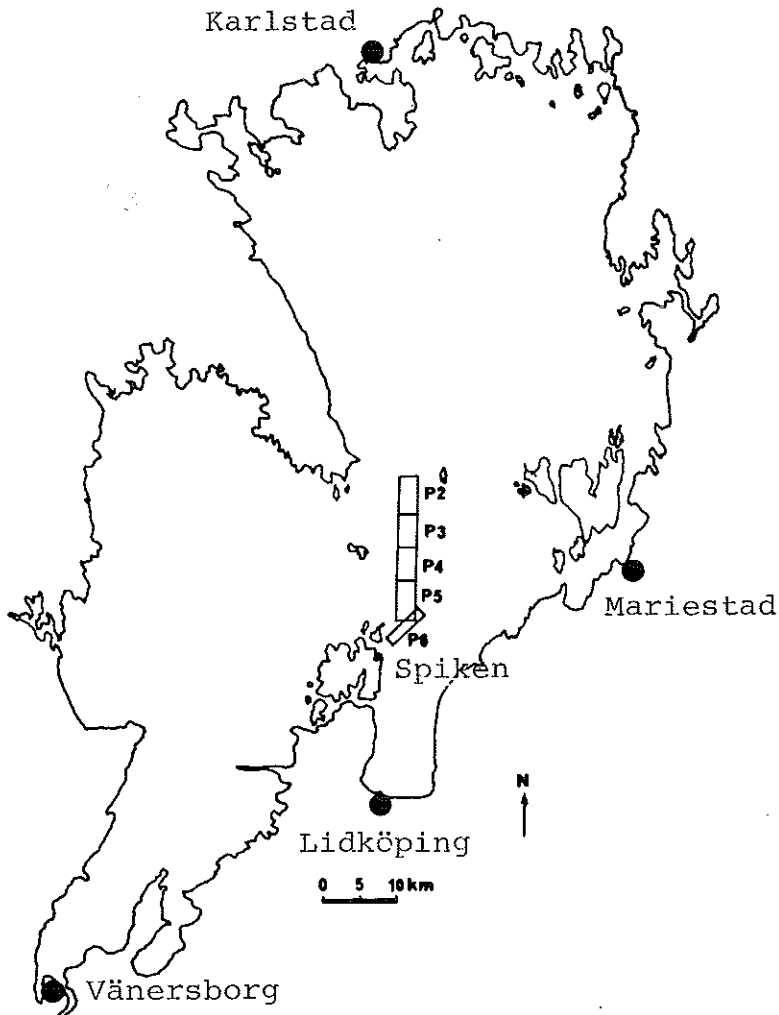
Alla ekoregistreringar gjordes med ett ekolod av typ SIMRAD EY-M. Ekolodet har en tidsvarierande förstärkningskontroll (TVG) som kompenserar för ljudimpulsens spridning och absorption i vattnet. TVG-funktionen ger samma ekonivå från en enskild fisk, vare sig den befinner sig på 10 eller 60 m djup, bara den har samma vinkel i förhållande till svängaren (Forbes & Nakken 1972).

Svängaren har en öppningsvinkel på 11 grader och ekolodets vertikala upplösningförmåga är på ca 80 cm. Dvs att fisk, som är åtskilda i djup med mer än 80 cm, blir registrerade som två enskilda fiskar.

De effekter man får pga att den utsända signalen inte är symmetrisk har man kompenserat för med hjälp av en statistisk metod lik den som beskrivs av Craig & Forbes (1969). Metoden visar sig bra när ekotalet i analysen blir större än 1 000. Precisionen på utrustningen har visat sig vara bättre än 10%.

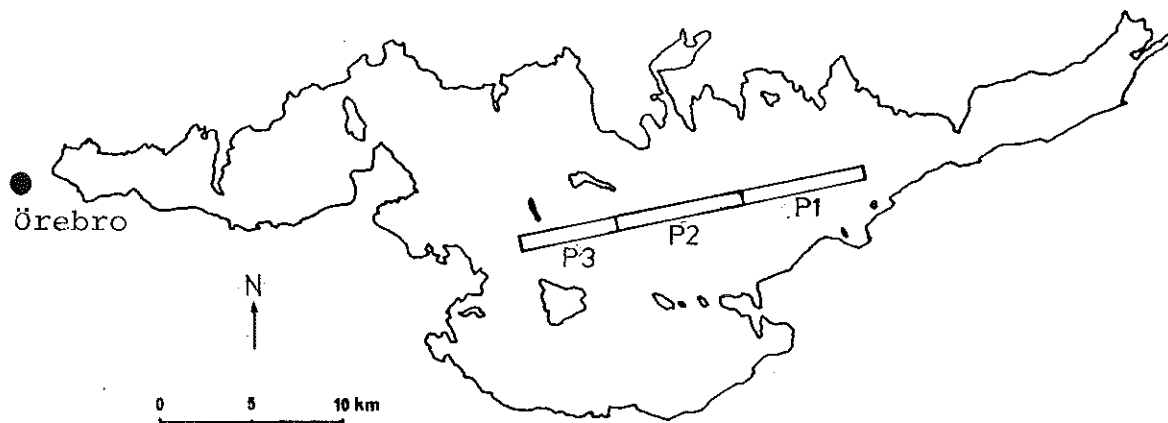
Under dataregistrering i fält blev alla ekosignalerna inspelade på band med hjälp av en bandspelare av typ Nakamichi 550. Denna bandspelare ger, tillsammans med band av typ Maxell UD XL 11, nödvändig dynamik vid inspelning av de amplitudmodulerade ekosignalerna på 10 KHz.

De analoga ekosignalerna blev senare digitaliserade av en mikro-dator och lagrade på diskett. De digitaliserade signalerna kan kontrolleras med att datorn producerar ett ekogram från den aktuella kursen. Detta ekogram kan jämföras med originalen som blev registrerade i fält. Ekogram togs upp på band längs kurserna angivna i Figur 1 och 2.



Figur 1. Karta över Vänern med profiler utmärkta för ekointegrering och trålfiske (P2-P6).

Map of Lake Vänern. Transects used for echosounding and trawl fishing are marked (P2-P6).



Figur 2. Karta över Hjälmarén med profiler utmärkta för ekoin-tegrering och trålfiske (P1-P3).

Map of Lake Hjälmarén. Transects used for echosounding and trawl fishing are marked (P1-P3).

I histogrammen som visar frekvensen av ekosignalstyrkan anges fiskens målstyrka, target strength (TS), i decibel (dB). Dessa värden anger fiskens storlek och kan omräknas till fisklängder i cm (L). Trålfångsterna i både Vänern och Hjälmarén dominerades av nors, och beräknas därför efter $TS = 20 \log(L) - 68$ (Lindem & Sandlund 1984). Denna regression är utarbetad på grundval av ekolod/trålundersökningar i Mjøsa, och kan därför med stor sannolikhet användas på materialet från Vänern och Hjälmarén. I Appendix 1 visas en tabell som anger värdena fisklängd (cm) i relation till ekosignalstyrkan (-dB).

Samtliga registreringar av ekosignaler gjordes efter mörkrets inbrott, då fisken av erfarenhet står spridd i vattenmassan. Registreringarna i bägge sjöarna gjordes under goda väderförhållanden.

För att relatera ekosignalerna till sannolika arter och längd-grupper företogs parallellt med ekolodregistreringarna trålningar. Trålen hade en öppning på 5 x 3 m, med 5 mm som minsta maskstorlek. Trålen drogs av två båtar med konstant avstånd på 50 m, med hjälp av en lina mellan båtarna. Avståndet till trålen var 150 m. Tråldrag på ca 30 minuter gjordes på olika djup ned till ca 30 m i Vänern genom uppbojning av trålen. Då trålen var

ca 3 m djup är tråldjupet angivet som bojlinans längd och 3 m ned, exempelvis 30-33 m. I Hjälmarén fungerade trålen i stort sett som bottentrål. Trålhastigheten var i båda sjöarna nära 2 knop.

Fisken artbestämde och längdmättes efter varje tråldrag. Längdfördelningen har angetts i procent.

Med hjälp av ekogrammen valdes delsträckor ut för närmare undersökning inom de olika profilerna. Delsträckorna valdes ut så att de skulle täcka variation i fisktäthet och fördelning som framkom av ekogrammet (Tabell 1).

Tabell 1. Kombinationer av trålning, ekogramregistrering och bearbetad ekointegrering som företogs.

Trawl depth and sections of the transects used for analyses (= undersökt delsträcka).

	Tråldjup (m)	Reg.	Profil	Undersökt delsträcka
VÄNERN	0- 3	+	P2	a
	10-13	-	P3	
	20-23	+	P4	c, d, f
	30-33	-	P5	
	10-13	+	P6	
	19-22	+	P6	a, b, c
HJÄLMAREN	-	+	P1	a
	7-10	+	P2	b
	15-18	+	P3	c

RESULTAT

Trål

En sammanställning av trålfångsterna i Vänern och Hjälmarén visas i Tabell 2. På samtliga djup och för alla profiler i Vänern dominerades trålfångsterna av nors. Medan det vid ytan fångades totalt 45 fiskar efter 30 minuters trålning, togs det på 10 m tråldjup och djupare 227-2 098 fiskar/30 minuters trålning. Totalfångsten av nors utgjorde från 40 till nära 100%. Förutom nors förekom siklöja på alla tråldjup, medan andra arter än nors och siklöja bara påvisades sporadiskt.

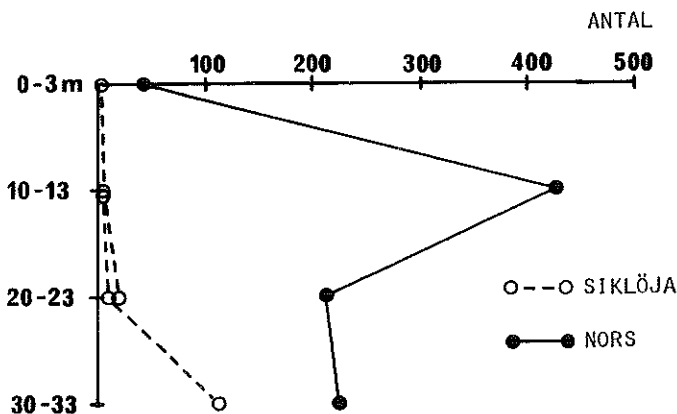
Tabell 2. Antal fiskar av de olika arterna tagna/30 minuters trålning längs profiler på olika djup i Vänern och Hjälmarén under perioden 2-4 oktober 1984.

Number of fish caught/30 minutes of trawling along the transects at different depths in Lake Vänern and Lake Hjälmarén 2-4 October 1984. Nors = smelt, Siklöja = cisco, Lake = burbot, Gers = ruffe, Braxen = bream, Abborre = perch, Spigg = stickleback, Gös = pike-perch.

VÄNERN	Djup (m)	Nors	Siklöja	Lake	Gers	Braxen	Abborre	Spigg
Drag P2	0- 3	40	5	0	0	0	0	0
Drag P3	10-13	421	1	0	0	0	0	0
Drag P4	20-23	214	11	0	0	1	0	1
Drag P5	30-33	225	115	1	7	3	0	0
Drag P6a	10-13	330	2	0	0	1	0	0
Drag P6b	19-22	2 059	38	0	0	0	1	0

HJÄLMAREN		Nors	Gers	Braxen	Abborre	Spigg	Gös
Drag P2	7-10	2 420	54	3	1	45	4
Drag P3	15-18	4 625	472	25	13	1	42

Djupfördelningen av nors och siklöja längs profilerna P2-P5 och för siklöja även P6 visas i Figur 3. Siklöja visade sig i litet antal i fångsterna i alla undersökta skikt ned till 20-23 m, men förekom i större antal i fångsterna på 30-33 m tråldjup. Fördelningen av nors var något varierande med en markant topp i fångsterna på 10-13 m. Under det tråldjupet sjönk fångsterna till hälften, ca 200 nors/30 minuters trålning. Samma tendens visade sig också längs profil P6, men här var totalantalet betydligt högre.



Figur 3.

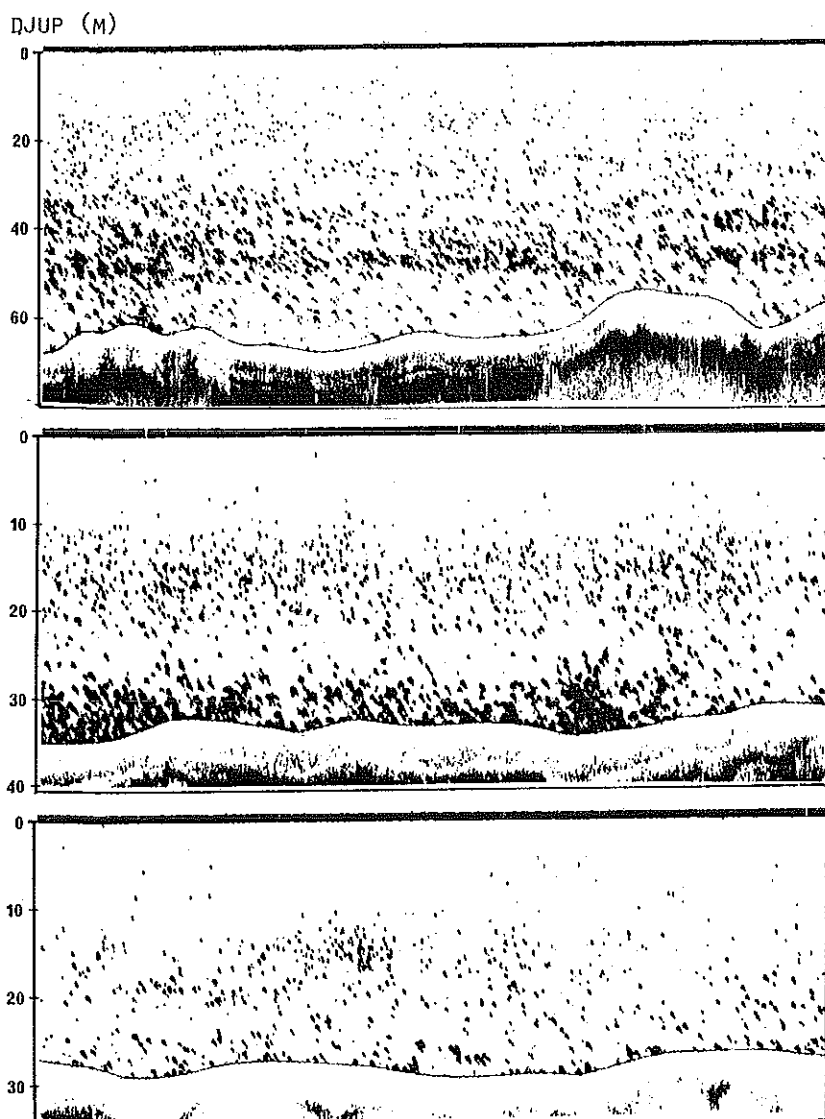
Antal nors och siklöja registrerade med trål på olika djup i Vänern 2-3 oktober 1984.

Number of smelt (*Osmerus eperlanus*) (solid line) and cisco (*Coregonus albula*) (broken line) caught by pelagic trawl at different depths in Lake Vänern 2-3 October 1984.

I Hjälmarén blev trålfångsterna större än i Vänern och flera arter var representerade. Likväl var det också här stark dominans av nors. Längs profil P2 utgjorde nors ca 96% av antalet fångade fiskar och längs profil P3 ca 90%. Utöver nors förekom gers i stort antal längs profil P3. Övriga arter som observerades var braxen, abborre, gös och småspigg.

Ekogram

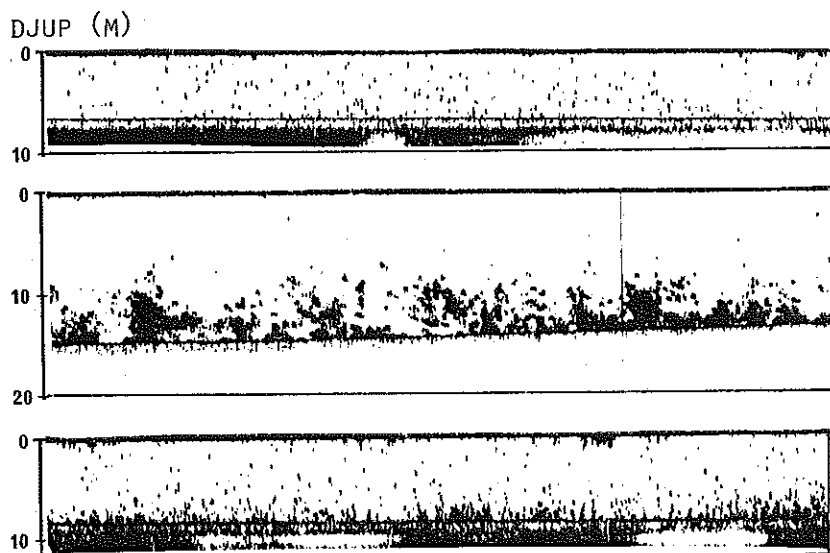
Exempel på ekogram från delsträckorna P2a, P4c och P6a i Vänern visas i Figur 4. Det omedelbara intrycket var att fisken inte visade någon klumpvis fördelning längs delsträckorna, utan de var relativt jämnt fördelade horisontellt.



Figur 4. Utvalda ekogram från Vänern längs delsträckorna P2a, P4c och P6a (nederst) 2-3 oktober 1984.

Selected echograms from Lake Vänern along sections of the transects P2a (top), P4c and P6a 2-3 October 1984.

I Hjälmmaren var förhållandena något mer ojämna (Figur 5). Längs profil P1 visade fisken en jämn horisontell fördelning, medan de längs profil P2 och speciellt längs P3 visade en klar tendens till att stå i stim. Längs dessa profiler fanns också en klar tendens till högst fisktäthet närmast botten eller under ca 7 m.

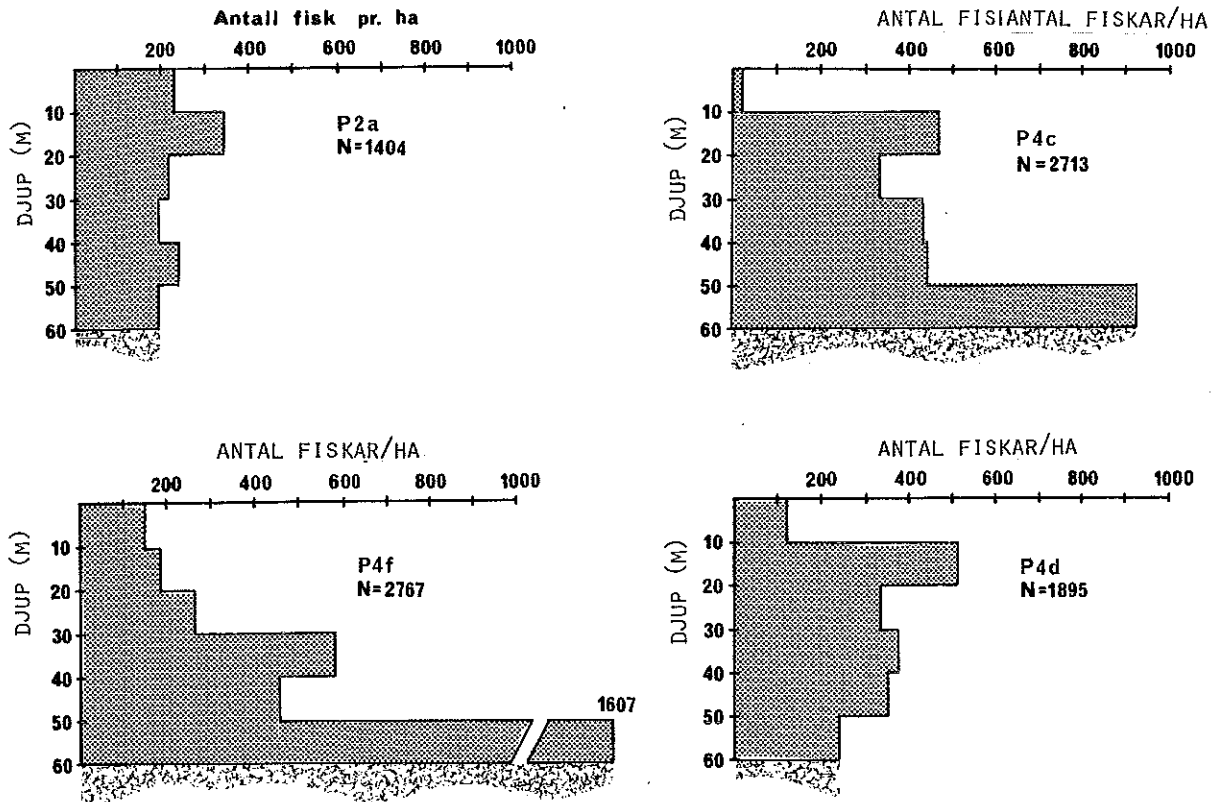


Figur 5. Utvalda ekogram från Hjälmmaren längs profil P1, P2 och P3 (nederst) 4 oktober 1984.

Selected echograms from Lake Hjälmmaren along transects P1 (top), P2 and P3 2-3 October 1984.

Vertikalfördelning

Vertikalfördelningen av de återgivna ekosignalerna för Väneren visas i Figur 6 och 7. Längs alla de utvalda delsträckorna erhöles minst ekosignaler från djupskiktet 0-10 m. För delsträckorna P2a, P4c, P4f, P6a och P6b framkom en mer markerad topp i djupskiktet 10-20 m, medan bilden på större djup varierade något mer. För delsträckorna P4c, P4d och P6a var det en ny markerad topp i mängden återgivna ekon i djupskiktet 30-40 m. De olika delsträckorna ger ett klart intryck av att två toppar föreligger, när det gäller djupfördelningen av återgivna ekon, en i djupskiktet 10-20 m och en i skiktet 30-40 m, med få återgivna ekosignaler från djupskiktet 0-10 m.

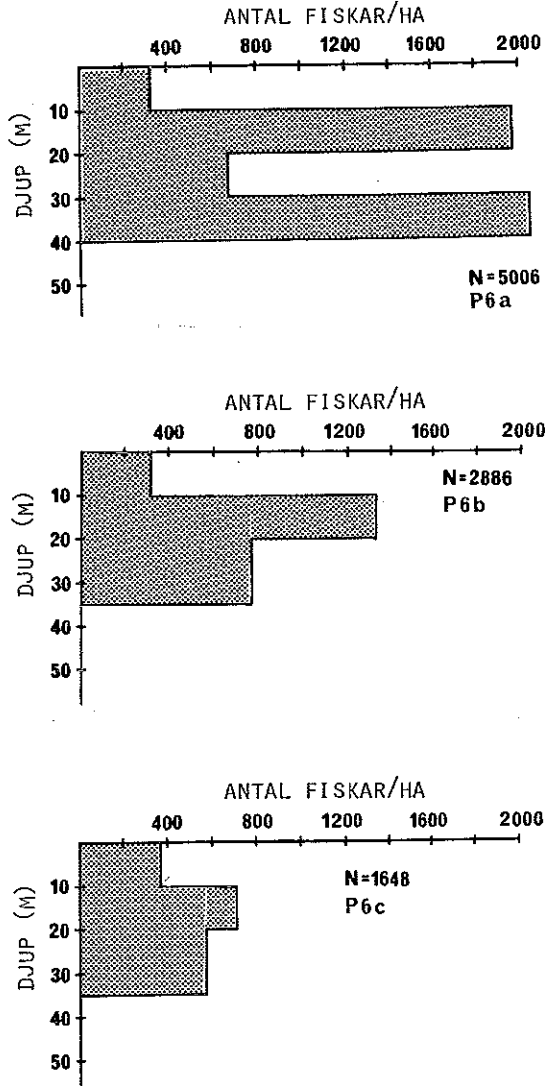


Figur 6. Fördelning av ekosignalstyrkan (-dB) från botten till 2 m djup längs delsträckorna P2a, P4c, P4d och P4f i Vänern 3 oktober 1984.

Distribution of echo signals (in -dB) from different depth strata between the bottom and 2 m water depth along sections of the transects P2a, P4c, P4d and P4f in Lake Vänern 3 October 1984.

De två observerade topparna kan troligen härröras till fördelningen av de två dominerande fiskarterna som förekommer i trålfångsterna, nors och siklöja. Då både trålning och ekointegrering är urvalssnitt, i och med att det är en viss volym längs sträckan som undersöks, så kommer bara huvudmönstret längs sträckan fram. Det är emellertid rimligt att anta att toppen i skiktet 10-20 m först och främst är nors, medan toppen i skiktet 30-40 m är både siklöja och nors. Övriga arter antas i mindre grad bidra till antalet återkommande ekosignaler.

I Hjälmarén blev materialet från ekointegreringen inte bearbetat med hänsyn till vertikalfördelning, eftersom sjön är grund.



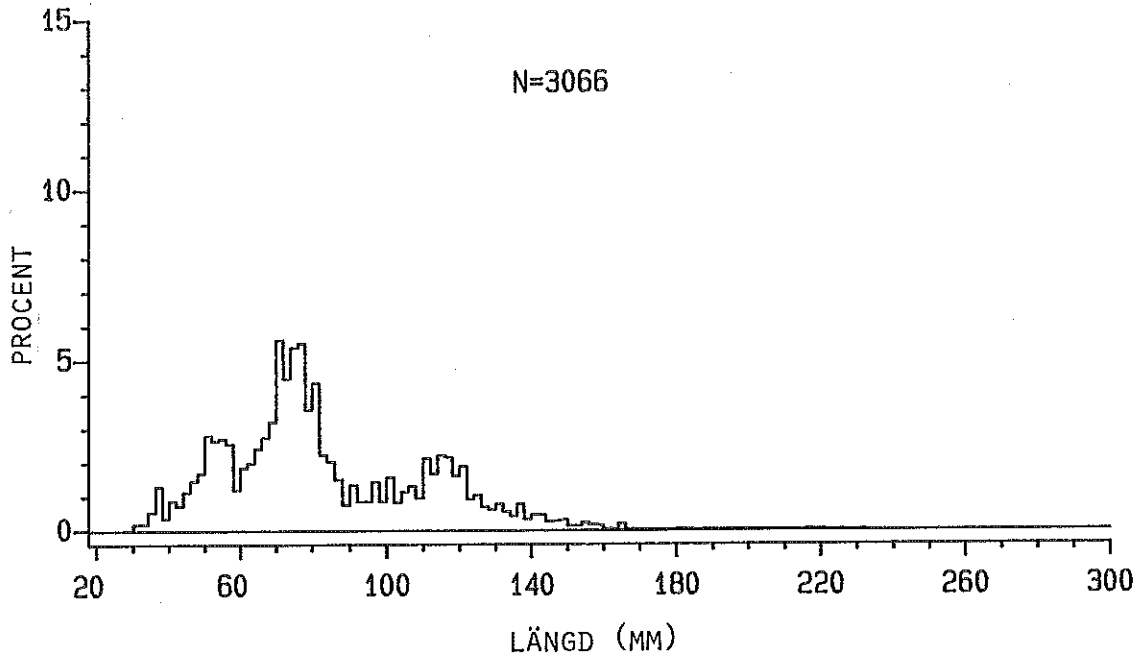
Figur 7.

Fördelning av ekosignalstyrkan (-dB) från botten till 2 m djup längs delsträckorna P6a, P6b och P6c i Vänern 2 oktober 1984.

Distribution of echo signals (in -dB) from different depth strata between the bottom and 2 m water depth along sections of the transects P6a, P6b and P6c in Lake Vänern 2 October 1984.

Längdfördelning

Procentuell längdfördelning av totalmaterialet av nors tagen under trålfiske i Vänern visas i Figur 8. Materialet består av drygt 3 000 fiskar och visar 0+ fiskar med en längdtopp i diagrammet på 50-56 mm, medan 1+ fiskar har en längdtopp på 70-80 mm. Toppen som framkommer i längdintervallet 110-125 mm är troligen den delen av bestånden där tillväxten avtagit och består av åldersgrupper äldre än 1+. Längdfördelningen av nors för de olika enkeltråldragen visar att där antalet är tillräckligt, förekommer samma toppar i materialet. Inga systematiska olikheter i längdfördelningen framkom i norsmaterialet från de olika djupen.



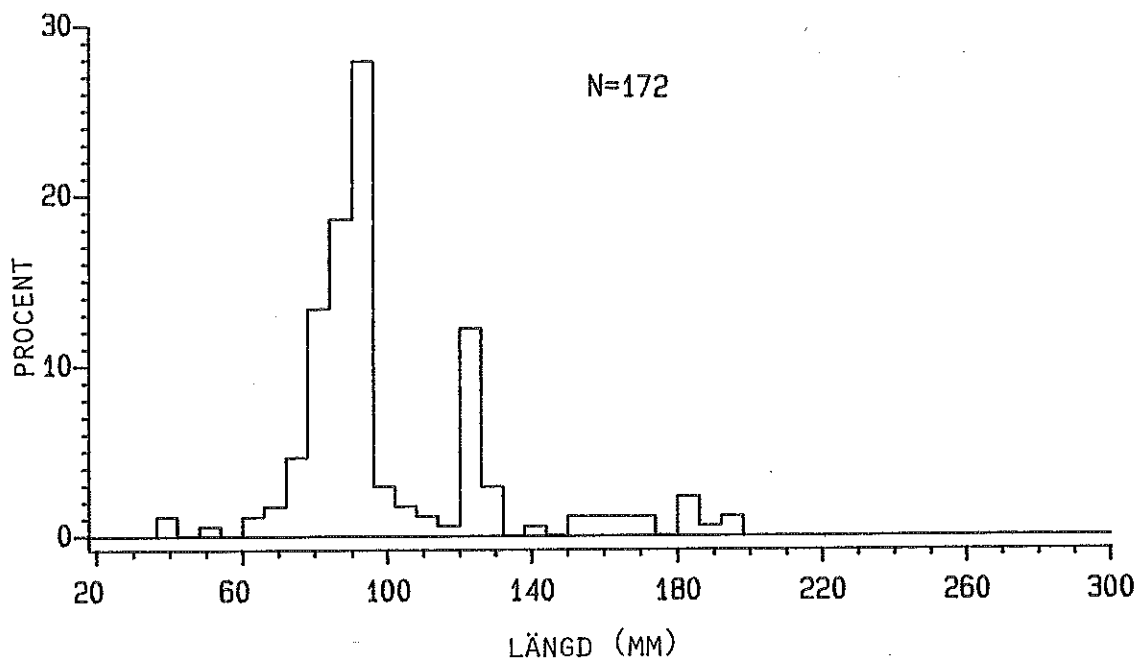
Figur 8. Procentuell längdfördelning av totalmaterialet av nors fångad under trålfiske i Vänern 2-3 oktober 1984.

Percentage length distribution of all smelt caught by trawling in Lake Vänern 2-3 October 1984.

Längdfördelningen av siklöja från Vänern visas i Figur 9. Endast totalmaterialet visas i figuren, då antalet i varje tråldrag var relativt litet. Materialet består av en topp i längdintervallet 70-100 mm som troligtvis är åldersgruppen 0+, 1+ i längdintervallet 120-135 mm och med äldre fisk i längdgruppen över 140 mm. Största siklöjan var 194 mm.

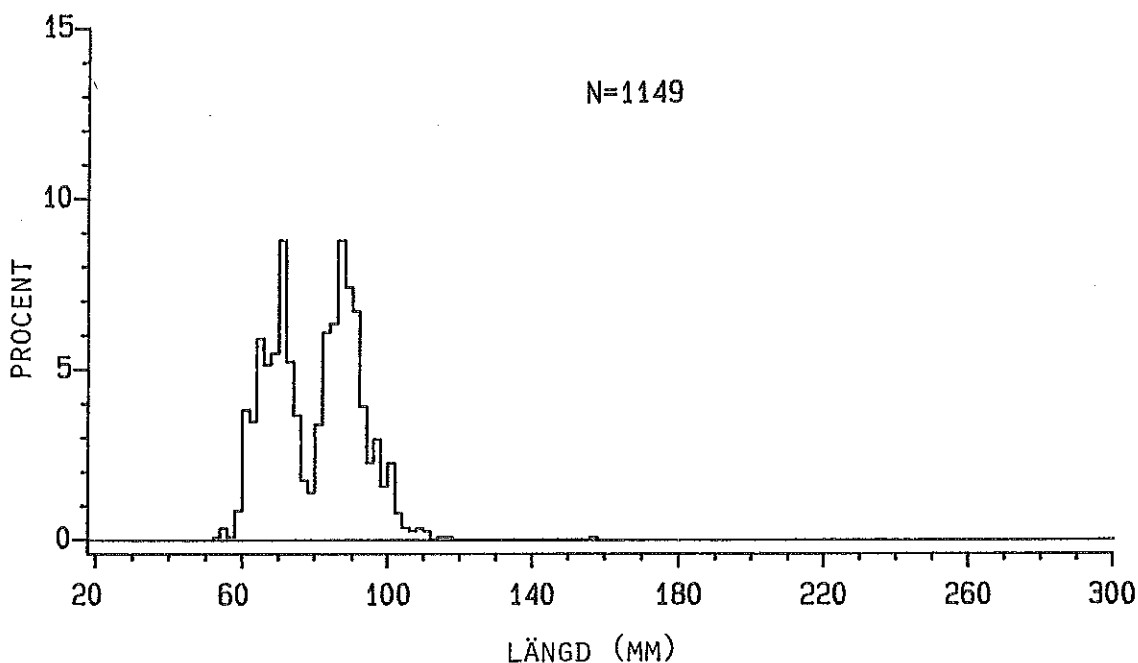
Längdfördelningen av totalmaterialet på nors från Hjälmlaren visas i Figur 10. I diagrammet förekommer två toppar, representerade av åldersgrupperna 0+ och 1+ i längdintervallet 52-78 mm och 78-98 mm. Längden på de två åldersgrupperna var här klart större än i Vänern och det togs dessutom ingen nors av betydelse över 105 mm.

Längdfördelningen av gers från Hjälmlaren framkom på samma sätt med två markerade toppar (Figur 11), 0+ i längdintervallet 35-58 mm, 1+ från 62-ca 94 mm. Endast få individer över denna längd fångades i trålen.



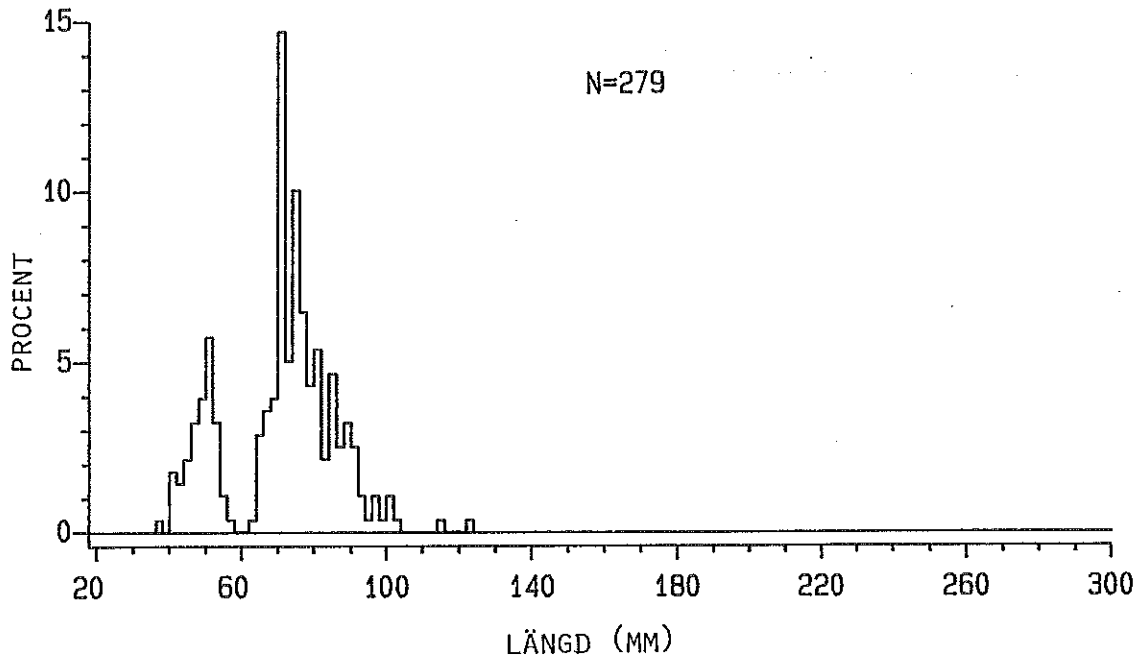
Figur 9. Procentuell längdfördelning av totalmaterialet av siklöja tagen under trålfiske i Vänern längs profil P2-P6 2-3 oktober 1984.

Percentage length distribution of all cisco caught by trawling along transects P2-P6 in Lake Vänern 2-3 October 1984.



Figur 10. Procentuell längdfördelning av totalmaterialet av nors fångad under trålfiske i Hjälmarén 4 oktober 1984.

Percentage length distribution of all smelt caught by trawling in Lake Hjälmarén 4 October 1984.

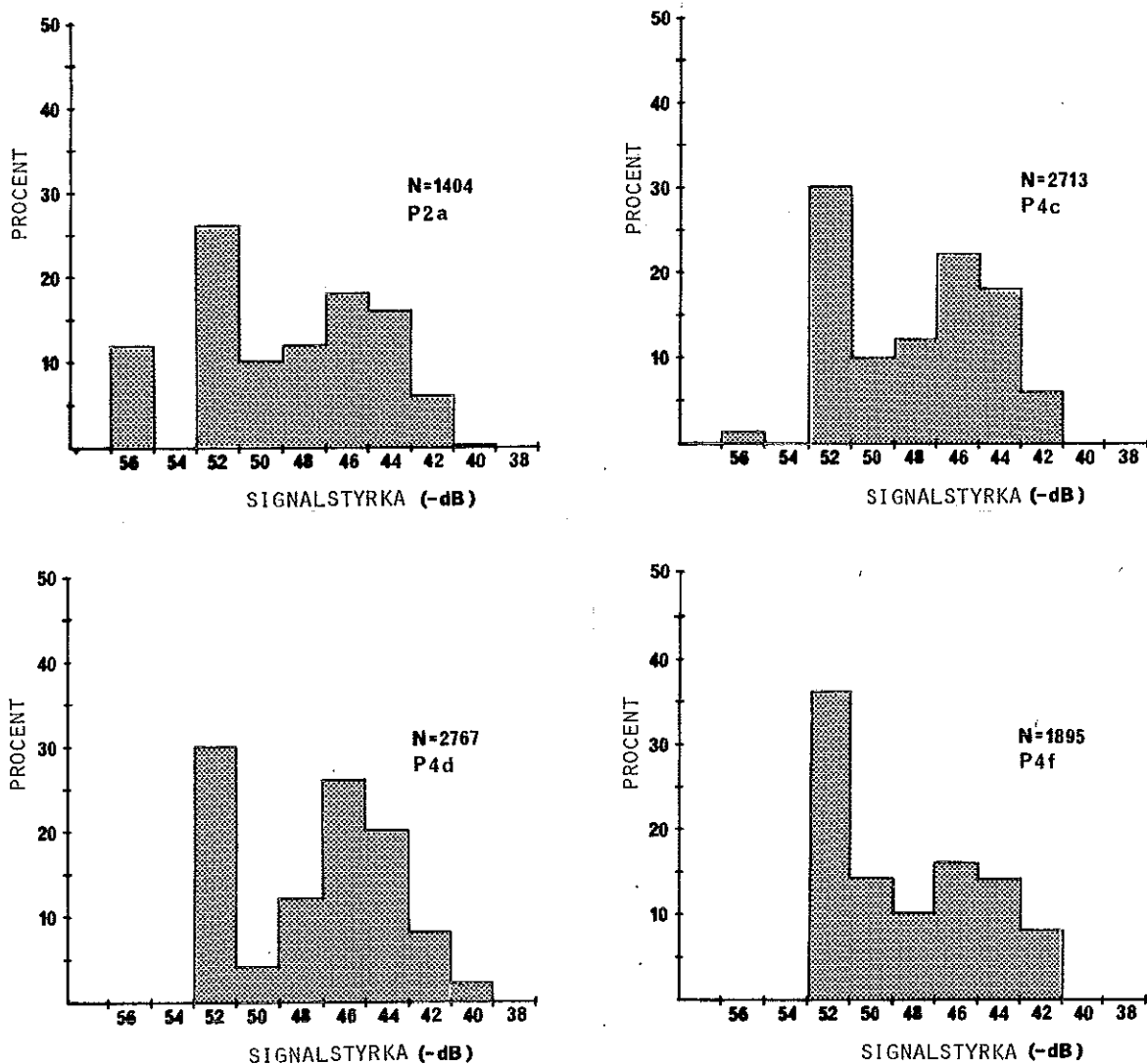


Figur 11. Procentuell längdfördelning av gers fångad under trålfiske i Hjälmaren längs profilerna P2 och P3 4 oktober 1984.

Percentage length distribution of all ruffe caught by trawling along transects P2 and P3 in Lake Hjälmaren 4 October 1984.

dB-fördelning

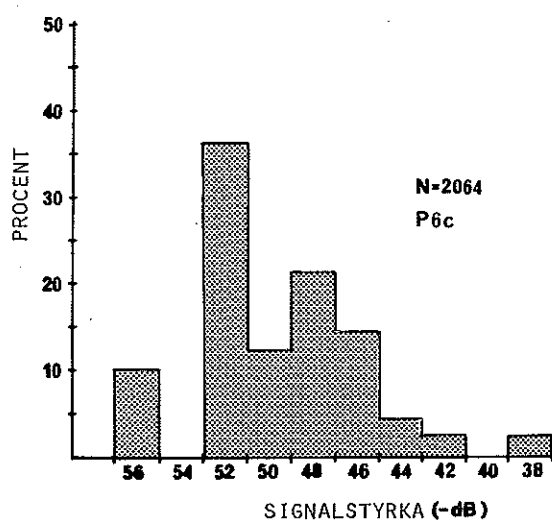
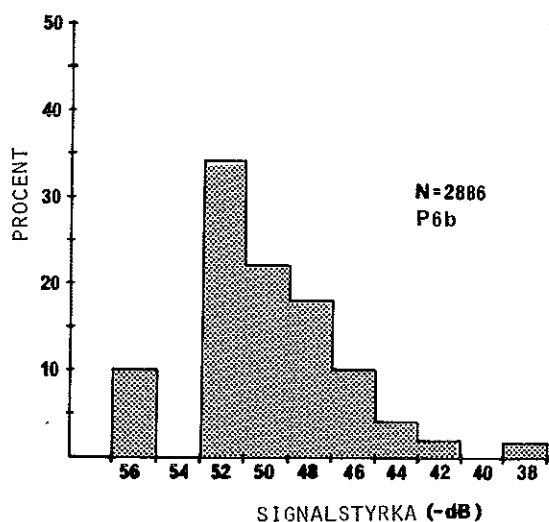
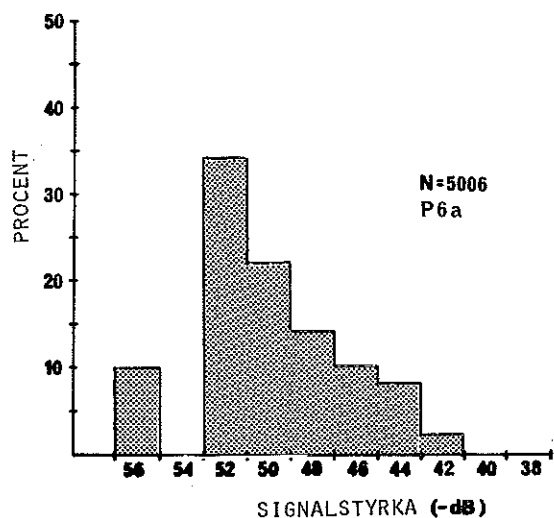
Procentuell fördelning av ekosignalstyrkan längs de olika delsträckorna för Vänern visas i Figur 12 och 13. Här visas fördelningen av signalerna som reflekterats från hela djupet, från ytan till botten. Notabelt för de två delsträckorna a och b längs profil P6 är att dB-värdet -54 saknas helt, att dB-värdet -52 visar ett klart maxvärde och att dB -56 är relativt lågt i förhållande till detta. Vidare är det jämn nedgång i antal fiskar med ökande dB-värde upp till högsta dB-gruppen som är dB -42 och dB -38 längs de två delsträckorna. Trots att totalantalet fiskar/ha sjöyta varierade relativt mycket, från 1 400 till 5 000, är den procentuella dB-fördelningen påfallande konstant. Det kan därför antas att de undersökta delsträckorna är tillräckligt stora för att ge bra information om längdfördelningen.



Figur 12. Procentuell fördelning av ekosignalstyrkan (-dB) från botten till 2 m djup längs delsträckorna P2a, P4c, P4d och P4f i Vänern 3 oktober 1984.

Percentage distribution of target strength of echo signals (in -dB) between the bottom and 2 m water depth along sections of the transects P2a, P4c, P4d and P4f in Lake Vänern 3 October 1984.

Delsträcka c längs profil P6, samt delsträckorna c, d, f längs profil P4 och a längs profil P2 visade alla stor inbördes likhet. I samtliga saknas dB-värdet -54, dB -52 återfanns med en markerad topp, med nedgång för värdena -50 och -48. dB-värdena -46 och -44 återfanns med en mindre topp. Likaså återfanns inte dB-värdet -56 eller så representerades det med en mindre topp.



På samtliga delsträckor var dB-värdena -56 och -52 relativt sett vanligare i djupintervallet 1-10 m, medan dB-värdena -48 till -42 var vanligare på större djup. Sammantaget med Figur 3 kan detta antyda att nors, som antalsmässigt dominerar längdintervallet 40-100 mm och som representeras av fisk som ger ekosignalstyrka -56 till -48 dB, är den art som dominerar den övre vattenmassan. Siklöja har också en väsentlig del av bestånden i längdintervallet över 120 mm upp till 200 mm, fisklängder som representeras med dB-värden upp till -42. Det har inte varit möjligt att undersöka de identiska djupskikt som visas i Figur 3, då antalet fiskar i detta djupskikt är litet och ger osäkra fördelningar.

Figur 13.

Procentuell fördelning av ekosignalstyrkan (-dB) från botten till 2 m djup längs delsträckorna P6a, P6b och P6c i Vänerna 2 oktober 1984.

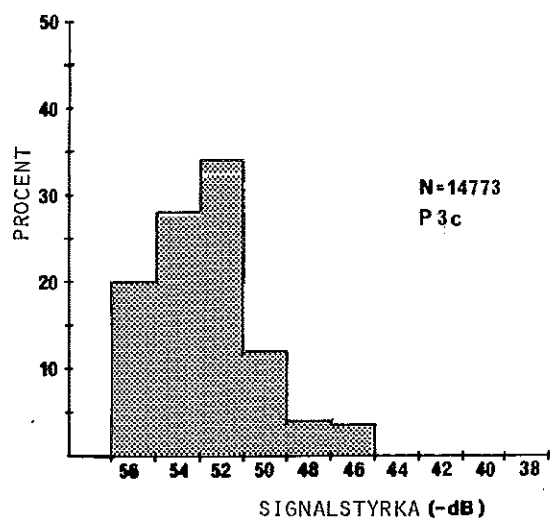
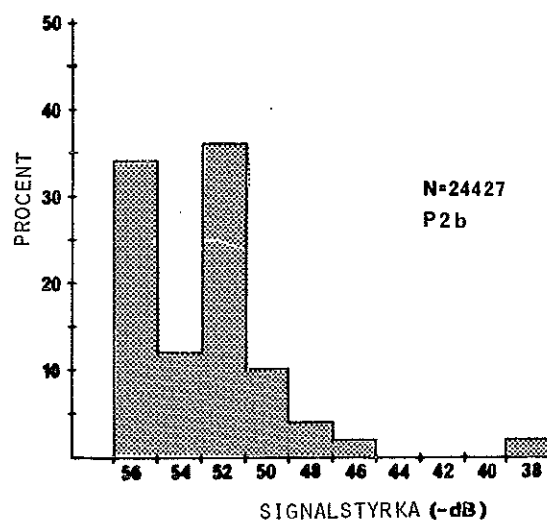
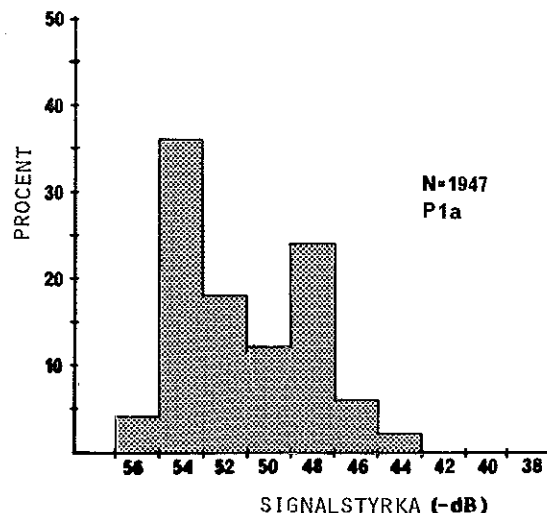
Percentage distribution of target strength of echo signals (in -dB) between the bottom and 2 m water depth along sections of the transects P6a, P6b and P6c in Lake Vänern 2 October 1984.

Procentuell fördelning av ekosignalstyrkan längs de tre delsträckorna för Hjälmararen visas i Figur 14. För delsträckorna P2b och P3c, visade trålfångsterna att fiskbestånden huvudsakligen bestod av nors och gers, dvs fisk med längder under ca 100 mm. Ekosignalerna domineras av dB-värdena -56 till -50, vilket överensstämmer med längdintervallet 40-80 mm. dB-toppen i intervallet -46 till -44 som påvisades i Vänern återfinns inte här. Eftersom det inte finns siklöja i Hjälmararen förstärker detta antagandet att dB-intervallet -46 till -44 verkligen förorsakas av siklöja i Vänern. Högsta dB-värdena i Hjälmararen i de pelagiska områdena var dB -46 som korrelerar med fisk av ca 120-130 mm längd, förutom dB -38 (300-330 mm) som observerades längs en av profilerna.

Figur 14.

Procentuell fördelning av ekosignalstyrkan (-dB) från botten till 2 m djup längs delsträckorna P1a, P2b och P3c i Hjälmararen 4 oktober 1984.

Percentage distribution of target strength of echo signals (in -dB) between the bottom and 2 m water depth along sections of the transects P1a, P2b and P3c in Lake Hjälmararen 4 October 1984.



Ekointegrerad fisktäthet/biomassa

Den totala beräknade fiskmängden längs profilernas delsträckor i Väneren och Hjälmareren visas i Tabell 3. I Väneren varierade beräknad fisktäthet mellan 1 400 och 5 000 fiskar/ha sjöyta, i Hjälmareren mellan 2 000 och 24 500 fiskar/ha. För samma delsträckor har ett överslag gjorts över biomassan, baserad på regressionen fisklängd/dB-värden (Lindem & Sandlund 1984), och regressionen fisklängd/våtvikt. Det har här antagits att fisk under 100 mm följer längd/vikt-regressionen för nors (Sandlund et al. 1980) och fisk mellan 100 och 200 mm längd/vikt-regressionen för siklöja (Hamrin 1979). Under dessa förutsättningar är den beräknade biomassan av fisk i Väneren längs delsträckorna mellan 14 och 42 kg/ha sjöyta. Beräknad på samma sätt blir fiskbiomassan i Hjälmareren 10 kg/ha för den grundare profilen och mellan 35 och 60 kg/ha för de två djupaste områdena.

Tabell 3. Ekointegrerat antal fiskar/ha sjöyta längs delsträckor i Väneren och Hjälmareren. Tabellen visar beräknat totalantal fiskar i hela djupskiktet. Beräkningen av total biomassa fisk/ha sjöyta är baserad på integrerat totalantal fiskar, ekosignalstyrkan och längd/vikt-regressionen för nors och siklöja.

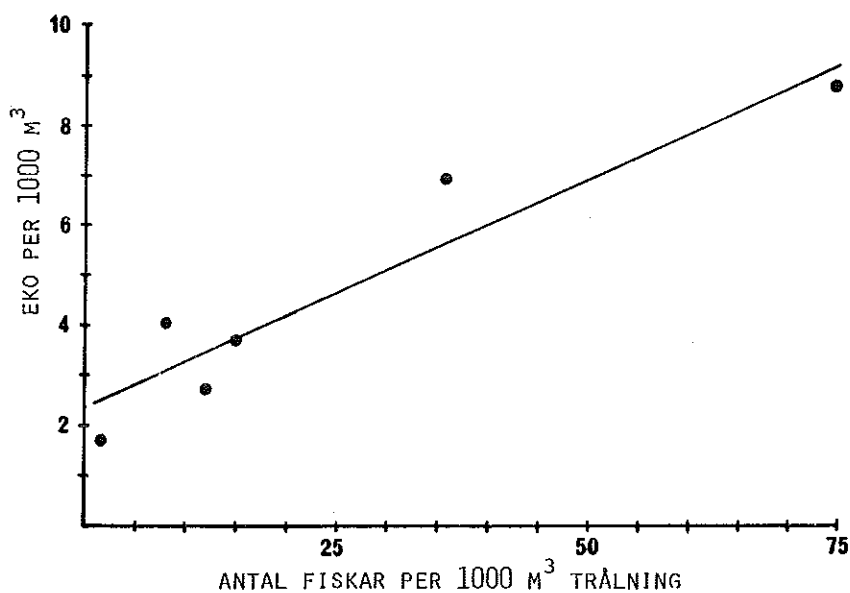
Estimate of the number of fish/hectar lake surface from echo integration along sections of the transects in Lake Väneren and Lake Hjälmareren. The total number of fish and estimated total fish biomass are shown.

VÄNERN	Delsträcka	Antal fiskar/ha	Biomassa (kg)/ha
3/10 1984	P2a	1 404	14
3/10 1984	P4c	2 713	31
3/10 1984	P4d	2 767	36
3/10 1984	P4f	1 895	20
2/10 1984	P6a	5 006	36
2/10 1984	P6b	2 886	42
2/10 1984	P6c	2 064	14
<hr/>			
HJÄLMAREN			
4/10 1984	P1a	1 947	10
4/10 1984	P2b	24 427	60
4/10 1984	P3c	14 773	35

DISKUSSION

I Vänern domineras de pelagiska trålfångsterna längs alla profiler och på alla djup av nors medan inslaget av siklöja var störst på djup under ca 20 m. Almer (1979) däremot fann att siklöjan och norsen uppträdde i skilda djupskikt, med norsen lokaliserad till de djupaste avsnitten. Andra fiskarter återfanns endast i ett fåtal individer. Slutsatsen blir att fiskbestånden längs de undersökta profilerna huvudsakligen består av nors och siklöja och att dessa utgör huvuddelen av den registrerade fiskmängden vid ekointegreringen. Det förväntade inslaget av sik och då speciellt årsklasserna 0+ och 1+, som båda borde vara fångstbara i den trål som användes, uteblev.

Sambandet mellan antalet trålfångade fiskar och ekointegrerad fiskmängd visas i Figur 15. Det kan verka självklart med ett klart samband mellan de nämnda parametrarna. Emellertid kan förhållandena som klumpvis fördelning av fisk (stimbildning), för



Figur 15. Regressionen mellan antal återgivna ekosignaler/1 000 m³ vatten och antal fiskar fångade/1 000 m³ trålat vatten. Materialet baserat på trålning i Vänern på olika djup och ekointegrering av nära nog samma vattenvolymer.

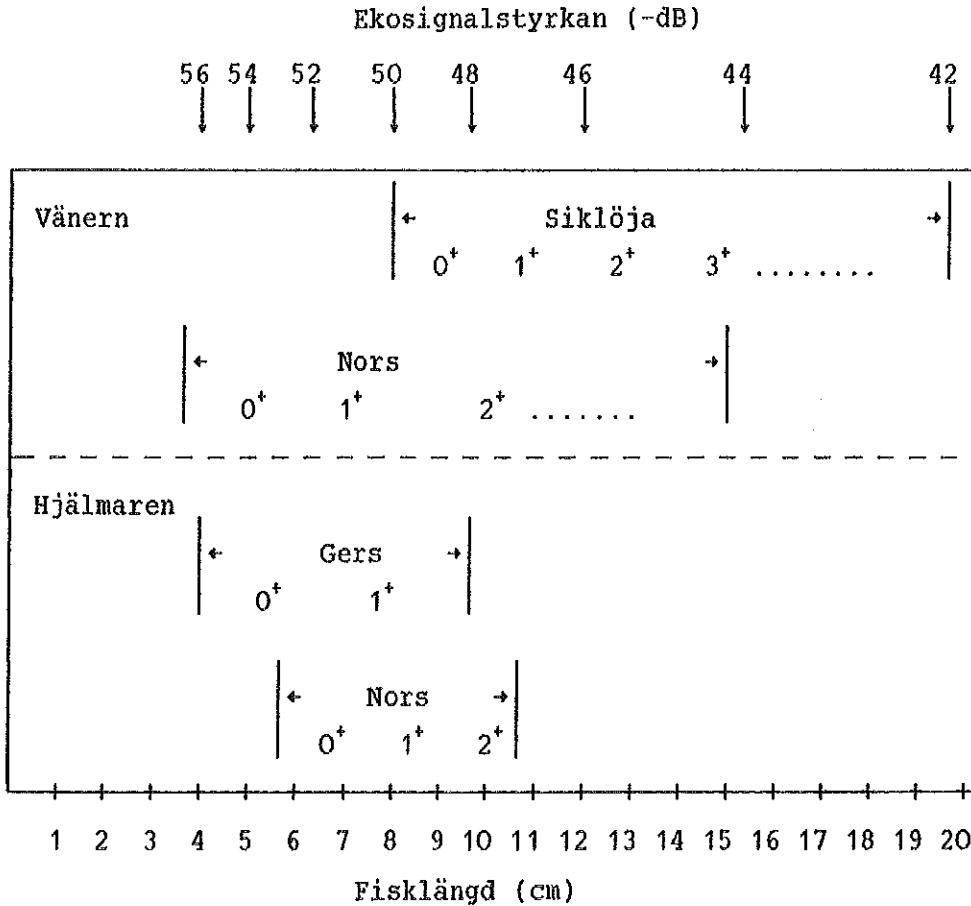
Regression between number of echo signals/1 000 m³ water and the total number of fish caught/1 000 m³ of water trawled. Data are based on trawling in Lake Vänern at different depths and echo integration of virtually the same water strata.

kort trålsträcka och att redskapen fiskar selektivt, bidra till att jämförelsen blir dålig. När fångst och ekointegrerad fiskmängd visar ett så klart samband som vid detta tillfälle, indikerar det att de ekointegrerade och trålade vattenvolymerna är stora nog att täcka den stimbildning som trots allt återfinns horisontellt. Vidare tyder detta på att trålen fångar selektivt (eller mer precist, att selektionen är relativt konstant).

Det är intressant att notera att det fångas mer fisk än vad som blir registrerad av ekolodet. Detta kan inte förklaras på annat sätt än att fisken skräms av de två trålbåtarna, av trållinorna och samlas ihop av trålvingarna så att fisktätheten av denna anledning blir högre än den teoretiskt skulle bli med avseende på själva trålöppningen. Detta kan också teoretiskt ge selektiv fångst i och med att större fisk slipper undan lättare. Emellertid är trålbilden nära nog identisk med den som observerats i Vättern (Brabrand 1984) där fångstresultaten både på bottengarn och flytnät inte gav nämnbar fångst av fisk över ca 200 mm. Detta antyder att trålfångsterna ger en god bild av de dominerande pelagiska fiskarterna.

Figur 16 visar en grov översikt över fisklängderna på de fiskarter som dominerar i Vänern och Hjälmaren baserat både på ekolodregistreringar och trålfångster. Huvudskillnaden mellan de två sjöarna ligger i att fiskar mellan 100 och 200 mm i stort sett saknas i Hjälmaren och beror på att siklöja inte finns i Hjälmaren. Detta bekräftas av att de dB-värden som motsvarar längdintervall för siklöja följer de djupskikt där det påvisades flest siklöjor i Vänern.

Siklöja fångades i trål först och främst på djup under ca 20 m. Den vertikala vandrigen hos siklöja är inte helt entydig och varierar en del mellan olika sjöar. Undersökningar i Mälaren av Northcote & Rundberg (1970) med nät och ekolod visade att siklöja observerades över språngskiktet tidigt på sommaren, senare på säsongen i övre hypolimnion och i profundalzonen. Samma undersökning visade också att nors återfanns i ringa omfattning över språngskiktet. Hamrin (1979) drar också slutsatsen att siklöjan



Figur 16. Trolig storleksfördelning av pelagiska arter i Vänern och Hjälmaren registrerade med ekolod och trål under perioden 2-4 oktober 1984. dB-värdena för respektive fisklängder är baserade på regressionen längd/dB-värdet (Lindem 1980b).

Probable size distribution of pelagic fish species in Lake Vänern and Lake Hjälmaren, as observed by echosounder and in trawl catches 2-4 October 1984. Target strength values (in -dB) of corresponding single fish sizes are based on the length-dB regression given by Lindem (1980b). Siklöja = cisco, Nors = smelt, Gers = ruffe.

primärt är en hypolimnetisk art, som företar vertikala vandringar från hypolimnion till i närheten av språngskiktet under sommarperioden. I vissa sjöar vandrar den yngre delen av bestånden upp ovan språngskiktet, medan den äldre delen av bestånden stannar i området nära språngskiktet. Materialet från trålfångsterna i Vänern är för litet för att fastställa om de olika storleksgrupperna av bestånden vandrar på olika sätt, men visar att huvuddelen fångades på större djup, motsvarande dB-värden som visar fisklängder upp till ca 200 mm.

Beräknat antal fiskar/ha varierade i Vänern från ca 1 400 till ca 5 000. Omräknat i biomassa gav detta en variation från ca 14 kg/ha till ca 40 kg/ha. Den stora variationen visar att det är vanskligt att anta att de enskilda profilerna är representativa för större arealer. I Mjøsa som har liknande pelagiska fisksamhällen och nära nog samma trofistatus, fann Sandlund & Kjellberg (1983) grundat på ekolod och trål, en biomassa på i genomsnitt ca 26 kg/ha, ett biomassetal som ligger i samma storleksordning som när beräkningarna också baseras på märkning/återfångst. Sammantaget visar sig biomassetalen från Vänern överensstämma med detta. Emellertid återfanns något färre antal fiskar/ha i Mjøsa jämfört med Vänern, från 100 till 3 700 fiskar/ha på våren, 230-1 300 fiskar/ha på hösten (Sandlund et al. 1980), även om biomassetalen var ganska lika. Att biomassan likväl ligger relativt lika förorsakas av att både nors och siklöja uppnår en större storlek i Mjøsa än i Vänern, och därmed ger ett högre biomassetal. När det gäller avkastningstalen från Mjøsa så är uttaget enbart av siklöja beräknat till ca 3 kg/ha, alltså ca 10% av den totala pelagiska biomassan. I Vänern är uttaget totalt angivet till ca 2-3 kg/ha, inräknat litorala arter, med ett stort inslag av predatorer som gös, gädda och lake. Det är därför naturligt att beskattningen är högre i Mjøsa, då det där ingår mindre predatorfisk i beskattningstalen.

Beräknad biomassa av fisk i Hjälmarén var för de pelagiska profilerna 35-60 kg/ha och återspeglar den generellt sett högre trofinivån jämfört med Vänern och Mjøsa. Antal fiskar/ha var här liknande det som finns i eutrofa karpfiskdominerade sjöar (Brabrand & Saltveit 1983). Emellertid visar ekointegreringen längs de tre profilerna att fisktätheten och därmed också beräknad biomassa kan variera betydligt. Avkastningstalen för Hjälmarén är angivna till 5-6 kg/ha och förhållandet mellan biomassa och avkastning/ha synes därför ligga i samma storleksordning som för Vänern.

SAMMANFATTNING

Under perioden 2-4 oktober 1984 företogs ekolodregistrering nattetid med ett SIMRAD EY-M ekolod i Vänern och Hjälmaren längs utvalda profiler. Utrustningen möjliggör inspelning av ekosignaler på bandspelare för vidare behandling med hjälp av en mikrodotator för räkning av fisk i utvalda djupområden och angivande av fiskens storlek.

I Vänern blev undersökningen koncentrerad till området norr om Spiken över ett totaldjup varierande från ca 40-70 m. I Hjälmaren lades en längsgående profil som sträckte sig över totaldjupen ca 7, 10 och 15 m. Parallellt med ekointegreringen utfördes fiske med pelagisk trål, på olika djup i Vänern och med botten-trål i Hjälmaren. Nors med längder upp till ca 100 mm dominerade fångsterna i bägge sjöarna och på alla djup. I Vänern togs minst fisk vid ytan och antalet siklöjor ökade med ökande tråldjup. I Hjälmaren togs det förutom nors en relativt stor mängd gers.

Ekointegreringen i Vänern påvisade ett antal av 1 400-2 800 fiskar/ha sjöyta längs de flesta profilerna. Längs en profil observerades ett antal av ca 5 000 fiskar/ha sjöyta. Ekosignallstyrkan visade genomgående en topp vid dB -52 till -50 som anger fisk i längdgruppen 60-80 mm, samt en mindre topp med dB-värde -46 till -42, dvs fisklängder i 120-210 mm-klassen. Sammanfattningsvis består den förstnämnda gruppen huvudsakligen av nors och rekryter av siklöja, medan den sistnämnda gruppen domineras av siklöja. Beräknad biomassa längs profilerna var 14-40 kg/ha.

I Hjälmaren varierade antalet fiskar från ca 2 000 (litoralen) till ca 24 500 (pelagialen)/ha sjöyta. Störst antal observerades över de djupaste områdena, totaldjup ca 15 m. Trålfångsterna dominerades av nors och gers, med små inslag av gös, abborre, småspigg och braxen. För de två djupaste profilerna observerades huvudsakligen signaler i dB-området -56 till -50, dvs fisk i längdgruppen 40-80 mm. Det antas att detta är nors och gers. Beräknad biomassa längs de två profilerna var 35 och 60 kg/ha. För den grundare profilen (totaldjup ca 7 m) observerades två toppar i dB-fördelningen, dB -54 (dvs fisklängder om ca 50 mm)

och dB -48 (fisklängder om ca 100 mm). Det antas att inslaget av gers och nors här är betydligt mindre i och med att antalet fiskar bara var ca 2 000/ha, eller bara ca 10% av det som observerats pelagiskt och att inslaget av karpfisk med längd ca 100 mm här är större än för de mer pelagiska delarna av sjön. Den beräknade biomassan var ca 10 kg/ha.

LITTERATUR

- Almer, B. 1979. Vänerprojektet 1972-77, fiskedelen. (English summary: Lake Vänern project 1972-77, fishery investigations.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 40 p.
- Brabrand, A. 1984. Registrering av fiskebestanden i Vättern ved hjelp av hydroakustisk utstyr. Rapp.Lab.Ferskv.Økol. Innlandsfiske, Oslo 65. 22 p.
- Brabrand, A., B. Faafeng & J.P. Nilssen. 1981. Registrering av fisk i Gjersøn ved hjelp av hydroakustisk utstyr. Utvalg for eutrofieringsforskning. Norges Teknisk-Naturvetenskaplige Forskningsråd. Intern Rapp. (2). 36 p.
- Brabrand, A. & S.J. Saltveit. 1983. Biologisk undersøkelse av Maridalsvannet, Oslo kommune. Rapp.Lab.Ferskv.Økol. Innlandsfiske, Oslo 61. 52 p.
- Craig, R.E. & S.T. Forbes. 1969. Design of a sonar for fish counting. Fisk.Dir.Skr.Ser.Havunders. 15:210-219.
- Forbes, S.T. & O. Nakken. (Eds.) 1972. Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 2: The use of acoustic instruments for fish detection and abundance estimation. FAO, Rome. 138 p.
- Hamrin, S.F. 1979. Populationsdynamik, vertikalfördelning och födoval hos siklöja, Coregonus albula L., i sydsvenska sjöar. Limnol.Inst., Lunds Univ. 196 p.
- Lindem, T. 1980a. The application of hydroacoustical methods in monitoring the spawning migration of whitefish, (Coregonus lavaretus) in Lake Randsfjorden, Norway. Contr. Joint USA-USSR Met.Hydroacoust. Methods Estim.Mar.Fish Populat. Cambr. M., June 25-29, 1979.
- Lindem, T. 1980b. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med reguleringsplanene for vassdragene Etna og Dokka Oppland. II. Registrering av fisk i Randsfjorden ved hjelp av hydroakustisk utstyr. Rapp.Lab.Ferskv.Økol. Innlandsfiske, Oslo 45. 9 p + vedlegg.
- Lindem, T. 1981. Registrering av fisk i Tyrifjorden ved hjelp av hydroakustisk utstyr 1979. Tyrifjordutvalget, Fagrapp. (12). 10 p + vedlegg.

- Lindem T. & O.T. Sandlund. 1984. Ekkoloddregistrering av pelagiske fiskebestander i innsjøer. Fauna, Oslo 37:105-111.
- Northcote, T.G. & H. Rundberg, 1970. Spatial distribution of pelagic fishes in Lambarfjärden (Mälaren, Sweden) with particular reference to interaction between Coregonus albula and Osmerus eperlanus. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 50:133-167.
- Sandlund, O.T., L. Klyve, H. Hagen & T.F. Naesje. 1980. Krøkle i Mjøsa. Alderssammensetning, vekst og ernæring. Rapp. (2), Dir.Vilt.Ferskvannsfisk Mjøsundersøkelsen. 70 p.
- Sandlund, O.T. & G. Kjellberg. 1983. Naeringsrelasjoner i Mjøsas pelagiske økosystem. Rapp. (6), Dir.Vilt Ferskvannsfisk Mjøsundersøkelsen. 61 p.

ENGLISH SUMMARY: FISH STOCK ASSESSMENT USING HYDROACOUSTIC EQUIPMENT IN LAKES VÄNERN AND HJÄLMAREN

During the period 2-4 October 1984 hydroacoustic research was carried out in the Swedish lakes Vänern and Hjälmaren, along selected transects with the echosounder SIMRAD EY-M. The equipment enables recording of echo signals on magnetic tapes and subsequent analysis on a microcomputer to calculate fish density in different water layers and interpret single fish size. To relate the relative length-frequency diagrams to the occurrence of known fish species and size classes, trawl fishing (with a mesh size of 5 mm in the bag) was simultaneously carried out at different depths.

In Lake Vänern research was concentrated in an area with a depth of between 40 and 70 m, while in the much shallower Lake Hjälmaren the transects covered the depths 7, 10 and 15 m. In both lakes and at all depths, smelt (Osmerus eperlanus) was by far the dominant species, with a body length of up to about 100 mm. In Lake Vänern, the number of fish caught decreased towards the water surface, and the number of cisco (Coregonus albula) increased below 20 m depth. In Lake Hjälmaren a relatively high number of ruffe (Acerina cernua) were also caught.

Echo integration in Lake Vänern showed a total of 1 400-2 800 fish/hectar along most of the transects, although there were 5 000 fish/hectar along one transect. The target strength of the signals frequently showed a peak at -52 to -50 dB, indicating a fish size of 60-80 mm, as well as a smaller peak in the interval -46 to -42, indicating a fish size of 120-210 mm. Based upon the trawl catches it is concluded that the former size group was dominated by smelt and immature stages of cisco, while the latter group was dominated by cisco. Total fish biomass was calculated to be 14-40 kg/hectar.

In Lake Hjälmarén the number of fish varied from 2 000 (littoral zone) to approx. 24 500 (pelagic zone)/hectar. The highest number of fish was recorded along the deepest transect. The trawl catches were dominated by smelt and ruffe, while a small number of pike-perch, perch, stickleback and bream were also caught. Along the two deepest transects, the target strength of the echo signals showed a peak in the interval -56 to -50 dB, indicating a single fish size of 40-80 mm. A dominance of smelt and ruffe is suggested for this size group. The calculated total fish biomass along the two transects was 35 and 60 kg/hectar. Along the shallower transect, two peaks were observed in the distribution of target strength: -54 dB (fish size about 50 mm) and -48 dB (fish size about 100 mm). The abundance of smelt and ruffe was probably markedly reduced here, as the number of fish was only about 2 000/hectar, or 10% of the number observed in the pelagic zone. The number of cyprinids with a body size of about 100 mm was probably higher here than in the more pelagic parts of the lake. The calculated fish biomass was about 10 kg/hectar.

APPENDIX 1. Sambandet mellan "target strength" (TS) och fisklängd (L) beräknad efter formeln $TS = 20 \log (L) - 68$ (Lindem & Sandlund 1984).

The relation between target strength (TS) and fish length (L) according to the formula $TS = 20 \log (L) - 68$ (Lindem & Sandlund 1984).

Fisklängd (cm)	Ekosignalstyrkan (- dB)
3 cm = target strength	.... - 58 dB
4 cm = target strength	.... - 56 dB
5 cm = target strength	.... - 54 dB
6 cm = target strength	.... - 52 dB
7 cm = target strength	.... - 51 dB
8 cm = target strength	.... - 50 dB
9 cm = target strength	.... - 49 dB
10 cm = target strength	.... - 48 dB
11 cm = target strength	.... - 47 dB
12 cm = target strength	.... - 46 dB
13 cm = target strength	.... - 46 dB
14 cm = target strength	.... - 45 dB
15 cm = target strength	.... - 44 dB
16 cm = target strength	.... - 44 dB
17 cm = target strength	.... - 43 dB
18 cm = target strength	.... - 43 dB
19 cm = target strength	.... - 42 dB
20 cm = target strength	.... - 42 dB
21 cm = target strength	.... - 42 dB
22 cm = target strength	.... - 41 dB
23 cm = target strength	.... - 41 dB
24 cm = target strength	.... - 40 dB
25 cm = target strength	.... - 40 dB
26 cm = target strength	.... - 40 dB
27 cm = target strength	.... - 39 dB
28 cm = target strength	.... - 39 dB
29 cm = target strength	.... - 39 dB
30 cm = target strength	.... - 38 dB
31 cm = target strength	.... - 38 dB
32 cm = target strength	.... - 38 dB
33 cm = target strength	.... - 38 dB
34 cm = target strength	.... - 37 dB
35 cm = target strength	.... - 37 dB
36 cm = target strength	.... - 37 dB
37 cm = target strength	.... - 37 dB
38 cm = target strength	.... - 36 dB
39 cm = target strength	.... - 36 dB
40 cm = target strength	.... - 36 dB