

Programområde:

Kust och hav

Undersökningstyp:

**Pelagial fisk och stora
djurplankton**

Mål och syfte med undersökningstypen

Syftet med denna undersökningstyp är att med hjälp av ekolodningar längs förutbestämda linjer, s.k. ekolodtransekter, beräkna mängden fisk i den fria vattenmassan (pelagialen) i havsfjärdar och sjöar. Genom att använda de storleksregistrerande metoderna ekoräkning, eller ekointegrering (7) i kombination med fiske, kan man beräkna både mängden fisk och beståndens sammansättning av fisk av olika storlek. Dessa hydroakustiska metoder bygger på att ljudpulser från ett ekolod återkastas av fisk, främst från simblåsan och från skelettet. Metoderna går bara att använda för att beräkna mängden fisk som befinner sig i den fria vattenmassan, eftersom ekon från bottenlevande fisk inte går att särskilja från ekon från botten. Hydroakustik delas in i ekoräkning och ekointegrering. Ekointegrering ger ett mått på biomassan fisk per ytenhet, medan ekoräkning ger antalet fiskar och deras storleksfördelning.

Hydroakustiska metoder kan även utnyttjas för att beräkna mängden stora djurplankton.

Uppgifter om fiskmängder och storlekssammansättning hos fiskbestånd är värdefull information i miljöövervakningssammanhang. Anledningarna är flera:

- fiskar är centrala organismer i akvatiska ekosystem,
- miljöstörningar som eutrofiering och industriutsläpp ger effekter på fisk,
- förändringar i fiskbestånd kan ha stor påverkan på lägre trofinivåer i näringskedjan, Resultat av miljöövervakning av exempelvis djurplankton eller bottenfauna kan vara svåra att tolka om man inte samtidigt har kunskap om fisken,
- pelagial fisk kan, till skillnad från bottenlevande fisk, mängdberäknas med fångstoberoende metodik, vilket ger säkrare uppskattningar av populationerna,
- Resultaten från nätfisken och liknande traditionella undersökningar påverkas starkt även av andra faktorer än mängden fisk, t.ex. fiskens aktivitet. Ekolodningar har här en stor fördel, eftersom ekolodsresultat inte påverkas av sådana faktorer.
- Med ekolodningar kan stora ytor lätt täckas, vilket minskar effekterna av "patchiness" (stimbildning eller annan ojämn fördelning av fisken). Traditionella fisken kräver stora arbetsinsatser för att täcka motsvarande ytor och blir därför betydligt kostsammare om samma precision eftersträvas.

Förutom ovanstående typ av information, kan ekolodsdata ge annan värdefull kunskap. Man kan t.ex. få uppgifter om utbredning av syrebrist i ett område. Fisk kommer att försvinna från syrefattiga områden. Om det finns ett mönster med fisk i ytvattnet men med en markerad nedre utbredningsgräns, indikerar detta att det råder syrebrist på större djup. Detta kan sedan beläggas/testas med riktade studier av syrehalten. Ekolodningar är också ett lämpligt sätt att

studera hur fiskars utbredning inom ett område påverkas av exempelvis utsläpp, grumlande muddringsarbeten och liknande.

Data från undersökningstypen ger information för uppföljning av miljömålen *Hav i balans samt levande kust och skärgård* samt *Ingen övergödning*.

Samordning

Ekolodningarna samordnas med lämpliga provfisken av pelagial fisk. Hur ofta dessa provfisken skall utföras i förhållande till frekvensen av ekolodningar avgörs av sammansättningen hos den aktuella fiskfaunan. I samband med ekolodningarna är det lämpligt att genomföra hydrografiska studier av vattentemperatur, salthalt och syreförhållanden. Som betonats ovan är fisken en integrerad del av det pelagiska ekosystemet, varför samordningar med andra provtagningar i denna biotop är önskvärda. Vilka parametrar som ingår i dessa samordnade undersökningar avgörs självfallet av de frågeställningar som skall belysas inom en studie.

Strategi

Uppläggningsen av ett ekolodsprogram avgörs av vilka specifika frågeställningar man har. Generellt kan man säga att det går att bestämma fiskmängden i ett område genom att i ett mer eller mindre tätt mönster av transekter genomkorsa området med en båt försedd med ett avancerat ekolod för. Ju tätare man lägger ekolodstransekterna, desto större blir säkerheten i resultaten. Hur man skall lägga ut dessa transekter över undersökningsområdet avgörs, förutom av frågeställningen, av vilka navigationsmöjligheter som finns, förekomsten av grynnor, öar och liknande. Ytterligare information finns under rubriken "Övrigt".

Statistiska aspekter

Säkerheten i erhållna ekolodsresultat ökar med ökad hydroakustisk täckningsgrad av ett område, d.v.s. med ökad täthet av ekolodstransekter. Praktiska erfarenheter visar att variationskoefficienten ($CV = \text{standardavvikelse/medelvärde}$) kan beräknas som en funktion av transekternas totala längd och det område som transekterna sprids över. Sambandet har beskrivits på följande sätt, där D transekternas längd och A områdets yta (1):

$$CV = 0.5 \times \left(\frac{D}{\sqrt{A}} \right)^{-0.41}$$

Erfarenheter tyder på att denna ekvation vid hög täckningsgrad av ekolodstransekter ger en överskattning av CV , d.v.s. att man kan få bättre resultat än vad ekvationen anger. För att bestämma mängden pelagial fisk i en sjö eller i ett havsområde kan ekolodsdata analyseras med geostatistisk metodik. Sådan teknik ger ett medelvärde och ett mått på osäkerheten.

Hydroakustiska beräkningar av fiskmängder är ett biologiskt mått som är lika bra eller rentav bättre än många andra motsvarande mätningar. Vid en sådan jämförelse skall man särskilt beakta att ekolodningarna kan ge värden med hög precision som gäller en hel fjärd eller sjö, medan flera andra variationskoefficienter endast gäller för en viss station inom en fjärd eller sjö (Tabell 1). Om de senare skulle användas för att karaktärisera en större yta, skulle CV -värdet (=osäkerheten) öka avsevärt

Version 1:3, 2016-12-08

Tabell 1. Variationskoefficienter för olika typer av undersökningar i akvatisk miljö. Som framgår av tabellen kan ekolodningar ge data med god precision och som omfattar en stort område och inte endast en provtagningspunkt. Variationskoefficient=standardavvikelse/medelvärde, låg kvot = god precision.

Variabel	Variationskoefficient
Djurplankton med håv	30-40 % ¹
Pungräkor (mysider) med håv	10-30 % ²
Bottenfauna >1mm med huggare	10-30 % ²
Bottenfauna <1mm med huggare	20-40 % ²
Bottenvegetation med dykare	30-50 % ^{2,3}
Bottenlevande fisk med fallfällor	50-100 % ²
Bottenlevande fisk med nätfångster	70-140 % ²
Pelagial fisk med ekolod	20-30 % ¹
Kommentarer: 1) gäller integrerat värde för en hel fjärd 2) gäller enskild lokal 3) subjektivt vald lokal, där bottenvegetationen var homogen	

Jämfört med andra metoder fisk ger ekolodningar mer kvantitativt riktiga resultat, eftersom de är mindre beroende av omgivningsfaktorer som t.ex. temperatur eller siktdjup (5).

Plats-/stationsval

Hur man väljer att placera sina provtagningsplatser och -stationer beror helt på vilken frågeställning som skall studeras. Generellt för ekolodningsmetodik gäller att grunda områden är relativt svåra att studera, varför vattendjupet bör överstiga fem meter.

Mätprogram

Variabler

Den grundläggande enheten i rapporteringen är ekointegreringsdata (m^2/m^2 eller m^2/m^3). Dessa data kan sedan omvandlas till mer lättförståeliga enheter, såsom antal fiskar eller vikt per yta samt art- och storleksfördelning. För beräkningar av art- och storleksfördelning krävs dock att ekoloddata kombineras med data från fiske med t.ex. vertikalnät eller trål.

Resultaten av ekolodningarna baseras på kalibreringar gjorda i enlighet med de riktlinjer som ekolodstillverkaren beskrivit, samt i enlighet med de rutiner som utarbetas inom Internationella Havsforskningsrådet, ICES (3).

Att bestämma mängden djurplankton med akustisk metodik är mindre väl dokumenterat än att göra motsvarande studier av fisk. Av den anledningen krävs att man vid studier av plankton gör mer omfattande kalibreringar mot traditionella metoder för kvantifieringar (håv eller liknande).

Det är värdefullt att i samband med ekolodningarna även göra hydrografiska profiler av vattentemperatur, syrehalt och salthalt i det aktuella området.

Tabell 2. Översiktsschema för variabler och tidsperioder, m.m.

Företeelse	Determinand (Mätvariabel)	Metodmoment	Enhet / klassade värden	Prioritet	Frekvens och tidpunkter	Referens till metodik
Fiskar, Zooplankton	Täckningsgrad, <i>d.v.s. Area organismer/area</i>	Ekointegrat	m ² /m ² m ² /m ³	1	Avgörs av den aktuella frågeställningen	(2, 4, 8, 9, 10, 12)
	Antal/area, <i>resp.</i> Massa/area	Beräknat värde	/ha kg/ha	2		
	Djup från ytan		m	2		
Fiskar, Zooplankton, uppdelade i arter	Längd (<i>hos enskilda djur</i>)	Fiske		2		
	Massa (<i>hos enskilda djur</i>)			2		
	Ålder (<i>hos enskilda djur</i>)			2		
	Djup från ytan		m	2		
Luft	Väderlek (<i>inkl. ev. uppgift om månsken</i>)			3		
	Vindhastighet <i>alt.</i> Vindstyrka		m/s <i>alt.</i> Enl. Beaufortskalan	3		
	Vindriktning			3		
Vatten	Våghöjd		m	3		
	Temperatur		Cel	3		
	Salinitet			3		
	Siktdjup, <i>alt.</i> Turbiditet			3		
	O ₂ -halt		mg/l	3		
Ytterligare några detaljer som ska registreras framgår under rubriken Fältprotokoll						

Frekvens och tidpunkter

Ekolodningar av fisk genomförs lämpligen nattetid. Fisken är då jämnare fördelad i vattenmassan, vilket avsevärt minskar den osäkerhet i registreringarna som man annars får av stimbildningar. Samtidigt gör spridning av fisken i vattenmassan att man får ekon från enskilda fiskar, vilket är nödvändigt för att kunna göra *in situ*-baserad storleksbestämning av fisken.

Vilken årstid som är bäst för undersökningarna avgörs av vilka arter och frågeställningar som skall belysas. I många sammanhang är sensommaren/hösten en lämplig tid. Årsungarna av flertalet fiskarter är då så stora att de kan registreras kvantitativt med ekolodning, samtidigt som natten är lång. Man kan då genomföra omfattande ekolodningar under en och samma natt (exempelvis så ger sex timmars ekolodningar med en hastighet om sex knop 36 nautiska mil = 67 km av ekolodstransekt).

Ekolodningarna kan genomföras på ett stort antal sätt. Undersökningsfrekvensen kan variera från en gång per år (samma årstid, inom ungefär 14 dagar varje år) till varje dygn, eller upprepade gånger per dygn, under en intensivperiod (t.ex. vid analys av fiskens reaktion på någon störning).

Observations-/provtagningsmetodik

Hydroakustiska metoder bygger på att ljudpulser från ett ekolod återkastas av fisk, främst från simblåsan och från skelettet. Metoderna går bara att använda för att beräkna fisk i fria vattenmassan, eftersom ekon från bottenlevande fisk inte går att särskilja från ekon från botten. Hydroakustik delas in i ekoräkning och ekointegrering. Ekointegrering ger ett mått på mängden fisk per ytenhet (ekointegrat), medan ekoräkning främst används för att räkna enskilda fiskar och bestämma storlekssammansättningen.

- Ekoräkning och ekointegrering (8). Ekoräkningen är att föredra, eftersom den ger information om storlekssammansättning i fiskbestånd och därför kräver mindre fiske för beräkning av individtätheter och biomassor.
- Tre typer av ekolod, "single-", "dual-" och "split-beam" kan användas i undersökningarna (8). För ekointegrering är skillnaderna mellan resultaten från de olika loden mindre än vid ekoräkning. Vid ekoräkning ger "split-beam" den bästa uppskattningen av storleken på enskilda fiskar, även om jämförelser har visat att metoderna ger god överensstämmelse (12).

Utrustningslista

Till basutrustningen hör ett avancerat ekolod med lämplig frekvens, liksom bandspelare eller dator för registrering av signaler från lodet, navigationsutrustning och kalibreringshjälpmedel. Man behöver också ha utrustning för bestämning av hydrografiska faktorer och för fiske.

Tillvaratagande av prov, analysmetodik

All ekolodsdata lagras i fält och bearbetas med specialprogram. Om biologiska prover samlas in, behandlas dessa med utgångspunkt från den aktuella frågeställningen.

Fältprotokoll

Även utformningen av fältprotokollet styrs av syftet med undersökningen. Även den typ av utrustning som används påverkar utformningen av protokollet. Grunden i noteringarna skall emellertid vara positionsdata (longitud/latitud) som kan kopplas till de ekolodsdata man samlat in.

Ekolodningar:

- datum,
- starttid,
- stopptid,
- solens nedgång,
- solens uppgång,
- molntäcke,
- månsken (ingen måne, 1/4, 1/2, 3/4 och fullmåne),
- vindhastighet (vindstyrka),
- vindriktning,

- våghöjd,
- ekolodssändarens djup,
- provtagningsbåt/fartyg,
- navigationshjälpmedel,
- hastighet under ekolodningen,
- tidpunkter och om möjligt ekolodets ställning (antal ping = signaler) som avgivits sedan start eller annan fixpunkt) för givna positioner,
- tidpunkter för störningar och störningarnas art (t.ex. kölvatten från båt ger problem med luftbubblor),
- andra noteringar.

Dokumentationen skall vara så fullständig att ekolodningen i efterhand kan återupprepas.

Positionen för ett visst ping skall också kunna avgöras med tillräcklig noggrannhet.

Möjligheter och krav på dokumentationen avgörs av fartygets navigationsutrustning och om denna kan kopplas direkt till ekolodets dator.

Fiske:

- typ av redskap och dess karaktär (maskstorlekar, djuplek, längd),
- hur lång tid fisket har pågått,
- tidpunkt för fisket,
- geografisk position för fisket,
- hastighet vid eventuell trålning,
- djup för nät, trål eller annat redskap,
- fiskens djupfördelning i redskapet,
- fiskens längd (<10 cm: upplösning 1 mm, 10-20 cm: upplösning 5 mm , >20 cm: upplösning 1 cm)
- artfördelning.

Frivilliga uppgifter:

- Fiskens storlek och artfördelning inom olika djupintervall,
- Fiskens individuella eller totala vikt.
- Vikt per längdklass.
- Förekomst av skador.
- Prover för åldersbestämning.
- Giftanalyser eller liknande.
- Omgivningsfaktorer: vattentemperatur, siktdjup, salthalt, transparens, syrehalt etc.

Bakgrundsinformation

Det går inte att ange några generella krav på bakgrundsinformation, utan kraven bestäms av orsaken till att man vill ha information om mängden fisk. Generellt är det dock värdefullt med uppgifter om hydrografiska parametrar.

Hydroakustik kan även användas för att avgöra *var* bakgrundsp parametrar skall samlas in. Vi vet att fisk inte kan leva utan syre och om man är intresserad av att undersöka effekter och utbredning av syrebrist kan ekolodningar vara ett effektivt medel att belysa detta. Ekolodningar visar i vilka områden det saknas fisk och om avsaknaden av fisk visar ett mönster som kan tänkas spegla att där råder syrebrist kan detta sedan beläggas/testas med riktade studier av syrehalten. Om bristen på fisk avspeglar syrebrist så finns det fisk i ytvattnet, men med en mycket markerad nedre utbredningsgräns.

Databehandling

Signalerna från ekolodet lagras på band eller direkt i dator och bearbetas därefter med lämplig programvara. Vilka data som genereras vid denna vidare bearbetning avgörs av målet med den aktuella studien.

Kvalitetssäkring

Man kvalitetssäkrar sitt undersökningsarbete genom att kalibrera mot standardobjekt, s.k. kalibreringskolor, liksom genom att interkalibrera mot andra forskares och myndigheters utrustningar och genom att ha adekvat täckningsgrad vid uppläggning av ekolodstransekterna.

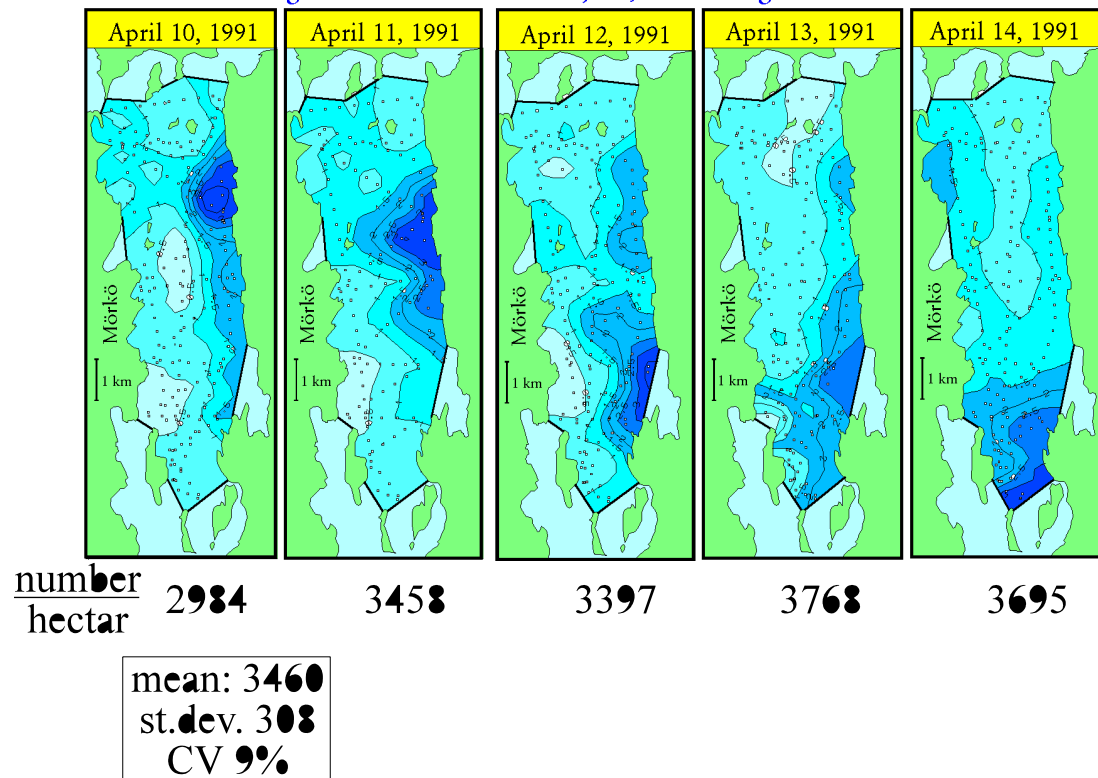
Rapportering, presentation

En undersökning med ekolodning kan ge ett antal möjliga resultat:

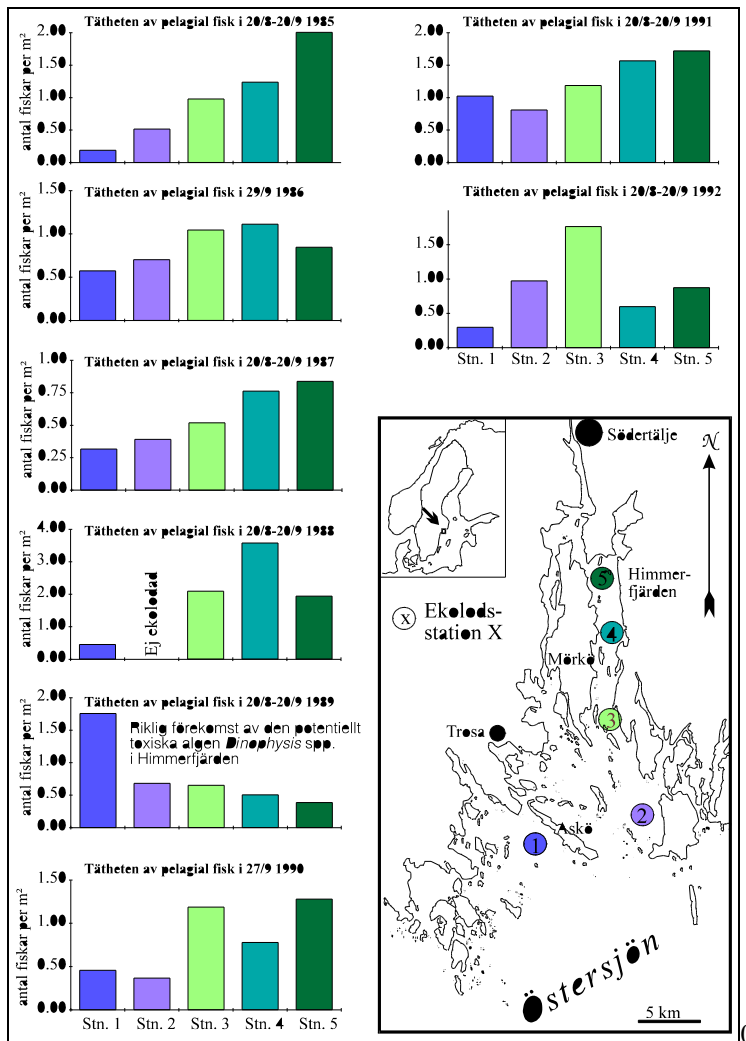
- Antal fiskar (vikt) per yta.
- Antal fiskar (vikt) per yta uppdelat per djupintervall.
- Antal fiskar (vikt) av olika storleksklasser och/eller arter per yta.

Utbredning av fisk över ett område med t.ex. gradienter i förhållande till en punktkälla av föroreningar, varmvattenutsläpp eller liknande. Exempel på resultat: Fig. 1) Utbredning av fisk i en Östersjöfjärd (Himmerfjärden): ju mörkare färg, desto mer fisk. Fig. 2) Individtätheter hos fisk i en eutrofieringsgradient.

Pelagic fish in the Himmerfjärd, echo integration values



Figur 1. Exempel på resultat av ekointegrering. Kartering av fiskmängden i Himmerfjärden (Östersjön) under fem nätter i rad. Med ett förhållandevis tätt nät av ekolodstransekt blev precisionen synnerligen god (CV=9%).



Figur 2. Resultaten av åtta års ekolodningar i en eutrofieringsgradient från Askö in i Himmerfjärden. Flertalet år var fisktätheten störst i det eutrofierade området.

Datalagring, datavärd

Datavärd

Valet av datavärd bestäms av syftet med studien. En förteckning över datavärden finns att hitta på Naturvårdsverkets webbplats under adressen

<http://www.naturvardsverket.se/tillstandet-i-miljon/miljoovervakning/miljoovervakningsdata/>

Kostnadsuppskattning

Hur mycket undersökningarna kommer att kosta beror på programmets utformning och omfattning. Ekolodningar är avsevärt billigare än traditionellt fiske, som inte heller ger lika bra kvantitativa mått som ekolodningar.

Fasta kostnader

En komplett ekolodsutrustning avsedd för vetenskapliga undersökningar kostar omkring 500 000 kronor. Eftersom en sådan utrustning inte kan användas annat än av lämpligt utbildad personal är det att rekommendera att utrustning och personal hyres in för enskilda projekt.

Övrigt

Ekolodsstudier är en grundläggande metod för övervakningen av fiskbestånd i såväl Sverige som internationellt och den tekniska utvecklingen går fort. Möjligheten till förbättrad numerisk analys, som ett resultat av tillgång till alltmer avancerade datorer, förbättrar kontinuerligt möjligheterna att både upptäcka och registrera förekomst av fisk och stora plankton och att analysera insamlade data. Om man överväger att göra en ekolodsstudie så skall man särskilt vara uppmärksam på följande:

- Metodiken är avsedd för organismer i den fria vattenmassan (pelagialen).
- Det finns två "blinda zoner" där det krävs speciallösningar för att få fram några data. Dessa zoner är området en halvmetr ovanför botten respektive en meter under ekolodets svängare. Metoden är därför inte lämplig för grunda vatten.
- Metodiken ger data om antal/biomassa av organismer, men gör det inte möjligt att skilja mellan arter. För detta krävs kompletterande fisken.
- Resultaten presenteras ofta som "antal fiskar eller vikt per yta", men ett riktigare uttryck är "hydroakustiskt antal/biomassa per yta", eftersom man faktiskt inte räknar/väger fisken utan analyserar dess eko. Jämförelser mellan akustiska studier och verkliga räkningar/vägningar är generellt god.
- "Lämpliga arter" att kvantifiera är t.ex. strömming, torsk, nors, siklöja samt pelagiala bestånd av sik och gös. Bland stora djurplankton bör pungräkor (*Mysis*) nämnas (här krävs dock ett relativt högfrekvent ekolod). Metoden fungerar inte på fiskar som lever närmare botten än en meter och inte heller för arter som lever nära ytan (t.ex. löja).

Kontaktpersoner

Programområdesansvarig, Naturvårdsverket

Sverker Evans

Miljöövervakningsenheten

Naturvårdsverket

106 48 Stockholm

Tel: 08– 698 13 02

E-post: sverker.evans@naturvardsverket.se

Expert, Institutionen för systemekologi:

Sture Hansson

Institutionen för systemekologi

Stockholms universitet

106 91 Stockholm

Tel: 08–16 42 48

E-post: Sture.Hansson@system.ecology.su.se

Referenser

Enligt författaren finns det inte en manual för ekolodning, men nedanstående lista representerar en del av den relevanta litteraturen.

Rekommenderad litteratur

1. Aglen A 1983: Random errors of acoustic fish abundance estimates in relation to the survey grid density applied. FAO Fisheries report 300:293-298.
2. Anon. 1993. Reports of the Working Group on Methods of Fish Stock Assessments. ICES cooperative research report, Rapport des recherches collectives 191, 249 s.
3. Anon. 1999. Methodology for target strength measurement (with special reference to in situ techniques for fish and micronekton). ICES cooperative research report, Rapport des recherches collectives 235, 59 s.
4. Dahm, E, J. Hartmann, J. Jurvelius., H. Löffler., and V. Volzke. 1992. Review of the European-Inland-Fisheries-Advisory-Commission (EIFAC) experiments on stock assessment in lakes. Journal of Applied Ichthyology - Zeitschrift für angewandte Ichthyologie 8:1-9.
5. Hansson, S, L. Rudstam. 1995. Gillnet catches as an estimate of fish abundance: a comparison between vertical gillnet catches and hydroacoustic abundances of Baltic Sea herring (*Clupea harengus*) and sprat (*Sprattus sprattus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52:75-83.
6. HELCOM 2001. Manual for marine monitoring in the Combine Programme of HELCOM. Version 2001
<http://sea.helcom.fi/Monas/CombineManual2/CombineHome.htm>
7. MacLennan, D. N., and E. J. Simmonds. 1992. Fisheries acoustics. Chapman & Hall, London.
8. Misund O.A. 1997. Underwater acoustics in marine fisheries and fisheries research. Reviews in Fish Biology and Fisheries 7:1-34.
9. Mitson R.B. 1995. Underwater noise of research vessels. Review and recommendations. ICES Cooperative Research Report 209, 62 s.
10. Petitgas P. 1993. Geostatistics for fish stock assessments - a review and an acoustic application. ICES Journal of Marine Science 50:285-298.
11. Rudstam, L.G., Hansson, S., Lindem, T., Einhouse, D.W. 1999. Comparison of target strength distributions and fish densities obtained with split and single beam echo sounders. Fisheries Research 42:207-214
12. Simmonds E.J., Williamson N.J., Gerlotto F. and Aglen A. 1992. Acoustic survey design and analysis procedure: a comprehensive review of current practice. ICES cooperative research report, Rapport des recherches collectives 187:1-131.

Uppdateringar, versionshantering

Version 1:1, 2003-03-04

Version 1:2, 2003-07-01: ändringar, främst i Tabell 2.

Version 1:3, 2016-12-08 Uppdatering med HaV-logotyp och korrigerade kontaktpersoner.