



Hvor har fisken været før den blev fanget?

Nielsen, Anders

Published in:
Fisk og hav

Publication date:
2005

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Nielsen, A. (2005). Hvor har fisken været før den blev fanget? *Fisk og hav*, (59), 54-59.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Hvor har fisken været før den blev fanget?

ANDERS NIELSEN
(*anders.nielsen@hawaii.edu*)
.....

University of Hawai'i at
Manoa
Pelagic Fisheries
Research Program

At levere den bedst mulige vurdering af fiskebestandenes størrelse er en vigtig opgave for Danmarks Fiskeriundersøgelser. Disse bestandsvurderinger beregnes ud fra oplysninger om erhvervets fangster og fiskeriindsats kombineret med indsamlinger fra videnskabelige togter. Fisk er mobile væsner, så det virker naturligt at inkludere det rumlige aspekt, men det sker kun sjældent, og det kan i værste fald føre til alvorlige fejl – ikke bare store usikkerheder. Denne artikel beskriver vigtigheden af det rumlige aspekt og giver et indtryk af hvilke metoder der faktisk findes til at følge fisks bevægelser.

.....

Et skrækeksempel

Data til bestandsvurdering består typisk af to væsentlige komponenter – de videnskabelige togter og de kommercielle fangster. De videnskabelige togter forsøger at fiske på samme måde hvert år for at opnå et indeks for fiskebestanden, dvs. så der kan sammenlignes med tidligere år. Fangsterne fra disse togter er meget små sammenlignet med de kommercielle, men datakvaliteten er høj da fangsten opgøres meget nøjagtigt og en stor andel aldersbestemmes.

De kommercielle fangster opgøres ud fra salgsvægt, og der udtages stikprøver til aldersbestemmelse. Aldersfordelingen i stikprøverne bruges til at estimere aldersfordelingen i hele fangsten. Foruden fangsttal opgøres også et årligt indeks for hvor stor en indsats ('effort') erhvervet har brugt på at opnå fangsten.

Data giver i sig selv kun oplysninger om hvad der er fjernet fra bestanden. Derfor er det nødvendigt at gøre nogle antagelser om bestandens udvikling for at kunne udregne bestandens størrelse.

Der anvendes forskellige modeller, men langt de fleste bygger på de samme grundliggende antagelser og adskiller sig kun ved nogle få detaljer. For eksempel hvilke antagelser der gøres om hvor mange fisk der dør af andre årsager end fiskeri, og om sammenhængen mellem bestandsstørrelse og rekruttering, dvs. tilgangen, af nye fisk. Disse modeller forsøger ofte også at kompensere for varierende effort og fiskeudstyrets selektivitet, dvs. sorteringsevne.

Efter alle disse ting er medregnet, står det væsentligste tilbage: Antallet af fisk i havet antages at være proportionalt med fangsten(!). Altså, hvis alt andet er lige, vil en dobbelt så stor fangst give anledning til en dobbelt så stor bestandsvurdering.

Betragt nu den simple situation (illustreret i Figur 1), hvor en art fisk har et foretrukket område, men at dette område kun har resurser til en del af bestanden. Resten af bestanden er ligeligt fordelt i det øvrige område.

Fiskeriet er naturligt nok koncentreret i det foretrukne område, da det er her man får det største udbytte. Efterhånden som fiskeriet

fjerner fisk fra det foretrukne område, vandrer fisk fra det øvrige område derind. Hvis fisketrykket er for højt vil det øvrige område gradvist indeholde færre fisk, men en ikke-rumlige bestandsvurdering ser ikke dette før bestanden i det foretrukne område begynder at falde (år 4 på Figur 1), og selv da ses et langt mindre fald end hvad der virkelig er sket for den samlede bestand.

Eksemplet er stærkt forsimplet, men det viser at det er nødvendigt at interessere sig for heterogenitet og bevægelse hvis man vil opnå en troværdig bestandsvurdering. Heldigvis er de videnskabelige togter tilrettelagt så der fiskes både hvor der er mange og få fisk, hvilket mindsker risikoen for at få fejlagtige bestandsvurderinger.

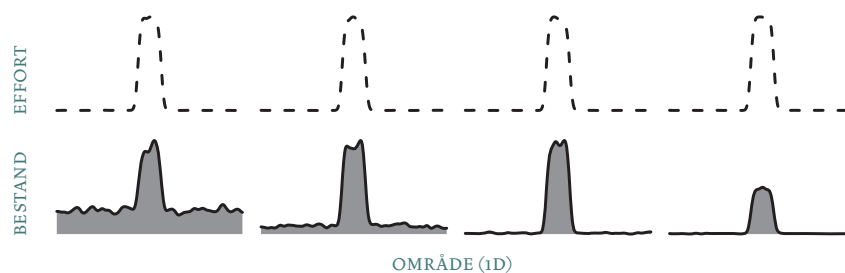
En anden grund til at interessere sig for det rumlige aspekt er at det ikke er muligt at vurdere effekten af 'lukkede områder' i mo-

deller uden. Man skal vide om der svømmer fisk ind og ud af et givent område.

Individbaserede metoder

Individbaserede metoder fokuserer på at finde ud af hvordan enkelte fisk opfører sig (bevæger sig). Disse metoder bruges for at lære så meget som muligt om et enkelt eller om nogle få individer. Der er naturligvis lang vej fra detaljeret viden om nogle få individer til at beskrive hele populationens bevægelsesmønster, men der kan læres meget ved at se på individernes bevægelsesspor, som så senere kan bruges i populationsmodellerne.

Den væsentligste datakilde til at rekonstruere individspor er arkivmærker. Arkivmærker, som også er kendt som 'data storage tags' (DST), er en ret ny type af elektroniske mærker som er designet til at kunne monteres på eller opereres ind i en fisk. Disse mær-



Figur 1
ET SKRÆK-
EKSEMPEL

Fire år (et i hver søjle) der illustrerer et skrækeksempel for en ikke-rumlige bestandsvurdering. Størstedelen af området drænes, men modellen (og fiskerne) vænser det ikke da der kun fiskes hvor fiskene samles. Selvom eksemplet er forsimplet som det er vist her, så menes det at være mekanismen bag de store torskbestandes kollaps ud for den nordamerikanske østkyst.

ker optager så informationer om omgivelserne når fisken svømmer derudaf. Forskellige typer af mærker optager forskellige ting, men oftest optages temperatur, lys og tryk. Ud fra trykket kan man beregne dybden. De data der er gemt i mærket, kan aflæses når fisken fanges. Forskeren får fat i mærket ved at udlove en dusør til fiskerne for hvert mærke.

Enkelte typer af mærker (de såkaldte 'pop-up'-mærker) kan programmeres til at frigøre sig fra fisken på en bestemt dato for derefter at 'poppe op' til havoverfladen og sende data via en satellit. En række forskellige mærker kan ses på Figur 2.

Observationerne fra hvert mærke bruges af mærkefabrikanten til at beregne daglige positionsestimater for fisken. Detaljerne i disse algoritmer er forretningshemmeligheder, men basalt set estimeres solopgang og solnedgang fra lysmålingerne, og disse bruges

til at finde længdegraden (fra lokal middag) og breddegraden (fra lokal dagslængde). Disse rå estimater af daglige positioner er desværre ikke særlig præcise. Faktisk er det helt normalt at disse rå estimater er hundredvis af kilometer fra den sande position (se side 57-58).

En metode der ofte bliver brugt til at opnå et mere fornuftigt estimeret spor, antager en simpel underliggende bevægelsesmodel (en såkaldt biased random walk) og betragter de rå observationer som det sande spor plus observationsstøj, som er de påvirkninger af måleudstyret som skyldes andre faktorer end det man er interesseret i. I dette tilfælde er det f.eks. atmosfæriske forskelle, temperaturbestemt lysafbøjning, skydække m.v. En vigtig del af modellen er at den tager højde for at det på datoer nær jævndøgn er næsten umuligt at estimere breddegraden, da dagslængden er ens overalt.

Figur 2
MÆRKER



Et pop-up satellit-arkivmærke på en mærknings-pæl, to små arkivmærker nedenunder, et pop-up satellit arkivmærke på en plasticisoleret stålwire og nederst to gammeldags (ikke elektroniske) spaghettimærker.

Til at estimere modellens parametre og det mest sandsynlige sande spor, når alle observationer medregnes, benyttes det såkaldte Kalman-filter. Kalman-filteret er en standardmetode inden for tidsrække-analyse og benyttes i mange forskellige sammenhænge, blandt andet sporing af missiler og i analyse af finansielle data. Det virker ved døgn efter døgn at estimere det næste punkt på sporet som et vægtet gennemsnit af den underliggende models prædiktion (forudsigelse) og den observerede lysbaserede position.

Det smarte er at langt fra jævndøgn, hvor observationerne har små usikkerheder, bestemmes sporet i høj grad ud fra observationerne. Samtidig udnyttes den lave usikkerhed til at få gode estimater af modellens parametre, som den jo afhænger af i perioder tæt på jævndøgn, hvor usikkerhederne er store, og hvor sporet i høj grad bestemmes af modellen.

Eksemplet i Figur 3 viser en havskildpadde der blev løsladt ud for Costa Ricas kyst. Havskildpadde var ikke på land undervejs, så det rå observerede spor er ret misvisende.

I de danske farvande anvendes lysbaserede mærker sjældent, da præcisionen ikke er fin nok til at kunne estimere de relativt små bevægelser der forekommer hos de dyr man er interesseret i. For fisk der svømmer nær bunden (som f.eks. torsk og rødspætter) kan dybde- og temperaturmålinger fra mærkerne sammenholdes med detaljerede kort over områderne. Kalmanfilteret er dog stadig nyttigt, da det giver mulighed for at estimere hvor præcis de estimerede positioner er.

Populationsbaserede metoder

Populationsbaserede metoder beskæftiger sig med hele bestanden og forsøger at

beskrive ændringer i dens rumlige fordeling. De enkelte fisk betragtes som vandmolekylerne i et glas vand (vi ved de er der, men det tænker vi ikke over når vi drikker vandet). Det er den populationsbaserede metode der er brug for når det rumlige aspekt skal introduceres i bestandsvurderingen, fordi bestandsvurderingen i sig selv er populationsbaseret.

De data som disse modeller bygger på, stammer primært fra store mærkningsstudier hvor tusindvis af fisk mærkes samlet og løslades med simple spaghetti-mærker (se Figur 2). For de fisk der genfanges, registreres tid og sted hvor de er blevet genfanget, for de øvrige mærkede fisk (typisk størstedelen) kendes kun startpositionen. Denne information kan også bruges til noget, som vi skal se senere.

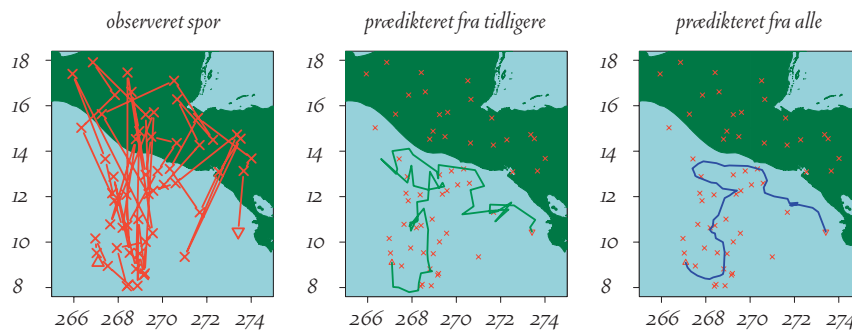
I teorien beskriver disse modeller den kontinuerte udvikling af fordelingen af populationen, men i praksis opdeles området altid i adskilte delområder (typisk rektangler), og modellerne beskriver hvor meget fisk flytter sig mellem de forskellige delområder (celler) per tidsenhed (dag, uge, måned eller kvartal).

Modellernes parametre beskriver bevægelsesmønstret, den naturlige dødelighed og fangst per effort-enhed. Der er to grunde til at området deles op i adskilte delområder. For det første kan modellerne oftest kun tilnærmes numerisk, dvs. ved at opdele område og tid, så computere kan håndtere det, og for det andet er data ofte kun oplyst på delområdeniveau. Disse to opdelinger i rum og tid kan være forskellige.

Parametrene (og dermed bevægelsesmønstret) estimeres ved at minimere forskel-

Figur 3
TRE SPOR

Rå positioner fra mærket (venstre). Estimeret spor fra Kalman-filteret, hvor hvert punkt på sporet er bestemt fra tidligere observationer (midt). Det mest sandsynlige spor, hvor hvert punkt bestemmes ud fra både observationer før og efter (højre).



len mellem modellens forudsagte fangster af mærkede fisk i hver celle i hvert tidsrum og de tilsvarende observerede antal.

Det lyder som en simpel sag, men faktisk er de computerberegninger så krævende at de er en stor del af forklaringen på at bevægelsesmodeller ikke er blevet en standardkomponent i bestandsvurderingen endnu.

For at få et indtryk af hvorfor disse beregninger er så omfattende kan man tænke på eksemplet: 10 års mærkningsdata, 100 udsætninger i alt, fangster opgjort pr måned og området opdelt i 100 celler. I hvert af de 120 tidsskridt skal de 10.000 bevægelser mellem alle celler for hver af de 100 udsætninger beregnes (i alt 120.000.000). Disse beregninger skal så gennemføres et antal hundrede gange (mindst) for at finde de bedste parametre.

Der findes naturligvis adskillige genveje for at mindske disse beregninger, men selv når disse benyttes er beregningerne ganske omfattende. I mere realistiske situationer vil der ofte være flere celler og finere tidsskridt. Et godt eksempel i fuld skala på denne populationsbaserede metode kan man læse om i artiklen af Sibert og kollegaer fra 1999, og et langt mere simpelt eksempel findes i ph.d.-afhandlingen fra 2004 skrevet af denne artikels forfatter (se litteraturlisten bagerst i artiklen).

Kombination af de to metoder

Populationsmodellen forsøger at estimere bevægelsesmønstret, hvilket er yderst anvendeligt i bestandsvurderingen. Individmodellen forsøger at rekonstruere det mest sandsynlige spor af et enkelt individs bevægelser. I den situation hvor begge typer af data er til rådighed om den samme population, er det oplagt at de to metoder kan og bør lære noget af hinanden.

Bevægelsesmønstret bør kunne estimeres mere præcist hvis alle mærkede fisk – også dem med arkivmærker – inkluderes i analysen. Omvendt bør det kunne forbedre de rekonstruerede spor, hvis det underliggende bevægelsesmønster er bestemt ud fra alle mærkede fisk, og ikke kun ud fra individernes egne bevægelser.

For at kunne kombinere de to metoder kræver det at de passer sammen, forstået på den måde at en hypotetisk population bestående af individer der følger individmodellen, faktisk skal kunne beskrives ved populationsmodellen (og at denne sammenhæng mellem modellerne kendes).

Det lyder oplagt, for i naturen består populationen jo netop af en masse individer, men denne opskalering er generelt et uløst problem. Hvis individerne afhænger af hin-

anden, for eksempel følges ad i stimer, er det ikke generelt muligt at opstille den tilsvarende populationsmodel, idet det er svært, hvis ikke umuligt, at beregne effekten af alle de enkelte fisks påvirkninger af hinandens bevægelsesmønstre. Hvis det derimod kan antages at alle de mærkede individer er uafhængige, er denne sammenhæng velbeskrevet, og det er relativt ukompliceret at opstille en samlet model der udnytter alle de mærkede fisk.

En lille detalje i begge disse modeller (og dermed også i den samlede model) er at de bevægelser der observeres, i høj grad afhænger af den geografiske fordeling af fiskeriet. Hvis der for eksempel fiskes mere mod syd, vil man observere flere bevægelser der ender der. Det betyder at det er vigtigt at kende fordelingen af fiskeriet for at kunne estimere bevægelsesmønstret, men det betyder også at de fisk der mærkes, men aldrig genfanges, også indeholder en lille delinformation om bevægelsesmønstret, da der jo er større sandsynlighed for at de er svømmet derhen hvor der fiskes lidt.

Perspektiv

Bestandsvurdering uden det rumlige aspekt kan i værste fald give misvisende resultater,

så hvis det er muligt, bør modeller for fiskens bevægelser inkluderes i bestandsvurderingen. Især når effekten af lukkede områder skal vurderes. Modellerne eksisterer til at estimere disse bevægelser, både ud fra konventionelle mærkningsdata og ud fra data fra arkivmærker, men de bliver kun yderst sjældent benyttet.

De omfattende computerberegninger som populationsmetoderne kræver er stadig med til at hindre deres udbredelse, men computerens processorer bliver stadig hurtigere, så denne hindring får mindre og mindre betydning.

Datagrundlaget er en anden hindring. For at opnå et troværdigt estimat af bevægelsesmønstret for en bestand kræves et omfattende flerårigt mærkningsprogram. Data fra nogle enkelte arkivmærker alene er ikke nok. For nogle bestande findes disse data allerede, for andre mangler de endnu.

Uanset disse hindringer vil de spørgsmål der stilles i forbindelse med rådgivningsprocessen om for eksempel lukkede områder og korttids-prognoser, gøre det rumlige aspekt til en nødvendig del af de modeller der bruges i bestandsvurderingen.

LITTERATUR

Nielsen, A. 2004. *Estimating Fish Movement. Ph.d.-afhandling. ISBN 87-7611-065-6.*

Sibert, J., J. Hampton, D.A. Fournier, & P.J. Bills, 1999. *An advection-diffusion-reaction model for estimation of fish movement patterns from tagging data, with application to skipjack tuna (Katsuwonus pelamis). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56:925-938.*

Sibert, J., M.K. Musyl & R.W. Brill, 2003. *Horizontal movements of bigeye tuna (Thunnus obesus) near Hawaii determined by Kalman filter analysis of archival tagging data. Fish. Oceanogr. 12:141-151.*
