

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 öppna vattenmassan (pelagialen) i havsfjärdar och sjöar. Genom att använda de storleksregistrerande metoderna ekoräkning, eller ekointegrering (6) 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 fisk i öppet vatten, 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 vad som händer med fisken,
- pelagial fisk kan, till skillnad från bottenlevande fisk, mängdberäknas med fångstoberoende metodik, vilket ger säkrare uppskattningar av populationerna,

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 därför viktig 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 vetenskapliga undersökningar. Ju tätare ekolodstransekterna ligger, 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 ($CV = \text{standardavvikelse}/\text{medelvärde}$) 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. 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 av övriga nedanstående variationskoefficienter endast gäller för en viss station inom en fjärd eller sjö. Om de senare skulle användas för att karaktärisera en större yta, skulle CV -värdet (=osäkerheten) öka avsevärt.

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
<i>Kommentarer:</i>	
1) gäller integrerat värde för en hel fjärd	
2) gäller enskild lokal	
3) subjektivt vald lokal, där bottenvegetationen var homogen	

Jämfört med andra metoder för studier av 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

Beroende på syftet med undersökningen kan man rapportera olika variabler. Den grundläggande enheten i rapporteringen är ekointegreringsdata (m²/m² eller m²/m³). Dessa data kan sedan, beroende på vilka frågor man vill ha svar på, omvandlas till mer lättförståeliga beräkningar, 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 utarbetat 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 kvantifiering (håv eller liknande).

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

Tabell 2. Översiktstabell med variabler och tidsperioder, m.m.

Företeelse	Determinand	Metodmoment	Enhet	Prioritet	Frekvens och tidpunkter	Referens till provtagnings- eller observationsmetodik	Referens till analysmetod		
Fisk/plankton	Ekointegrat (mängden fisk/ytenhet)	Ekolodning	m^2/m^2 m^2/m^3	1	Avgörs av den aktuella frågeställningen	(2, 4, 7, 8, 9, 10, 12)			
Fisk/plankton	Antal eller vikt per yta	Beräkningar och statistiska analyser av erhållna ekon	Antal alt. vikt per hektar	2					
Fisk/plankton	Art		art	2					
Fisk/plankton	Storleksfördelning		längd vikt	2					
Vatten	Temperatur	-	°C	3				Standardmetodik enligt HELCOM:s övervakningsprogram COMBINE	
Vatten	Syrehalt	Vattenlösligt	mg/l	3					
Vatten	Salthalt	Vattenlösligt	promille	3					

Tabellen är inte avstämd mot DMN, eller kontrollerad av tabellansvarig på Naturvårdsverket.

Frekvens och tidpunkter

Ekolodningarna 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 enligt ett oräkneligt antal modeller, allt beroende på vilka svar man söker. Undersökningsfrekvensen kan således 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, som nämnts, 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 öppet vatten, 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 (7). 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 (7). 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 (11).

Utrustningslista

Vilken utrustning som behövs styrs av vilken frågeställning man har, alltså vilken typ av data man vill skaffa in. Till basutrustningen hör ett avancerat ekolod för vetenskapliga undersökningar och 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 magnetiskt (bandspelare eller dator) i fält och bearbetas med specialprogram. Om biologiska prover samlas in, behandlas dessa med utgångspunkt från den aktuella frågeställningen. En central aspekt på dessa data är ofta art- och storlekssammansättning.

Fältprotokoll

Även utformningen av fältprotokollet styrs av syftet med undersökningen, alltså av vilka frågor man vill belysa. 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),
- 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.

Målet är att dokumentationen skall vara så fullständig att ekolodningen i efterhand kan återupprepas av personer som inte deltog i fält. Positionen för ett visst ping skall också kunna avgöras med god 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* bakgrundsparmetrar 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

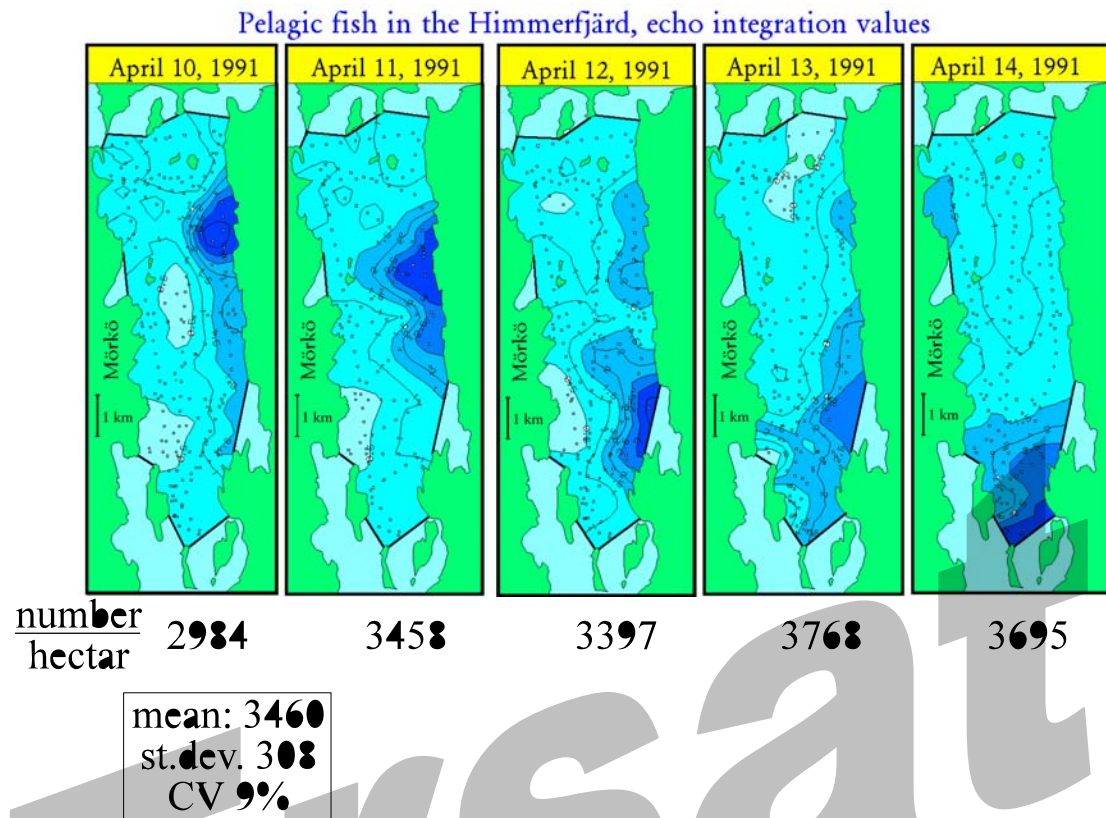
Man kvalitetssäkrar sitt undersökningsarbete genom att kalibrera mot standardobjekt, s.k. kalibreringskulor, liksom genom att interkalibrera mot andra forskares och myndigheters utrustningar och genom att ha adekvat täckningsgrad vid uppläggnig av ekolodstransekterna.

Rapportering, presentation

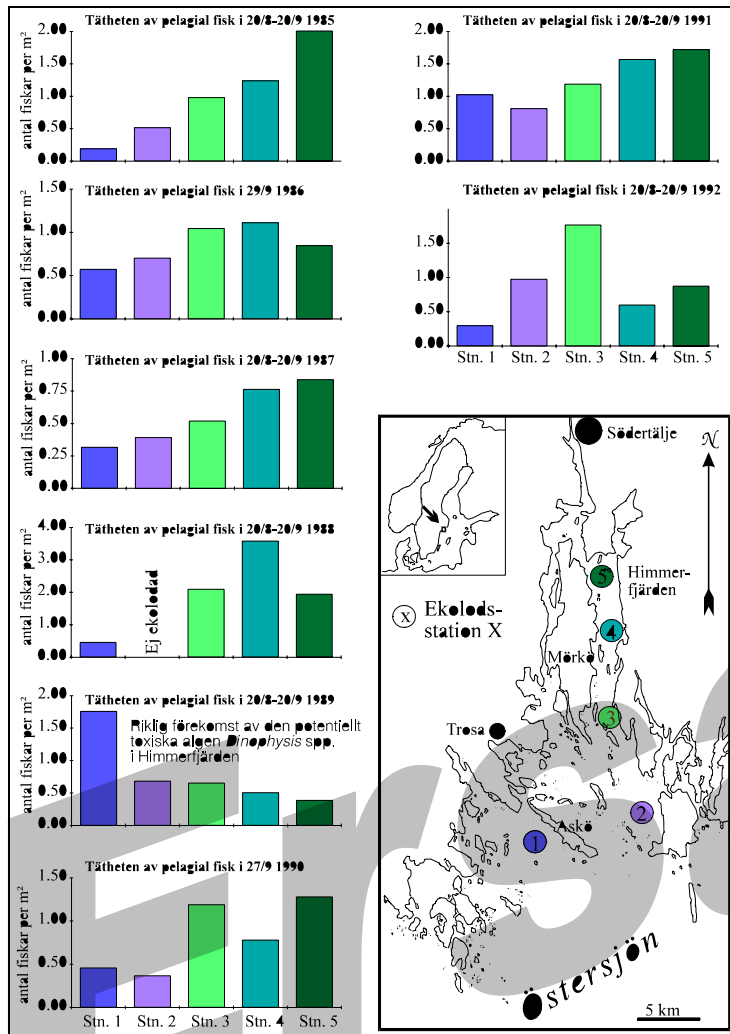
En undersökning med ekolodning kan ge ett antal möjliga resultat:

- 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.



Figur 1. Exempel på resultat av ekointegrering. Kartering av fiskmängden i Himmerfjärden (Östersjön) under fem nätter i rad. Med ett förhållandevis tätt nät av ekolodstransektorer 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

Lämplig datavärd avgörs av målet med studien. Hydroakustiska studier och forskning bedrivs vid bland andra Institutionen för systemekologi vid Stockholms universitet och vid Fiskeriverkets laboratorier i Lysekil och Drottningholm.

Utvärdering

Se "Rapportering, presentation", samt information under rubriken "Övrigt".

Kostnadsuppskattning

Hur mycket undersökningarna kommer att kosta beror på programmets utformning och omfattning, vilket i sin tur bestäms av de frågor som man vill att undersökningen skall ge svar

på. Ekolodningar är avsevärt billigare än traditionellt fiske, vilket inte 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.

Analyskostnader

Storleken på analyskostnaderna avgörs av vilken omfattning och vilka frågeställningar en studie har.

Tidsåtgång

Även tidsåtgången för undersökningarna avgörs av vilken omfattning och frågeställningar en studie har.

Övrigt

Ekolodsstudier är en av grunderna inom övervakningen av fiskbestånd i såväl Sverige som internationellt och den tekniska utvecklingen har varit snabb. 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 öppna 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, där en stor del av den totala vattenvolymen hamnar inom dessa områden.
- 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 visar på god överensstämmelse.
- "Lämpliga arter" att kvantifiera är t.ex. strömming, torsk, nors, siklöja samt pelagiala typer 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).
- 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.

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 191:1-249.
3. Anon. 1999. Methodology for target strength measurement (with special reference to in situ techniques for fish and micronecton). Ices cooperative research report, Rapport des recherches collectives 235:1-59.
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 Fur 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. MacLennan, D. N., and E. J. Simmonds. 1992. Fisheries acoustics. Chapman & Hall, London.
7. Misund O.A. 1997. Underwater acoustics in marine fisheries and fisheries research. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7:1-34.
8. Mitson R.B. 1995. Underwater noise of research vessels. Review and recommendations. ICES Cooperative Research Report 209:1-62.
9. Petitgas P. 1993. Geostatistics for Fish Stock Assessments - A Review and an Acoustic Application. *Ices Journal of Marine Science* 50:285-298.
10. 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
11. 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