

Manual til alders aflæsninger.

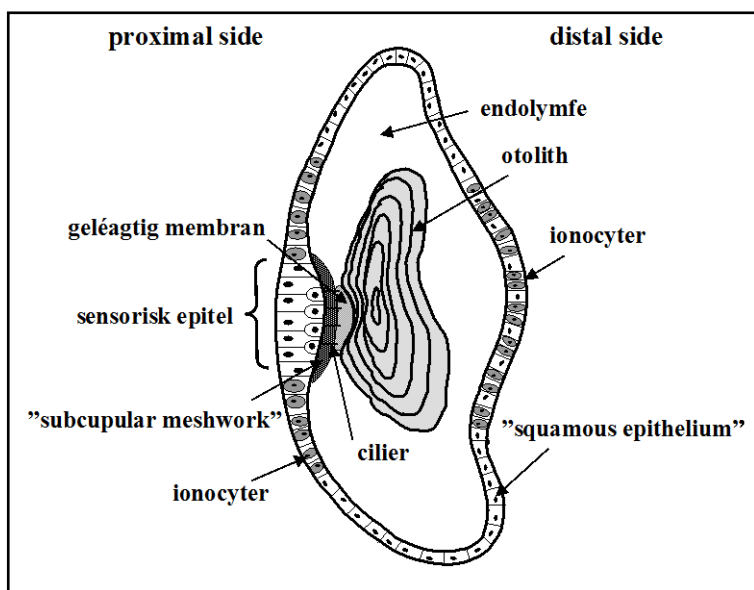
Lotte Worsøe Clausen, DFU december 2002.

Introduktion.

I DFU sker alders aflæsning af fisk næsten udelukkende ved aflæsning af otoliter, kun med undtagelse af laks, hvor skællene bruges.

Otoliter er små kalkholdige strukturer, der sidder i fiskens mellemøre. Selvom deres morfologi er vidt forskellig arterne imellem, så består de dog af de samme materialer, bliver dannet på samme måde og har samme funktion.

Hver fisk har tre par otoliter, kaldet sagitta, lapillus og asteriscus, der befinder sig i sækkelignende strukturer kaldet henholdsvis sacculus, utriculus og lagena. Disse endolymfatiske sække er forbundet med hinanden via de semi-cirkulære kanaler, men er et lukket system. Der er ingen kontakt mellem otoliterne og det omgivende hjernevæv. Otoliterne er hæftet til en geléagtig membran over et sensorisk epitel, kaldt "macula" (se figur 1).



Figur 1: Skematisk tværsnit gennem den endolymfatiske sæk. Fra Karin Hüsey.

Indlejret i den geléagtige membran er enderne af nerveceller (kino- og stereocilier), der har kontakt til den akustiske nerve. Da otoliternes tæthed er tungere end den omgivende endolymfes, vil tyngdekraftens påvirkning stimulere disse cilier og give fisken information om dens stilling i vandet, retningen af dens bevægelse, etc. Otoliter er sandsynligvis også involveret i fisks evne til at høre.

En af de vigtigste egenskaber ved otoliter er, at indlejningsprocesserne er irreversible og det indlejrede materiale altså ikke bliver resorberet. Således fungerer otoliter som en slags "sort boks". Ofte ses en meget snæver sammenhæng mellem otolit størrelse og fiskestørrelse. Man antog derfor i lang tid, at otolitens vækst var proportional med fiskens somatiske vækst. Flere faktorer har dog i mellemtiden vist sig at kunne forstyrre dette forhold. Således har en langsomt-voksende fisk større otoliter end en hurtigt voksende fisk af samme størrelse (e.g. Reznick et al. 1989, Secor & Dean 1989). Det skyldes, at otolitens vækst er mere konservativ, og den således fortsætter med at vokse, selvom fisken sulter og taber vægt (Marshall & Parker 1982, Campana 1983, Paperno et al. 1997). Ligeledes undergår otolit-væksten en ontogenetisk udvikling, således at vækstraten først tiltager under det juvenile stadium, for at aftage igen, når en vis fiskestørrelse er nået (Hare & Cowen 1995, Otterlei et al. 2000). Størst effekt på forholdet mellem fiske- og otolitstørrelse har

vandtemperaturen. Op til omkring temperaturen for optimal somatisk vækst er de to vækstrater korrelerede. Ved højere temperaturer vil den somatiske vækst aftage, mens otolithens vækstrate fortsætter med at stige (e.g. Mosegaard & Titus 1987, Mosegaard et al. 1988). Disse uoverensstemmelser førte til den hypotese, at otolithvækst er reguleret af fiskens stofskifte.

Otoliter består af kalciumkarbonat (CaCO_3) og en organisk matrix af protein, samt en forsvindende lille del sporelementer. Disse komponenter bliver transporteret over og/eller produceret af det omgivende epitel. Indlejningsraterne varierer i forhold til hinanden over et døgn. Resultatet er et aflejningsmønster med udpræget ringstruktur. Specielt udpræget er de nævnte ringstrukturer hos larver og juvenile fisk. Siden deres opdagelse i 1971 (Pannella 1971) har de revolutioneret fiskeriforskningen indenfor de tidlige livsstadier. Således er det blevet muligt at tilbage-beregne klækningstidspunktet, beregne vækstkurver, analysere effekten af diverse biotiske og abiotiske faktorer på fiskenes overlevelse, adfærdsmønstre etc. Ringstrukturerne udnyttes i forbindelse med alders aflæsningen, da ringenes udseende er afhængigt af bl.a. temperaturen. De ringe, der indlejres dagligt i dårlige vækst perioder fremstår anderledes makroskopisk end de ringe, der indlejres under gode vækstbetingelser. Da et år for en fisk som regel består af både en periode med gode vækstbetingelser (f.eks. sommer) og en periode med mindre gode vækstbetingelser (f.eks. vinter), vil et år i otoliten som regel fremstå makroskopisk som en mørk og en lys zone (i påfaldende lys).

Der er i de senere år blevet et stigende behov for kvalitetssikring og –kontrol af alders aflæsningen, da vigtigheden af denne for stock-assessment er blevet mere klar (Mc Curdy et al., 1999). Alders aflæsning er i stor udstrækning en subjektiv proces og det er et langsigtet mål indenfor alders aflæsning at vende så meget af det subjektive til objektiv videnskab som muligt (Mc Curdy et al., 1999). Kvalitetssikring og –kontrol er vigtige i arbejdet for at nå dette mål, hvor kvalitetssikringen er orienteret imod at sikre, at fortolkningen af årringe er korrekt og at denne sker bevidst. Kvalitetskontrollen er rettet imod at forhindre, at fortolkningen ændres pga. andre faktorer end en revideret videnskabelig opfattelse af årringsstrukturen hos den enkelte art. Selvom kvalitetssikring ikke kan gennemføres uden kvalitetskontrol, er kvalitetskontrol alene ikke nok til at sikre kvaliteten i alders aflæsningen. Kvalitetssikring er en kontinuerlig proces, og det er essentielt at metoder brugt i alders aflæsningen løbende opdateres med baggrund i den videnskabelige udvikling på otolit området. Alle trin i alders aflæsningen (dvs. både aflæser og bruger af data) har et ansvar for kvaliteten af processen, og en succesfuld kvalitetssikring forudsætter diskussion og udveksling af idéer og erfaringer mellem alle trin (Mc Curdy et al., 1999).

Denne manual indeholder en beskrivelse af de enkelte arter, der alders aflæses ved Danmarks Fiskeri Undersøgelser, afd. for Havfiskeri. Hver art er kort beskrevet vedrørende livshistorie, og de alders aflæste strukturer er vist samt metoden hvorved alderen findes og evt. fejlkilder.

Sild (*Clupea harengus*)

Livshistorie:

Silden gyder demersalt på dybder mellem 10 til 20 meter og æggene fastklæbes på groft sand og grus (Blaxter et al. 1982). Stimer af gydende sild samles på gydepladserne og gyder mere eller mindre samtidigt (Blaxter & Hunter 1982). Efter klækning driver larverne med strømmen mod Skagerrak –og til dels Kattegat– der er meget vigtige opvækstområder for sildelarver (Johannesen & Moksness 1991). De efterårsgydte sildelarver driver med strømmen fra den vestlige Nordsø mod Skagerrak igennem deres første vinter (Knijn et al. 1993, Johannesen & Moksness 1991), dog kan nogle af larverne forblive i den vestlige Nordsø (Corten 1986). De forårsgydte sildelarver søger

ligeledes mod nord og opholder sig i Skagerrak, indtil de opnår alderen og størrelsen til at indgå i den gydende population (Jensen 1949, Johannesen & Moksness 1991, Rosenberg & Palmén 1982). Der er defineret 3 overordnede gydesæsoner, der adskiller 3 sildestammer (Jensen 1949, Rosenberg & Palmén 1982, Johannesen & Moksness 1991, Mosegaard & Madsen 1996). I Nordsøen findes en efterårsgydende bestand, der starter gydningen omkring september-oktober langs den engelske østkyst (Johannesen & Moksness 1991) og en vintergydende bestand, i området omkring den engelske kanal (Down's herring) (Rosenberg & Palmén 1982). I Skagerrak/ Kattegat findes lokale stammer af alle typer gyde bestande, alle mere eller mindre lokale. De efterårsgydende og vintergydende sild findes hovedsagelig nord for Sjælland og ved Kullen. De forårsgydende bestande findes langs kysten i Kattegat og i Limfjorden. Derudover vandrer forårsgyde sild fra Rügen op i Skagerrak for at fouragere om sommeren (Mosegaard & Madsen 1996).

Alders aflæsning:

Silde otoliter ser forskellige ud alt efter hvor de er fanget, og således er der forskel på aflæsningen af en silde otolit fra Østersøen, Nordsøen og Norskehavet.

Otoliter fra Norskehavet er let genkendelige fra andre, de er som regel store, da silden generelt bliver meget gammel. Man kan genkende sild fra Norskehavet ved at, de tre inderste ringe ligger meget tæt, og resten af ringene ligger tæt og regelmæssigt ud mod kanten. Det er meget svært at få den nøjagtige alder, da ringene ligger meget tæt ude på kanten.

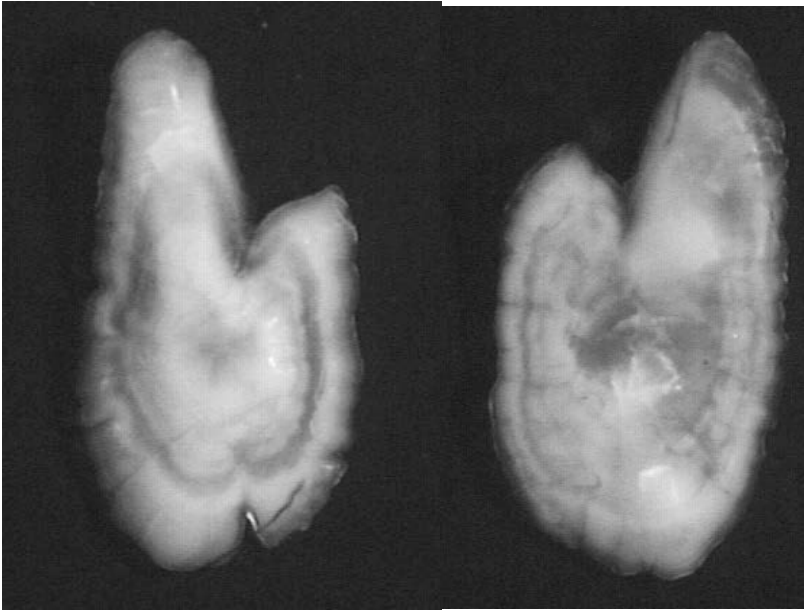
Sild fra Nordsøen er generelt nemme at aflæse, dog kan der forekomme en tynd velafgrænset (måske) falsk ring inderst på især unge fisk.

Sild fra Skagerrak, Kattegat og Østersøen er noget sværere. Østersøsilde vokser ikke så hurtigt og det kan man se på otoliterne. De kan være små af størrelse, men dog meget gamle. Otoliterne er mere kompakte; de vokser ikke i længden men bliver "tykkere".

Alders aflæsningen kompliceres noget af de forskellige gydetidspunkter. Afstanden fra centrum den første vinterring er hos en efterårsgydt sild længere end hos en forårsgydt sild, fordi den første vinter en efterårsgydt sild oplever ikke regnes for værende en reel vinter, da individet kun er et par måneder gammel. Denne første "vinterring" kan som regel ikke ses i otoliten som en særskilt ring, men mere som en del af det klare centrum. Så den virkelige alder hos en efterårsgydt sild med 1 vinterring er i realiteten 1½ år. Figur 2 viser otoliter fra hhv. en forårsgydt og en efterårsgydt sild. Otolit kanten og fangst dato er to vigtige faktorer for alders aflæsningen. Har otoliten en transparent kant (dvs. mørk i påfaldende lys) og er silden fanget før 1. januar, skal ringen ikke tælles som en vinterring, hvorimod hvis fangst datoen er på den anden side af 1. januar, så skal den tælles som en årring.

Både afstanden fra centrum til den første vinterring og forekomsten af falske vinterringe kan komplicere alders aflæsningen. Disse kan opstå som følge af korte perioder med dårlige vækstbetingelser (som regel høj temperatur). De ses ofte som en tynd velafgrænset ring. I tvivls tilfælde kan otolit mikrostrukturen afsløre de falske vinterringe, da disse har et anderledes mønster end de rigtige vinterringe (se under Brisling; figur 3).

Længden på individet bruges sjældent, da denne kan være misvisende, men både kantstrukturen og fangstdatoen er vigtige parametre, når alderen skal bestemmes.



Figur 2. Otoliten til venstre er fra en forårsgydt sild og otoliten til højre er fra en efterårsgydt sild. Begge er 1 år og er fanget i August.
Forstørrelse: 0.63X0.5X.

Metode:

Sildens alder aflæses som antal vinterringe i otoliten. De fremstår som mørke ringe i otoliten, når den ligger i sprit (eller olie) under en stereolup med påfaldende lys. Sild har pr. definition fødselsdag hver 1. januar, og alderen regnes således ud fra hvor mange vintre silden har oplevet. Begge otoliter tages ud af fisken og placeres i nummererede otolit bakker. Otoliterne skal være gennemtørre inden aflæsning. Bakkerne er sorte og der bruges "ovenlys". Ved aflæsningen kommer man 96% alkohol i hullerne. Ved aflæsning skal sulcus vende ned af og aflæses med rostrum pegende opad. Man starter med at finde 1 års ring og tæller så videre ud mod kanten ad rostrum.

Opstilling:

Mikroskop: Zeiss Jena Technival

Forstørrelse: 1,6 x 10, ved gamle fisk øges til 2,5 x 10 for at kanten kan ses ordentligt.

Lys: Skråt fra oven, ikke koldlys.

Væske: 96% alkohol.

Brisling (*Sprattus sprattus*)

Livshistorie:

Brislingen gyder pelagisk og æggene forbliver pelagiske (Alheit 1987). Brislingeæg er observeret over det meste af brislingens udbredelsesområde (Milligan 1986), men der er defineret områder med høje koncentrationer af gydende individer i indre Tyske bugt, den engelske kanal og sydlige Nordsø, nordøst for England, nord og vest for Skotland, samt Skagerrak og Kattegat (Knijn et al. 1993, Bailey & Braes 1976, Torstensen & Gjørseter 1995). Brislingen er en såkaldt holdgyder', dvs. den har en udstrakt gydesæson hvori den enkelte fisk kan gyde flere gange (Alheit 1987).

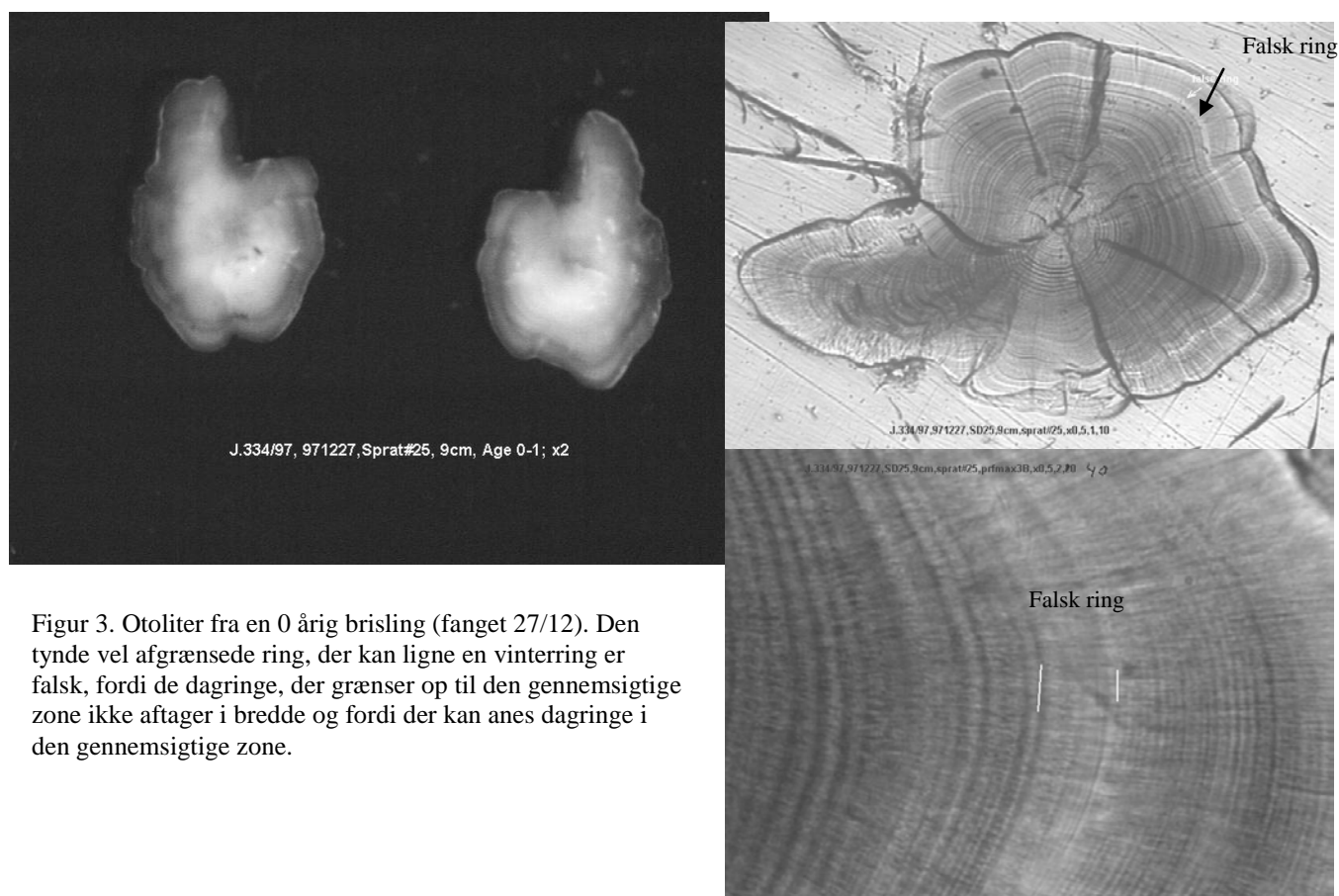
Gydningen er temperatur bestemt, dvs. starten af gydningen afhænger af hvornår havet opnår den rette temperatur (Wahl & Alheit 1988). I Nordsøen kan gydeperioden starte i den sydlige engelske kanal allerede i januar og fortsætte til juli med toppunkt i februar og marts (Milligan 1986). I den sydlige Nordsø starter gydningen i februar og ender i august med toppunkt i april-juni (Bailey & Braes 1976), og længere nordpå i Nordsøen findes de højeste koncentrationer af nyklækkede larver mellem maj og september (Bailey & Braes 1976). I Skagerrak og Kattegat strækker gyde sæsonen sig over flere måneder med toppunkt i maj-juni (Torstensen & Gjørseter 1995).

Alders aflæsning:

Brislingens gydesæson er langstrakt er der meget varierende afstande mellem centrum og den første vinterring, hvilket komplicerer aflæsningen. Dette skyldes at sent gydte larver ikke metamorfoserer før deres første vinter og ikke danner vinterring (Alsuth, 1988).

Brislingen regnes også for at have fødselsdag hver 1. januar og dermed skal aflæsningen også tage hensyn til kant udseende og fangst dato. Vinterringens dannelse starter omkring november (Wilson 1979) og afsluttes i otoliten omkring juni - juli, så selvom sommeren er gået i gang kan denne ikke ses i otoliten før senere på sæsonen.

Falske vinterringe forekommer hos brislingen, og de kan afsløres på samme vis som hos sild. De falske ringe ses ofte som tynde velafgrænsede ringe inderst i otoliten, se figur 3.



Figur 3. Otoliter fra en 0 årig brisling (fanget 27/12). Den tynde vel afgrænsede ring, der kan ligne en vinterring er falsk, fordi de dagringe, der grænser op til den gennemsigtige zone ikke aftager i bredde og fordi der kan anes dagringe i den gennemsigtige zone.

Metode:

Som hos sild tælles vinterringe som aldersstrukturer og aflæsningen foregår ligeledes på hele otoliter i sprit under stereolup med påfaldende lys, dog bruges 2,5 x 10 i forstørrelse.

Torsk (*Gadus morhua*).

Livshistorie:

Nordsøen: Torsken gyder fra midten af vandsøjlen og ned til bunden (Harden Jones 1968) og gydeperioden kan strække sig over flere dage, idet æggene bliver gydt i flere omgange (Kjesbu 1989). Samlinger af gydende torsk kan findes næsten overalt ud fra kysterne omkring Nordsøen (Knijn et al. 1993). Torsken gyder om vinteren med højpunkt for gydningen mellem februar og marts (Knijn et al. 1993), men der kan være udbredte forskelle mellem selve gydeperiodens omfang og tidsramme, fra år til år (Heessen & Rijnsdorp 1989). Æggene klækkes efter 10-30 dage, afhængigt af temperaturen (Thompson & Riley 1981). Torskelarver er pelagiske; hvilket også er

gældende for større yngel. Om sommeren kan torskeyngel findes i større mængder ved den Jyske vestkyst, samt i den centrale Nordsø (Anonymous 1984); medens de hurtigt forsvinder fra German Bight og Southern Bight, muligvis pga. en hurtigere vækst og udvikling i området (Knijn et al. 1993). Munk et al. (2001) har fundet en positiv sammenhæng mellem forekomsten af torskelarver og saltfronter i Nordsøen, navnlig ved Dogger-banken og Tyske Bugt. De juvenile torsk overgår til at spise fisk ved en længde over 5-7 cm (Robb & Hislop 1980), og overgår herefter til at leve demersalt som de voksne torsk (Knijn et al. 1993).

Østersøen.

Østersøen opdeles i forbindelse med aldersbestemmelse i områderne: øst (ICES omr. 25-32) og vest (ICES omr. 22-24) for Bornholm. Der sker dog en vis sammenblanding af torsk fra de to områder. Dette forekommer i områderne S og SE for Due Odde og områderne N og NE for "Hammeren". Der er enkelte år (sidst i 2002) iagttaget Vestlige torsk i Hanøbugten

Østlige Østersø: De 3 vigtigste gydeområder i østlige Østersø er "Bornholmsbassinet" "Slubsk" og "Gotlandsdybet". De seneste år er det dog kun "Bornholmsbassinet", der har haft en nævneværdig grad af gydning, grundet iltsvind i de andre områder.

Gydetidspunktet varierer og strækker sig over 2-3 måneder, dog kan man ifølge gammel litteratur observere gydende torsk i Østersøen hele året, men man finder dog kun enkelte gydende individer udenfor den egentlige sæson. Fra sidst i 60'erne til sidst i 80'erne var gydetidspunktet i Bornholmsbassinet fra marts-maj, herefter ændrede det sig til at være juni-aug. Østersøtorsken er en "batch-gyder", det vil sige den gyder over flere omgange. Gydetidspunktet er senere jo længere mod nord gydningen foregår.

Torskens gydesæson er således langstrakt, hvilket dels giver sig udslag i forskellige væksthastigheder mellem individer fra forskellige gydetidspunkter og dels at der kan være meget varierende afstande mellem centrum og den første vinterring, hvilket komplicerer aflæsningen.

Vestlige Østersø.

Her gyder torsken formodentlig mere spredt, da ilt og saltforhold normalt er gode her. Af vigtige gydeområder kan nævnes farvandet syd for Bagenkop (ICES omr. 22) og farvandet nord for Arkona (ICES omr. 24). Gydeperioden strækker sig fra jan.-marts, selvom der også her, de senere år, er iagttaget en forskydning af gydeperioden til marts-maj. I maj 2000, blev der observeret gydende torsk vest for Rønne i maj-juni. Væksten er noget hurtigere end de østlige torsk, og sommer og vinterringe er tydelige og klart afgrænsede.

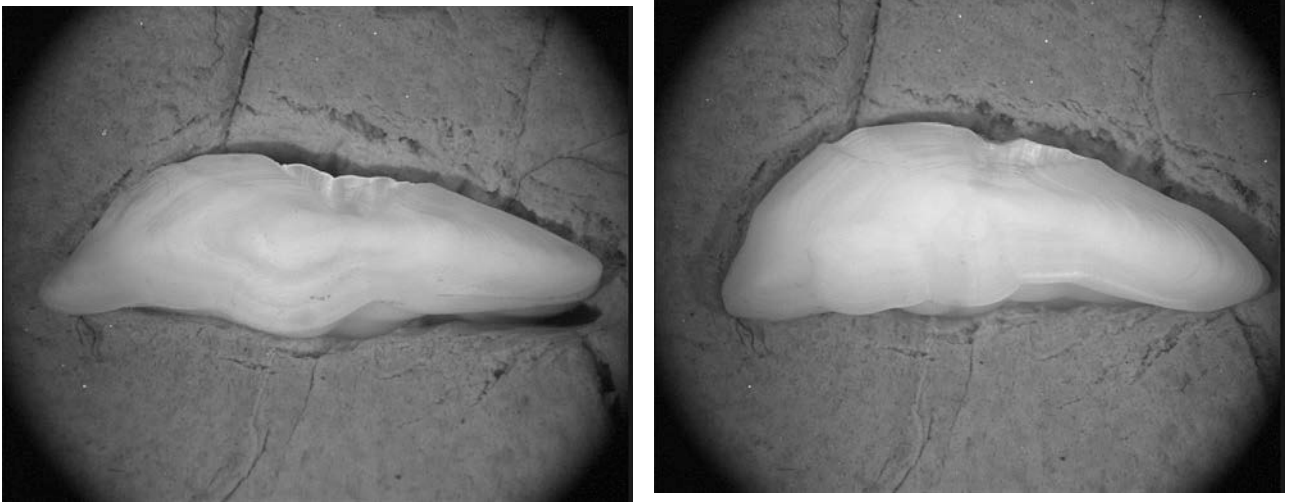
Aldersaflæsning:

Torske otoliter fra Østersøen øst for Bornholm er svære at aflæse. Dette skyldes flere forskellige forhold. Først og fremmest lever torsken i forskellige saltholdighedslag, der gør at det ofte kan være svært at skelne vinter og sommerringe fra hinanden. Endvidere danner de ofte dobbeltringe, og der ses slet ikke den ensartede struktur, som ofte gør sig gældende med fisk fra vestlige Østersø, Kattegat og Nordsøen. Der findes også en del sammenblanding af østlige og vestlige torsk omkring Bornholm, især i området S og SE af Due Odde.

Vinterringen kan i nogle tilfælde være afsluttet allerede i december, da den ofte påbegyndes allerede i september.

Metode.

Otoliten knækkes på midten, og aflæses på knækfladen. Rammer man ikke centrum, eller lige omkring centrum, må man slibe den lidt. Slibning skal også foretages, hvis ringene er utydelige, idet dette ofte giver en bedre mulighed for korrekt aflæsning. Herefter er teknikken den samme som ved aflæsning af andre otoliter, det vil sige at en mørk (vinterring) og en lys (sommerring) tilsammen udgør et år. Figur 4 viser 2 forskellige otoliter, en svær og en let, begge korrekt præparerede.



Figur 4. Billedet tv. er otoliten fra en 69 cm lang torsk fanget i september. Billedet th. er otoliten fra en 58 cm lang torsk ligeledes fanget i september. Otoliten th. er bestemt til 6 år, otoliten tv. er bestemt til 6 år.

Som før nævnt ses ofte ”dobbeltringe”. Disse kan ofte gennemskues, ved at lave en let skygge med en finger, på det højre lys. Metoden er speciel, og er ikke beskrevet andre steder.

Mikroskop: LEICA MZ 6.

Forstørrelse: 0.63

Omformer: LEICA koldt lys (koncentreret lys): Kontrolknop øverst på styrke 4. Kontrolknop nederst styrke 3.

Lys: 2 lyssteder: Venstre side lys ind fra siden. Afstand til petriskål 22 mm. Højre side, skråt oppefra i en vinkel på 45 grader. Afstand til petriskål 40 mm.

Petriskål: Diameter 44 mm. Højde 20 mm.

Væske: 96 % Alkohol

Hvilling (*Merlangius merlangus*).

Livshistorie:

Hvillingen gyder pelagisk, og æg og larver forbliver i vandsøjlen (Knijn et al. 1993). Der er ikke helt klare afgrænsninger af gydehabitat, men dog er tætheden af pelagisk yngel (3-6 cm) større i den nordlige Nordsø og områderne syd for Shetland og vest for Danmark end i den resterende del af Nordsøen (Knijn et al. 1993). Æggene bliver gydt i flere omgange i en periode der kan vare op imod 14 uger; og de klækkes efter 10 dage (Knijn et al. 1993). Gyde sæsonen er ret langvarig og kan starte i den sydlige Nordsø allerede i januar, og vare til omkring maj-juni (van der Land 1990). 0-gruppe hvillinger vandrer til lavvandede områder langs kysterne i løbet af efteråret. Her bliver de indtil det følgende forår, hvor de udvandrer mod det åbne hav (Gordon 1977, Nagabhushanam 1964, Arntz & Weber 1972). Ynglen vokser langsommere end andre torskefisk; de ernærer sig i stigende grad med fisk, eftersom de bliver større. Når de er større end 30 cm, spiser hvillinger hovedsagelig fisk (Knijn et al. 1993). Hvillingen er en mindre torskefisk, og holder sig som voksen på relativt lavt vand, i forhold til andre torskearter (under 200 m dybt vand). Den er også mere tilbøjelig til at blive i vandsøjlen (Unesco 1984).

Alders aflæsning:

Selve aflæsningen skal først forsøges på hele otoliter ud langs antirostrum, men volder det problemer, f.eks. hvis spidsen er knækket af, skal otoliten knækkes og ringene skal tælles i flere retninger på otoliten (se fig. 5).

”Settlings – ringen” kan forvirre en del, fordi den kan være placeret variabelt i forhold til den første vinterring. Samtidig er tidspunktet for dannelsen af vinterringen ikke helt klar. Otolit væksten er variabel i forhold til fangststed og derfor er det vigtigt at have både tidspunkt og fangststed med i baghovedet ved aflæsningen.



Figur 5. Knækket hvillinge otolit, hvor ”settlings-ringen” er markeret med gule prikker

Metode:

Otoliten forsøges i første omgang aflæst helt. Er dette ikke muligt/nemt, knækkes den på midten, og aflæses på knækfladen. Rammer man ikke centrum, eller lige omkring centrum, må man slibe den lidt. Slibning skal også foretages, hvis ringene er utydelige, idet dette ofte giver en bedre mulighed for korrekt aflæsning.

Herefter er teknikken den samme som ved aflæsning af andre otoliter, det vil sige at en mørk (vinterring) og en lys (sommerring) tilsammen udgør et år.

Mikroskop: LEICA MZ 6.

Forstørrelse: 0.63 – 1.0

Omformer: LEICA koldt lys (koncentreret lys)

Otoliten aflæses bedst i ”lille” glasskål som er sort.

Væske: 96 % Alkohol

Kuller (*Melanogrammus aeglefinus*).

Livshistorie:

Kulleren er en pelagisk gyder, og både æg og larver er pelagiske (Knijn et al. 1993). Kuller gyder hovedsageligt i den nordlige Nordsø, i området fra den skotske vestkyst til Norskerenden, dog undtaget området ved Moray Firth og Fladen grund (Knijn et al. 1993). Der er også observeret gydning øst for Skotland (Heath et al. 1994). Æggene klækkes efter 1-3 uger (Russell 1976). Gydesæsonen er forholdsvis kort og varer fra marts til maj (Knijn et al. 1993). Larverne bliver stort set i gydeområdet, men om vinteren kan man finde store mængder yngel spredt over det meste af den nordlige Nordsø, inklusive i Skagerrak; om sommeren er de tættest omkring den nordøstlige skotske kyst (Knijn et al. 1993). Som et-årige ophører larverne med at være pelagiske, dog

fortsætter de med at spise pelagiske organismer. Fra de er 15 cm, koncentrerer de sig om bunddyr (Knijn et al. 1993).

Den voksne kuller er en stor torskefisk (kan blive over en meter lang), og holder sig –som torsken– på dybere vand, tæt på bunden (Unesco 1984). Efter gydesæsonen, spredes de sydpå mod midten af Nordsøen (Knijn et al. 1993) og om efteråret vandrer de tilbage til gydepladserne, nordvestpå (Knijn et al. 1993).

Alders aflæsning:

Otoliten knækkes på midten, og aflæses på knækfladen. Rammer man ikke centrum, eller lige omkring centrum, må man slibe den lidt. Slibning skal også foretages, hvis ringene er utydelige, idet dette ofte giver en bedre mulighed for korrekt aflæsning. Herefter er teknikken den samme som ved aflæsning af andre otoliter, det vil sige at en mørk (vinterring) og en lys (sommerring) tilsammen udgør et år. Figur 6 viser et par korrekt præparerede otoliter.

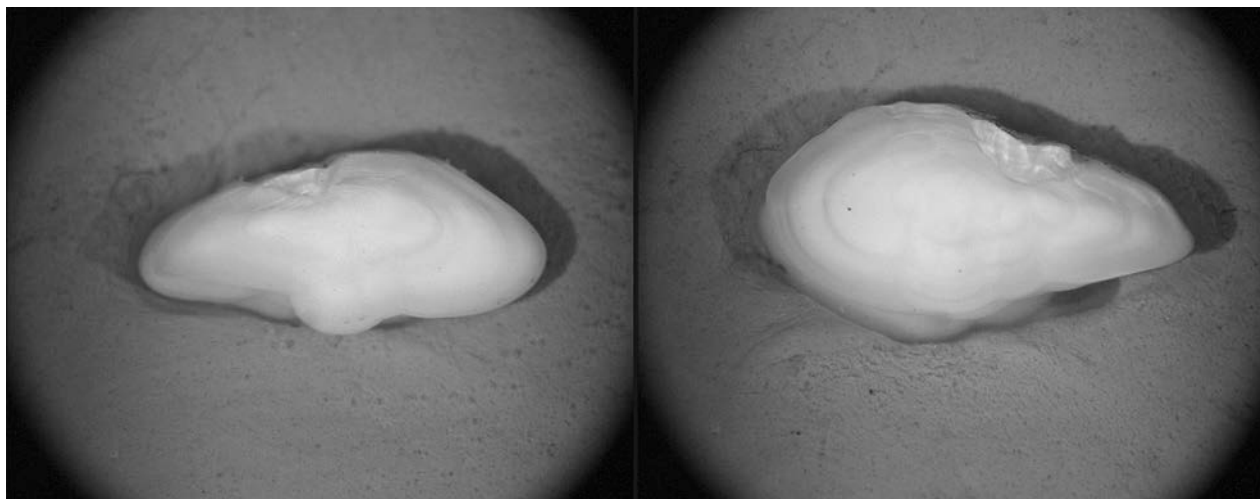
Mikroskop: LEICA MZ 6.

Forstørrelse: 0.63 – 1.0, eller afhængig af temperament.

Omformer: LEICA koldt lys (koncentreret lys)

Otoliten aflæses bedst i en skål/bakke med sort baggrund.

Væske: 96 % Alkohol



Figur 6. Kuller otoliter der begge er korrekt præparerede. Otoliten tv er bedømt til 2 år og otoliten th er bedømt til 4 år. Begge er fanget i oktober.

Sej (*Pollachius virens*).

Livshistorie:

Gydningen sker langs skrænten på den kontinentale sokkel, i den nordlige Nordsø, nord for de Britiske Øer, og ved østkysten af Norge samt sydvest for Island og vest for Færøerne (Knijn et al. 1993). Vandtemperaturen skal være omkring 6°-8°C og vanddybden på ca. 200 meter. Sejen gyder sent om vinteren og om foråret (Knijn et al. 1993). Juvenile sej holder til tæt på kysten, på stenede grunde (Knijn et al., 1993), og om foråret forlader juvenilerne deres opvækstområder langs de norske og skotske kyster (Nedreaas, 1987).

Sejen kan blive over en meter lang, og færdes både på dybt og lavt vand, ofte i mindre stimer (Unesco 1984).

Alders aflæsning:

Otoliten knækkes på midten, og aflæses på knækfladen. Rammer man ikke centrum, eller lige omkring centrum, må man slibe den lidt. Slibning skal også foretages, hvis ringene er utydelige, idet dette ofte giver en bedre mulighed for korrekt aflæsning. Herefter er teknikken den samme som

ved aflæsning af andre otoliter, det vil sige at en mørk (vinterring) og en lys (sommerring) tilsammen udgør et år. Figur 7 viser et par korrekt præparerede otoliter.

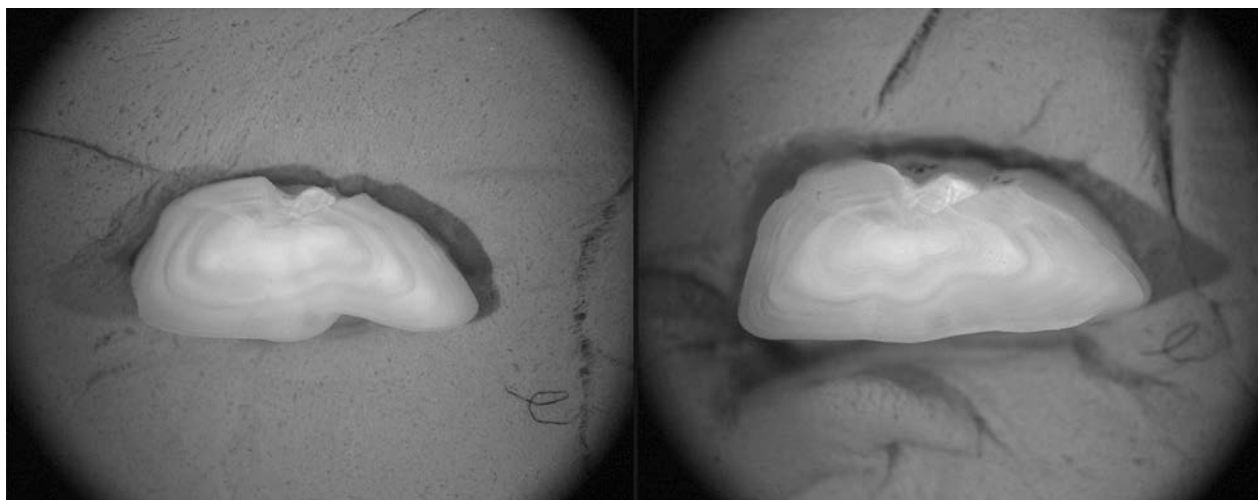
Mikroskop: LEICA MZ 6.

Forstørrelse: 0.63 – 1.0, eller afhængig af temperament.

Omformer: LEICA koldt lys (koncentreret lys)

Otoliten aflæses bedst i en skål/bakke med sort baggrund.

Væske: 96 % Alkohol



Figur 7. Sej otoliter der begge er korrekt præparerede. Otoliten tv er bedømt til 3 år og otoliten th er bedømt til 6 år. Begge er fanget i oktober.

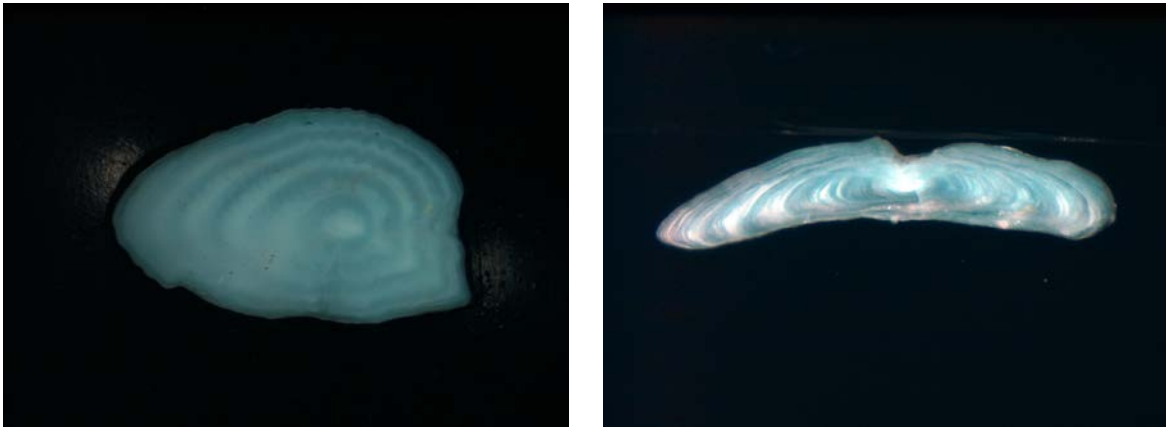
Rødspætte (*Pleuronectes platessa*).

Livshistorie:

Rødspætten gyder pelagisk (Coombs et al. 1990) på vanddybder mellem 18 og 72 meter i Nordsøen (Simpson 1959) og mellem 20 og 40 meter i Kattegat (E. Nielsen, DFU, pers. komm.). I Nordsøen samles individerne til gydning i den sydlige del, og den højeste ægproduktion er observeret i den østlige del af den engelske kanal og sydlige bugt, mens den forekommer mere spredt længere mod nord (Dogger banke) (Harding et al. 1978, Hessen & Rijnsdorp 1988). Der er i de senere år ikke observeret deciderede gydepladser i Skagerrak, men derimod er Kattegat et udpræget gydeområde (E. Nielsen & J. Støttrup, DFU, pers. komm.). Gydningen toppe i den østlige Nordsø omkring januar, mens denne indtræder i midten af februar i Tyske bugt (Knijn et al. 1993). I Kattegat gyder rødspætten mellem februar og marts (Nielsen et al. 1998). Efter gydningen driver æggene og evt. klækkede larver med strømmen mod opvækstområder langs kysten (Knijn et al. 1993, Houghton & Harding 1977, Nielsen et al. 1998). Opvækstområderne er karakteriseret ved dels bundtype, salinitet, temperatur, og strømforhold (Poxton & Nasir 1985). Der findes en del af disse områder både langs den engelske og skotske kyst, og i Tyske bugt (Knijn et al. 1993, Hopkins 1986), men de vigtigste er at finde i Vadehavet (Kuipers 1977) og langs Jyllands østkyst (Nielsen et al. 1998).

Aldersaflæsning:

Kanten på de ældre rødspætter kan være temmelig problematisk at aflæse, og sikkerheden på alders aflæsningen på individer over 5 år falder med alderen. Da denne fejlkilde muligvis kan reduceres væsentligt, hvis man læser på et tyndt tværsnit af otoliten, overvejer man nu om der skal ske en ændring af metoden (se rapporten fra alders aflæsnings workshoppen i Charlottenlund, september 2002). Figur 8 viser en otolit både som hel og som tværsnit.



Figur 8. Otolit fra en rødspætte (hun), 38 cm lang. Th er otoliten præpareret som et tyndslib og set med gennemfaldende lys.

Metode:

Otoliten aflæses hel i påfaldende lys med den dorsale flade opad (sulcus nedad) og ud langs siderne i en 90 graders vinkel på rostrum. Aflæsningen sker i alkohol. I sjældne tilfælde knækkes otoliten i centrum og aflæses i knækfladen. En mørk (vinterring) og en lys (sommerring) udgør tilsammen et år.

Mikroskop: LEICA MZ 6.

Forstørrelse: 0.63 – 1.0

Omformer: LEICA koldt lys (koncentreret lys)

Otoliten aflæses bedst i en skål/bakke med sort baggrund.

Væske: 96 % Alkohol

Tunge (*Solea vulgaris*).

Livshistorie:

Tungens habitat er afgrænset af temperaturen, og dens udbredelse i Nordsøen og Kattegat er det nordligste for arten (MacKenzie & Visser 2001). Tungen gyder pelagisk i kystnære vande med lav dybde og æggene er pelagiske (Nielsen 1997). I Nordsøen er der observeret gydeområder i Tyske bugt, mens det er lidt mere uklart, hvor tungen gyder i Kattegat, dog er den højeste forekomst af modne individer fundet i det sydlige Kattegat, selvom der er observeret tunge-æg helt mod det nordligste af Kattegat (Nielsen 1997). Højpunktet for gyde aktivitet er forbundet med breddegrad (Rijnsdorp & Vingerhood 1994). I Nordsøen er gyde-aktiviteten højest i april-maj, og i Kattegat topper den i løbet af maj og juni (Nielsen 1997). Larvestadiets varighed afhænger af temperaturen (Rijnsdorp et al. 1992), og er formodentlig længere i Kattegat end i Nordsøen, hvor den er vurderet til ca. 1 måned (Nielsen 1997). Opvækstområder for tungen har de samme karakteristika som de områder, der bruges af rødspætten. I Kattegat er det primært områder i den centrale og nordlige del, der benyttes af tungen (Nielsen 1997). Bundfældningen sker i august-september i Kattegat og muligvis lidt før i Nordsøen (Nielsen 1997).

Aldersaflæsning:

For at få bedre adskillelse af vinter/sommerringe, ”brændes” tunge otoliter. Efter brænding flækkes otoliten, monteres i modellervoks og aflæses under mikroskop. Efter brænding fremstår vinterringene som tynde brune/sorte ringe og sommerringene som brede hvide ringe (se figur 9).



Figur 9. Knækkede tunge otoliter, brændt og under stereolup. Vinterringene fremstår som mørke ringe.

Den lille centrumsring tælles ikke med; den første ring, der tælles er tydelig og ret stor. Der forekommer ofte dobbeltringe, dog er adskillelsen af disse fra egentlige ringe en skønssag. Der er ofte problemer forår/forsommer med at konstatere, hvornår sommerringen lægges på og dermed om kanten skal tælles som vinterring. Dette bliver også en skønssag, men vurderes tykkelsen af den sidste sommerring i forhold til den næstsidste, kan man bedømme om kantzonen skal tælles med eller ej. Sommerringen begynder formentlig først at dannes i løbet af juni-juli, og er fuldt udviklet i oktober-november, dette kan dog variere fra år til år og fra område til område. Man skal være opmærksom på at det der ser ud som en vinterring på kanten, godt kan stamme fra brændingen.

Metode:

Otoliterne brændes på en varm støbejernsplade, hvor varmekilden er et gasblus. Brændetiden er afhængig af kasse; tunge 1 : 6-7min. og tunge 2 : 5-6 min. Efter brænding (ca. 30 stk. af gangen) lægges otoliterne tilbage i bakken. Det er vigtigt, at otoliterne lufttørres inden brænding, da de ellers vil pulveriseres.

På et objektglas 76x40x1mm. lægges (presses forsigtigt fast) en plade mørk modellervoks ca. 55x30x2mm. Pladen opdeles i 10 lige store felter.

Otoliten lægges i en petriskål med den konvekse side opad. Dernæst presses en nål forsigtigt gennem en lille fordybning midten af otolitens distale side (modsat sulcus siden). Hvis alt går vel, flækker otoliten i 2 nogenlunde lige store dele, ofte bliver der dog 3-4 otolit stykker. Stykkerne monteres med brudfladerne opad i voksen med 5 otoliter/felt – 50 otoliter/objekt glas.

Otoliterne aflæses under mikroskop med sidelys. Forstørrelse : 20-25X ved meget tætte ringe 40X. Brudfladerne påføres 96% ethanol, efter behov, for at gøre billedet klarere.

Tobis (Fam. Ammodytidae).

Livshistorie:

Der eksisterer 5 tobis arter i Nordsøen: havtobisen (*A. marinus*), kysttobisen (*A. lancea*), tobis kongen (*H. lanceolatus*), den uplettede tobiskonge (*H. immaculatus*) og nøgentobisen (*Gymnammodytes semisquamatus*), hvor havtobisen er den altdominerende art (Macer 1966). Alle 5 arter forekommer kun i meget veldefinerede områder, da de stiller særlige krav til deres habitater. Disse findes hvor havbunden består af groft sand med et lavt indhold af dynd og ler, stærk strøm over havbunden, og dybder under ca. 80 meter, dvs. banker (Macer 1966, Winslade 1974, Wright et

al. 1998, Proctor et al. 1998, Jensen 2001, Wright et al. 2000). Udover Fisker Banke, Dogger Banke, er der et vigtigt leveområde for tobis ved Skotlands østkyst, samt omkring Shetland (Macer 1966, Gauld & Hutcheon 1990, Wright et al. 1996). Tobisen er bundgydende og æggene lægges enkeltvis og klæber fast til bunden, hvor de klækkes (Bowman 1914, Winslade 1971). Larverne er pelagiske og driver med strømmen (Proctor et al. 1998) indtil de udvikler finnestråler – ved en størrelse på omkring 2 cm –, og dermed bliver gode svømmere, der aktivt opsøger den voksne tobis' demersale habitat (Jensen 2001). Gyde perioden er forskellig for de nævnte arter. Havtobisen gyder i løbet af en meget kort periode mellem december og januar (Winslade 1974, Macer 1966, Gauld & Hutcheon 1991). Kysttobisen gyder i løbet af to adskilte korte perioder; første gang marts/april og dernæst i løbet af september (Russell 1976). Tobis kongen har en noget længere gyde periode, der strækker sig fra april til august, hvilket også er tilfældet for nøgentobisen, der gyder mellem marts og august (Macer 1966). De pelagiske larver søger aktivt mod bankerne, hvor den voksne bestand opholder sig (Jensen 2001), og der er ikke defineret et specifikt opvækstområde, selvom man har set tættere mængder af larver i frontområderne mellem fersk- og saltvand (Munk et al. 2001).

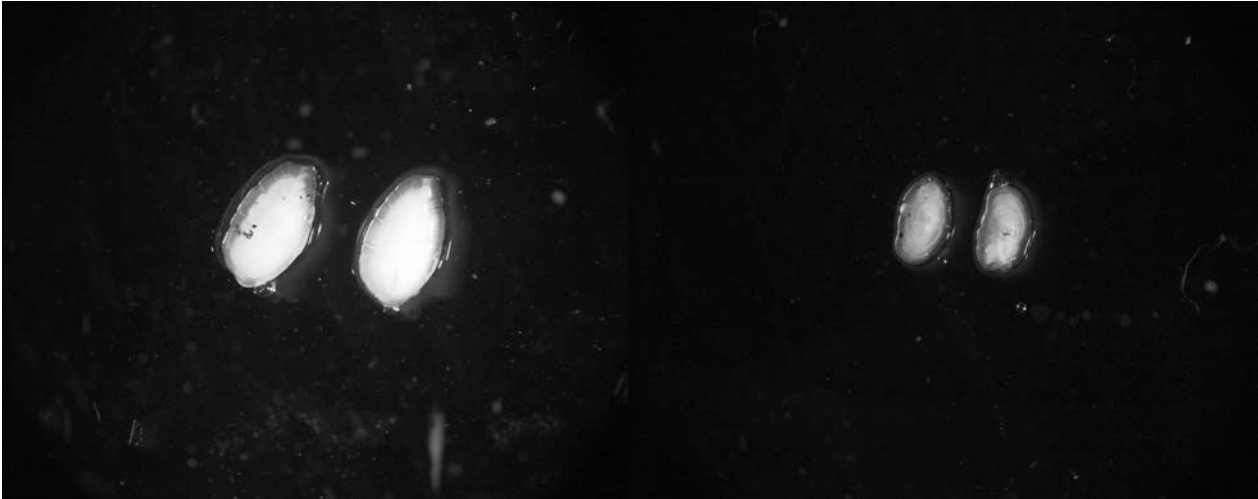
Aldersaflæsning: Vi aflæser udelukkende havtobis hos DFU. Hvis man i laboratoriet har overset et par af de andre arter i prøven, kan man let adskille dem på otoliterne (se figur 10). Selve bestemmelsen af en årring er den klassiske, hvor en mørk (vinterring) og en lys (sommerring) tilsammen udgør et år. Tobisens adfærd er dog årsag til en del variation over dannelsen af denne årring, og både fangst dato og aldersgruppe er afgørende for otolitens udseende på kanten. Tabel 1 giver en oversigt over kant udviklingen hos flere aldersgrupper henover sæsonen.

Metode:

Otoliterne monteres med sulcus opad i klar neglelak på et objektglas. Der kan ofte være flere længdegrupper på et glas. Objektglasset placeres i en petriskål med vand og otoliterne aflæses ved forstørrelsen 2,5 X med påfaldende lys.

Sæson	Aldersgruppe	Kant
Tidlig forår (marts).	0 grp.	Findes endnu ikke i landingerne
	1 grp.	Bred gennemsigtig zone
	2 grp.	Findes endnu ikke i landingerne
	3 grp.	Findes endnu ikke i landingerne
Sent forår (april - maj)	0 grp.	Findes endnu ikke i landingerne
	1 grp.	Bred gennemsigtig zone eller begyndende uigennemsigtig zone
	2 grp.	Gennemsigtig zone på kanten
	3 grp.	Gennemsigtig zone på kanten
Sommer (juni - juli)	0 grp.	Uigennemsigtig zone på kanten
	1 grp.	Uigennemsigtig zone på kanten
	2 grp.	Uigennemsigtig zone på kanten
	3 grp.	Uigennemsigtig zone på kanten
Efterår (august - ..)	0 grp.	Uigennemsigtig zone på kanten eller smal gennemsigtig zone på kanten
	1 grp.	Uigennemsigtig zone på kanten eller smal gennemsigtig zone på kanten
	2 grp.	Uigennemsigtig zone på kanten eller smal gennemsigtig zone på kanten
	3 grp.	Uigennemsigtig zone på kanten eller smal gennemsigtig zone på kanten

Tabel 1. Kantens udseende afhænger af aldersgruppe og fangst tidspunkt.



Figur 10. Tv er otoliterne fra en havtobis vist og th er otoliterne fra en kysttobis vist, begge ved 5x forstørrelse. Kysttobisen har en meget lille kerne, hvor havtobisen først lægger en tydelig vinterring meget senere i otoliten.

Sperling

Livshistorie:

Sperlingen er en af de mest hyppige små torske fisk i Nordsøen. Det er en pelagisk stimefisk, der lever på 80 – 300 meters dybde, undertiden tæt over bunden. I Skagerrak og Kattegat finder man den oftest på mindre end 40 meters dybde (Muus et al., 1988). Sperlingen gyder fra januar til marts i den nordlige Nordsø, nord for Skotland og ved Færøerne. Der er ingen tegn på deciderede gydevandringer hos sperlingen, der er kønsmoden som 1-2 årig (Muus et al., 1988).

Sperlingen er en kort-levende art, der sjældent bliver mere end 5 år gammel (Sparholt et al., 2002). Den er en vigtig fødekilde for hvilling, kuller, torsk og sej (Sparholt et al., 2002), og lever selv fortrinsvis af krebsdyr og småfisk (Muus et al., 1988).

Alders aflæsning:

Otoliten forsøges i første omgang aflæst helt. Dog kan det for de større fisk være nødvendigt at knække otoliten på midten, og aflæse den på knækfladen. Rammer man ikke centrum, eller lige omkring centrum, må man slibe den lidt. Slibning skal også foretages, hvis ringene er utydelige, idet dette ofte giver en bedre mulighed for korrekt aflæsning. Herefter er teknikken den samme som ved aflæsning af andre otoliter, det vil sige at en mørk (vinterring) og en lys (sommerring) tilsammen udgør et år. Figur 11 viser en knækket sperling otolit og et udsnit af en otolit, hvor der er i det makroskopiske billede kan ses en mulig vinterring, men som ved slibning af otoliten kan afvises som vinterring, fordi der er regelmæssige dagringe hele vejen igennem det transparente stykke.

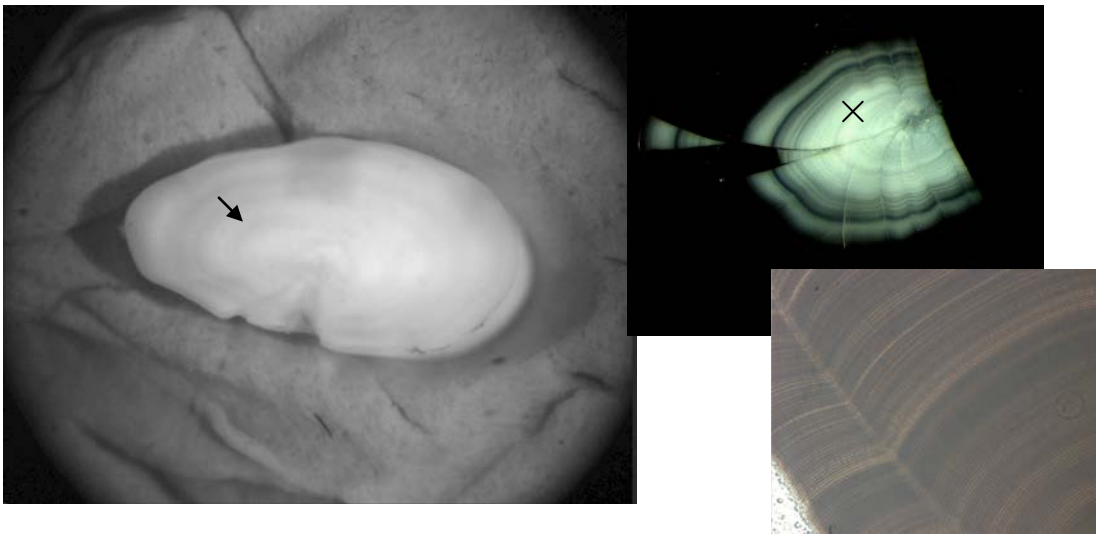
Mikroskop: LEICA MZ 6.

Forstørrelse: 0.63 – 1.0, eller afhængig af temperament.

Omformer: LEICA koldt lys (koncentreret lys):

Otoliten aflæses bedst i en skål/bakke med sort baggrund.

Væske: 96 % Alkohol



Figur 11. Tv. er vist en knækket otolit fra en sperling (15 cm) fanget i september, pilen viser åringen. Th. er vist en anden otolit fra en sperling (14 cm) fanget i september, der er blevet slebet på langs, for at validere den inderste ring (markeret m. x på figuren tv.) som vinterring. Mikrostrukturen viser at der er regelmæssige dagringe igennem hele stykket, og det derfor ikke kan være en vinterring.

Laks

Livshistorie:

- 1/ Gydning i oktober eller senere
- 2/ Få voksne udvandrer samme efterår. Flest udvandrer foråret efter.
- 3/ Smolt udvandrer april - maj (dvs. fødselsdagen er d. 1.4.).
- 4/ Smolten er ca. 15-20 cm ved udvandringen.
- 5/ Lakseyngelen opholder sig mellem 2-5 år i ferskvand. Længst tid i det nordligste.
- 6/ Smolten udvandrer i de sydligste vandløb allerede fra marts, i de nordligste vandløb helt hen til juni.

Aldersaflæsning:

DFU foretager årlig cirka 1000 aldersbestemmelse af den Baltiske laks, som i det danske fiskeri udelukkende landes på Bornholm.

Aldersbestemmelse af laks foretages udelukkende på grundlag af skælprøver, som tages i området bag rygfinnen, under sidelinien. Skællene tørres og opbevares i små papirposer, både før og efter aflæsning. Aldersbestemmelse foregår direkte fra skællene (ikke fra aftryk eller videooptagelser) og der anvendes en almindelig stereolup med gennemfaldende lys og fra 7-10 gange forstørrelse.

Ved aldersaflæsningerne koncentrerer vi os udelukkende om laksens liv i saltvand, efter smoltificeringen, da alderen udelukkende skal give os et billede af alderssammensætningen af laksene i havet. En meget stor del af de laks vi alders bestemmer har en alder på mellem 1-2 år (saltvands år), men har så yderligere levet mellem 1-5 år i ferskvand. Meget få laks (dvs. få promiller) opnår et liv på mere end fire år i saltvand.

Ud fra vores viden om at lakseskællenes vækst modsvarer laksens vækst, anvender jeg i tvivlstilfælde, og som en løbende kontrol af aflæsningerne, en glaslineal som hjælpemiddel til at få placeret lakseskællenes forskellige vækstzoner set i forhold til laksens livscyklus.

Udsatte, og genfangne laks med kendt alder, anvendes som kontrol og hjælp til bestemmelse af tvivlsomme skælprøver.

Hos laks afsætter en gydevandring sig altid rimeligt tydeligt i skællenes struktur, og antallet af gydevandringer (sjældent mere end 1) blive også registreret ved alle aldersbestemmelser.

Der er indenfor de sidste 4-5 år afholdt to internationale lakse aldersbestemmelses workshops, hvor de fleste baltiske stater har deltaget.

Efter second scale reading work-shop i nov. 98 kan følgende fastslås:

- 1/ Laksen har fødselsdag d. 1.4. (tidligere, d.v.s. før nov. 98 sagde vi 1.7.) - Vær opmærksom på dette når forskellige år sammenlignes!
- 2/ Checks er ofte ikke tydelige hele vejen rundt på skællet. Bl.a. ikke på siderne.
- 3/ Brug ICES rapport no. 188 til aldersbestemmelse.
- 4/ Brug biologisk oversigt over laksens liv til aldersbestemmelse.
- 5/ Alderen 1+ er den første "vinterring", efter udvandringen i havet, og dannes i perioden november til februar. – Fiskens længde ved 1+ er 35-40 cm, men kan være helt op til 50 cm.
- 6/ 1+ er altså den første vinterring, - ikke ferskvandslivets slutning.
- 7/ Det er en stor hjælp at se på længdemålingsskemaer (mærket med farver pr. længdegruppe) fra samme periode, samme år som aldersbestemmelsen påbegyndes.
- 8/ Procentvis fordeling mellem eks. 1 og 2-årige fra året før kan være meget forskellig.
- 9/ Hvis der ligger vinterzone på "kanten", tælles den først med efter 1.4.
- 10/ RUN-OUT zonen er kort efter ferskvandszonen og er på ca. 5 circuli.
- 11/ Sommervæksten starter normalt først i juni, og derfor kan der eksempelvis ikke være megen plusvækst i juli/august.
- 12/ Det betyder at hvis man har en fisk med 2 WR og megen plusvækst i juli/august må den være 3 år.

VILDE CONTRA OPDRÆTTEDE FISK:

Opdrættede fisk har ofte finneskader, desuden har ca. hver 10. af de udsatte fisk fået bortskåret fedtfinnen.

Opdrættede laks har desuden mange regenererede skæl i smoltstadiet, og har kun mellem 1-2 ferskvandsår, der er meget mere regelmæssige end hos vilde laks.

Referencer.

- Alheit J. 1987. Variation of batch fecundity of sprat, *Sprattus sprattus*, during spawning season. ICES CM 1987/H:44 6 pp.
- Alsuth S. 1988. Age distribution of overwintering sprat larvae from the German Bight (North Sea). ICES CM 1988/H:43
- Anonymous, 1984. Report of the Working Group on the International 0-Group Gadoid Surveys in the North Sea. ICES CM 1984/G:69, 30 pp.
- Arntz, W.E. & W. Weber, 1972. Zur Herkunft des Wittlings (*Merlangius merlangus* [L.] der Kieler Bucht. Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung 22: 385-397.
- Bailey R.S. & Braes A. 1976. Surveys of sprat eggs and larvae to the North and East of Scotland 1973-75. ICES CM 1976/H:29, 17 pp.
- Blaxter J.H.S., Hunter J.R. 1982. The Biology of the Clupeoid Fishes. Advances in Marine Biology 20: 3-223.
- Bowman A. 1914. The spawning areas of sand-eels in the North Sea. Scientific Investigations 3: 1-13.
- Campana SE (1983) Interactive effects of age and environmental modifiers on the production of daily growth increments in otoliths of plainfin midshipman, *Porichthys notatus*. Fish.Bull. 82:165-177
- Corten A. 1986. On the causes of the recruitment failure of herring in the central and northern North Sea in the years 1972-1978. J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 28: 211-240.
- Corten A. 1988. Shifts in herring spawning areas in the northwestern North Sea in relation to environmental changes. ICES CM 1988/H:22, 11 pp.
- Cranmer, G.J., 1986. The food of the haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in the North Sea. ICES CM 1986/G:86, 5 pp.
- Cushing D.H. 1990. Plankton production and year-class strength in fish populations: An update of the match/mismatch hypothesis. Adv. Mar. Biol. 26: 249-294.
- Cushing D.H. 1990. Hydrographic containment of a spawning group of plaice in the Southern Bight of the North Sea. Marine Ecology Progress Series 58: 287-297.
- Freón P. & Misund O.A. 1999. Dynamics of Pelagic Fish Distribution and Behaviour: Effects on Fisheries and Stock Assessment. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd. USA.
- Gauld J.A. and Hutcheon J.R. 1990. Spawning and fecundity in the lesser sandeel, *Ammodytes marinus* Raitt, in the north-western North Sea. Journal of Fish Biology 36: 611-613.
- Gordon, J.D.M., 1977. The fish populations in inshore waters of the West Coast of Scotland. The distribution, abundance and growth of the whiting (*Merlangius merlangus* L.). Journal of Fish Biology 10: 587-596.
- Harden Jones, F.R., 1968. Fish migration. Edward Arnold, London, 325 pp.
- Harding D., Nichols J.H. & Tungate D.S. 1978. The spawning of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in the southern North Sea and English Channel. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer 172: 102-113.
- Hare JA, Cowen RK (1995) Effect of age, growth rate, and ontogeny on the otolith size- fish size relationship in bluefish, *Pomatomus saltatrix*, and the implications for back-calculation of size in fish early life history stages. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 52:1909-1922
- Heath M., Rankine P. & Cargill L. 1994. Distribution of cod and haddock eggs in the North Sea in 1992 in relation to oceanographic features and compared with distributions in 1952-1957. ICES Mar. Sci. Symp. 198: 438-439.
- Heessen, H.J.L & A.D. Rijnsdorp, 1989. Investigations on egg production and mortality of cod (*Gadus morhua* L.) and plaice (*Pleuronectes platessa* L.) in the southern and eastern North

- Sea in 1987 and 1988. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Explorations de la Mer **191**: 15-20.
- Heessen, H.J.L. North Sea cod (*Gadus morhua* L.). Unpublished document for the Study Group on Cod Stock Fluctuations, 10 pp.
- Hopkins P.J. 1986. Exploited fish and shellfish species in the Moray Firth. Proceedings of the Royals Society of Edinburgh. **91B**: 57-72.
- Houghton R.G. & Harding D. 1976. The plaice of the English Channel: Spawning and migration. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer **36**: 229-239.
- Jensen H. 2001. Settlement dynamics in the lesser sandeel *Ammodytes marinus* in the North Sea. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy at the University of Aberdeen.
- Jensen A.C. 1949. Mængde of vækst af sildeyngel i de danske farvande. Beretning til Fiskeriministeriet fra Den danske biologiske Station. **51**: 17-46.
- Johannesen A. & Moksness E. 1991. Herring larvae (*Clupea harengus*) in the Skagerrak area from December 1987 to April 1988. Fisheries Research **11**: 155-170.
- Jones, A., 1970. Some aspects of the biology of the turbot *Scophthalmus maximus* L. with special reference to feeding and growth in the juvenile stage. Ph.D. thesis, University of East Anglia, 145 pp.
- Kjesbu, O.S., 1989. The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L. Journal of Fish Biology **34**: 195-206.
- Knijn, R.J., T.W. Boon, H.J.L. Heessen & J.R.G. Hislop, 1993. Atlas of North Sea Fishes: Based on bottom trawl survey data for the years 1985-1987. ICES Cooperative Research Report **194**, 268 pp.
- Kuipers B.R. 1977. On the ecology of juvenile plaice on a tidal flat in the Wadden Sea. Netherlands Journal of Sea Research **11(1)**: 56-91.
- Macer C.T. 1966. Sand eels (*Ammodytidae*) in the south-western North Sea; their biology and fishery. Fishery Investigations, Series II **24**: 1-55.
- MacKenzie B.R. & Visser A.W. 2001. Fisheries and Climate Change: The Danish Perspective. Climate Change Research. Danish Contributions. Danish Climate Centre/Danish Meteorological Institute. Pages: 291-302.
- Marshall SL, Parker SS (1982) Pattern identification in the microstructure of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) otoliths. Can.J.Fish.Aquat.Sci. **39**:542-547
- Mc Curdy, Hammer, and Appelberg 1999. EFAN in the Context of Quality Assurance and Quality Control. EFAN Report **5-99**.
- Milligan S.P. 1986. Recent studies on the spawning of sprat (*Sprattus sprattus* L.) in the English Channel. Fisheries Research Technical Report. **83**: 5-18.
- Mosegaard H, Titus R (1987) Daily growth rates of otliths in yolk sac fry of two salmonid species at five different temperatures. Proc.V Congr.europ.Ichthyol.Stockholm 221-227
- Mosegaard H, Svedäng H, Taberman K (1988) Uncoupling of somatic and otolith growth rates in Arctic Char (*Salvelinus alpinus*) as an effect of differences in temperature response. Can.J.Fish.Aquat.Sci. **45**:1514-1524
- Mosegaard H. & Madsen K.P. 1996. Discrimination of mixed Herring stocks in the North Sea using vertebral counts and otolith microstructure. ICES CM **1996/H:17** 8pp.
- Munk, P., P.J. Wright & N.J. Pihl, 2001. Distribution of the early larval stages of cod, plaice and lesser sandeel across haline fronts in the North Sea. In press.
- Muus B.J., J.G. Nielsen, P. Dahlstrøm & B.O. Nyström. 1997 Havfisk og fiskeri. En felthåndbog fra Gads forlag G.E.C. Gads forlag.
- Nagabhushanam, A.K., 1964. On the biology of the whiting, *Gadus merlangus*, in Manx waters. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **44**: 177-202.

- Nedreaas, K., 1987. Food and feeding habits of young saithe, *Pollachius virens* (L.), on the coast of western Norway. Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Havundersøkelser **18**: 263-301.
- Nielsen E., Bagge O., & MacKenzie B.R. 1998. Wind-induced transport of plaice (*Pleuronectes platessa*) early life-history stages in the Skagerrak-Kattegat. Journal of Sea Research **39**: 11-28.
- Nielsen E. 1997. Influence of the environment on the sole (*Solea solea*) recruitment in the Kattegat. Preliminary results. ICES CM 1997/EE:04 27 pp.
- Ojaveer E. 1981. Marine pelagic fishes in the Baltic Sea. Elsevier Oceanic Series. **30**: 276-292.
- Otterlei E, Folkvord A, Nyhammer G (2000) Temperature dependent otolith growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). Dr.scient.thesis Paper **1**:1-31
- Pannella G (1971) Fish otoliths: Daily growth layers and periodical patterns. Science **173**:1124-1127
- Paperno R, Targett TE, Grecay PA (1997) Daily growth increments in otoliths of juvenile weakfish, *Cynoscion regalis*: experimental assessment of changes in increment width with changes in feeding rate, growth rate, and condition factor. Fish.Bull. **95**:521-529
- Posthuma K.H., Saville A. & Wood R.J. 1975. Herring spawning grounds in the North Sea. ICES CM 1975/H:46 15 pp.
- Poxton M.G. & Nasir N.A. 1985. The Distribution and Population Dynamics of 0-group Plaice (*Pleuronectes platessa* L.) on Nursery Grounds of the Firth of Forth. Estuarine, Coastal and Shelf Science **21**: 845-857.
- Proctor R., Wright P.J. & Everitt A. 1998. Modelling the transport of larval sandeels on the north-west European shelf. Fisheries Oceanography **7**:3/4 347-354.
- Rijnsdorp A.D. & Vingerhood B. 1994. The ecological significance of geographical and seasonal differences in egg size in soles *Solea solea* (L.). Neth. Jour. Sea res. **32**(3/4).
- Rijnsdorp, A.D., F.A. van Beek, S. Flatman, R.M. Millner, J.D. Riley, M. Giret & R. De Clerck, 1992. Recruitment of sole stocks, *Solea solea* (L.), in the Northeast Atlantic. Netherlands Journal of Sea Research **29**(1-3): 173-192.
- Reznick D, Lindbeck E, Bryga H (1989) Slower growth results in larger otoliths: An experimental test with guppies (*Poecilia reticulata*). Can.J.Fish.Aquat.Sci. **46**:108-112
- Robb, A.P. & J.R.G. Hislop, 1980. The food of five gadoid species during the pelagic 0-group phase in the northern North Sea. Journal of Fish Biology **16**: 199-217.
- Rosenberg R. & Palmén L.E. 1982. Composition of herring stocks in the Skagerrak-Kattegat and the relations of these stocks with those of the North Sea and adjacent waters. Fisheries Research **1**: 83-104.
- Russell, F.S., 1976. The eggs and planktonic stages of British marine fishes. Academic Press, London, 524 pp.
- Secor DH, Dean JM (1989) Somatic growth effects on the otolith - fish size relationship in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. Can.J.Fish.Aquat.Sci. **46**:113-121
- Thompson, B.M. & J.D. Riley, 1981. Egg and larval development studies in the North Sea cod (*Gadus morhua* L.). Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Explorations de la Mer **178**: 553-559.
- Torstensen E. & Gjørseter J. 1995. Occurrence of 0-group sprat (*Sprattus sprattus*) in the littoral zone along the Norwegian Skagerrak coast 1945-1992, compared with the occurrence of 0-group herring (*Clupea harengus*). Fisheries Research **21**: 409-421.
- Unesco, 1984. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Ed. P.J.P. Whitehead [et al.]. Unesco, Paris, 1984, 3 vols.

- Wahl E. & Alheit J. 1988. Changes in the distribution and abundance of sprat eggs during spawning season. ICES CM 1988/H:45 4pp.
- Wilson, JPF. 1979. Length and age-composition and back-calculated growth rates of sprats in Scottish waters. ICES CM 1979/H:39
- Winslade P., 1971. Behavioral and embryological studies on the lesser sandeel *Ammodytes marinus* (Raitt). PhD Thesis. University East Anglia.
- Winslade P. 1974. Behavioural studies on the lesser sandeel *Ammodytes marinus* (Raitt) III. The effect of temperature on activity and the environmental control of the annual cycle of activity. J. Fish. Biol. **6**: 587-599.
- Wright P.J., Pedersen S.A., Donald L., Anderson C., Lewy P. & Proctor R. 1998. The influence of physical factors on the distribution of lesser sandeel, *Ammodytes marinus*, and its relevance to fishing pressure in the North Sea. ICES CM 1998/AA:3 18 pp.
- Wright P.J. and Bailey M.C. 1993. Biology of sandeels in the vicinity of seabird colonies at Shetland. Sct. Fish. Resch. Rep. **15**.
- Wright P.J., Jensen H. and Tuck I. 2000. The influence of sediment type on the distribution of the lesser sandeel, *Ammodytes marinus*. J. Sea Res. 2000, 44(3-4): 243-256.