

Om hydrografiske forhold i Skagerak og den nordøstlige del av Nordsjøen, og deres betydning for fordelingen av brislingegg og yngel

av Rikard Ljøen

FISKERIDIREKTORATETS HAVFORSKNINGSINSTITUTT

Innledning

I 1959 ble de norske brislingundersøkelsene utvidet og intensivert. Samtidig ble det innledet et samarbeid med svenske og danske forskere.

I det følgende vil det bli gitt noen resultater av de undersøkelsene som er gjort fra norsk side de tre siste årene og en har konsentrert seg om for-

delingen av de enkelte vannmasser og en oversikt over strømforholdene i det undersøkte området og fordelingen av brisling-egg og yngel.

Figur 1 viser de snittene som ble tatt på tre tokter. Stasjonene hadde innbyrdes avstand av 5–10 nautiske mil og ved siden av hydrografiske observasjoner fra overflaten til bunnen ble det tatt to ver-

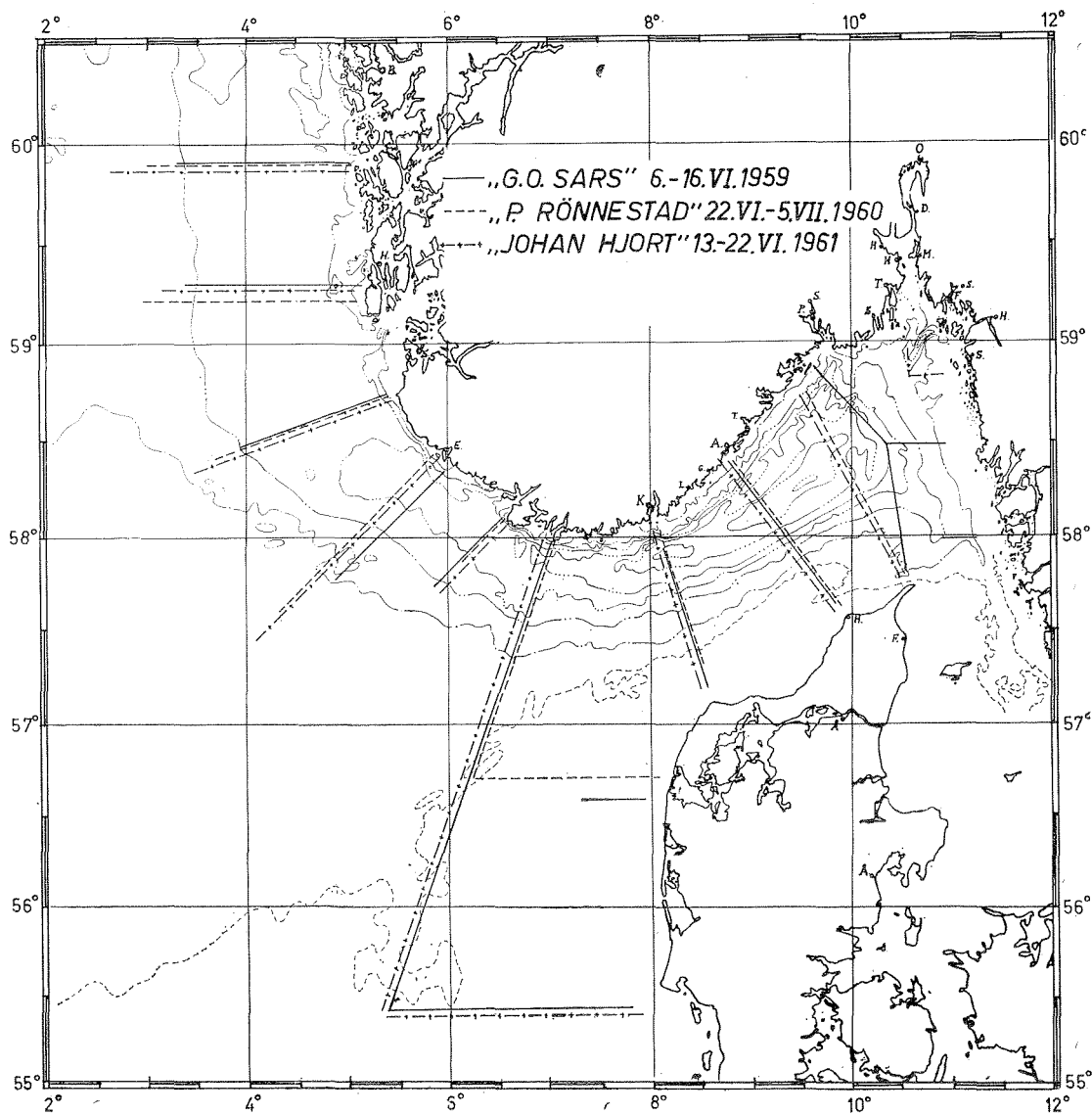


Fig. 1. Det undersøkte område.

tikaltrekk med en planktonhåv. De fleste stasjonene ble også tatt 3–4 ganger gjennom hver sommer-sesong utenom den angitte serie, men da med noe enklere program.

Materialet som ble samlet inn med F/F «G. O. Sars» sommeren 1959, supplert med noen observasjoner de to siste årene, ligger til grunn for den følgende oversikt.

Det innsamlede planktonmateriale er analysert av K. R. Gundersen, som vennligst har stillet dataene til disposisjon.

Den vertikale fordeling av vannmassene utenfor Vestlandet er representert i et snitt fra Slåtterøy mot vest (fig. 2). I de øverste 30–50 m finner man et vannlag med relativt lav saltholdighet. Dette vannet holder en temperatur på over 10°C. Det er godt utluftet så det er overmettet med oksygen (surstoff), og næringssaltene (fosfat, PO_4-P) er på det nærmeste oppbrukt i produksjonen.

Overflatelaget er skilt fra de underliggende

vannmasser ved et sprangskikt. Over eggakanten til Nordsjøplatået ligger en kjerne av atlantisk vann som er saltare og varmere enn vannmassene i tilsvarende dyp lengre inne ved kysten. Den har en relativt høy oksygenprosent og et lavt innhold av næringssalter. Figur 2 viser også blandingen mellom denne vannmassen og vannet ved kysten uttrykt i prosent av det salteste (ekstremt) atlantiske vann. Overgangen finner en 20–30 nautiske mil fra kysten. Den er forholdsvis markert og antyder at de to omtalte vannmassene er relativt nylig kommet i kontakt med hverandre og har hatt liten tid til å blandes. Man kunne kalle den nevnte kjerne en «ny» vannmasse, d. v. s. den har nylig vært i kontakt med luften og er derfor relativt mettet med oksygen. Dette vannet er tyngre enn vannmassen i overflatelaget i hele det undersøkte område og vil derfor være dekket av dette. I sommerhalvåret er stabiliteten i sprangskiktet stor. Den vertikale blanding mellom vannmassene over og under

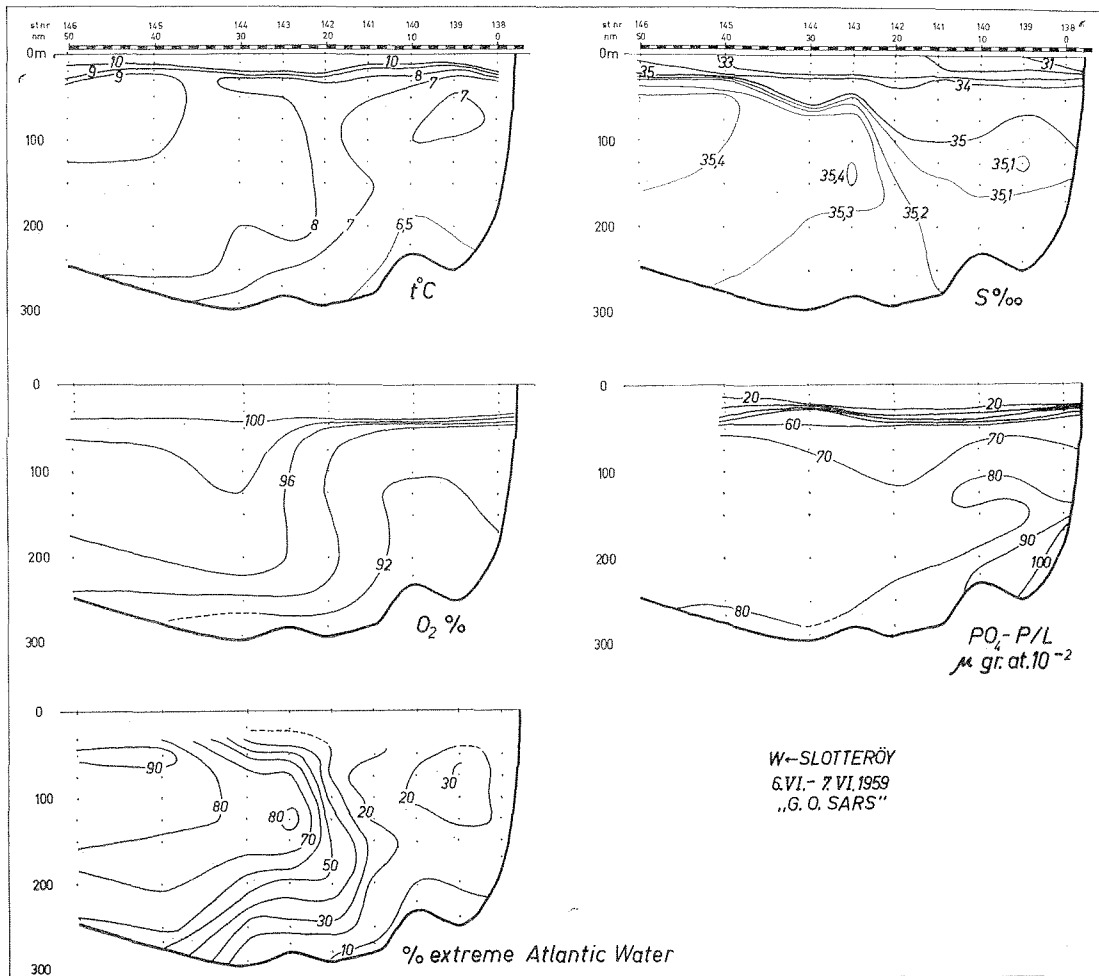


Fig. 2. Snitt fra Slåtterøy mot vest. $t^{\circ}C$: temperatur, $S^{\text{‰}}$: saltholdighet, $O_2\%$: oksygen (surstoff) prosent, PO_4-P/L : fosfat, % "extreme Atlantic Water": blandingsforhold mellom opprinnelig atlantisk vann og vannmassene ved kysten.

dette skiktet er derfor liten og tilførselen av oksygen til de dypere vannlag vil være mindre enn forbruket, så oksygeninnholdet vil etter hvert avta. Samtidig øker innholdet av næringssalter på grunn av nedbrytning av organismene. Man kommer etter hvert over i det man kunne kalle «gammelt» vann som i dette snittet (fig. 2) er funnet lengre inne ved kysten.

Kjernen av atlantisk vann kan følges langs vest- og sydsiden av Norskerenna inn i Skagerak (fig. 3). På grunn av blanding med andre vannmasser har saltholdigheten i kjernen avtatt med ca. 0,2 ‰. Man finner ellers i hovedtrekkene de samme forhold som i snittet utenfor Vestlandet (fig. 2).

Vannmasser i dette område med saltholdighet henholdsvis 34–35 ‰ og over 35 ‰ kalles Nordsjøvann og Atlanterhavsvann etter den geografiske opprinnelse. Den øverstliggende grense for Nordsjøvann lå i hele det undersøkte området like under sprangskiktet og figur 4 viser den gjennomsnittlige saltholdighet av de to vannmassene ned til 250 m eller bunnen. Figuren viser også hovedtrekk av den horisontale fordeling av ekstremt atlantisk

vann. Saltholdigheten viser en tungeformet, eller jetformet fordeling med akse langs vest- og sydsiden av Norskerenna. En tunge peker sydover inn i Kattegat, mens en annen svinger nordover mot norskekysten i det indre Skagerak. På samme måte svinger en tunge av 30–50 ‰ ekstremt atlantisk vann nordover langs eggakanten i det indre av Skagerak og fortsetter vestover langs norskekysten. Den generelle bevegelsesretning av vannmassene under sprangskiktet er antydnet med piler (fig. 4).

Vi skjønner nå bedre utbredelsen av og forbindelsen mellom «nytt» og «gammelt» vann. Det «nye» vannet som er identisk med den salteste vannmassen beveger seg langs vest- og sydsiden av Norskerenna inn i Skagerak. En mindre del fortsetter langs bunnen inn i Kattegat, mens mesteparten svinger nordover langs eggakanten utenfor svenskekysten og fortsetter videre parallelt med norskekysten (den norske kyststrømmen). Under denne bevegelse tapes etter hvert den opprinnelig karakter: saltholdigheten avtar, oksygenprosenten minsker og innholdet av næringssalter øker. Vannet er blitt det vi har kalt for «gammelt».

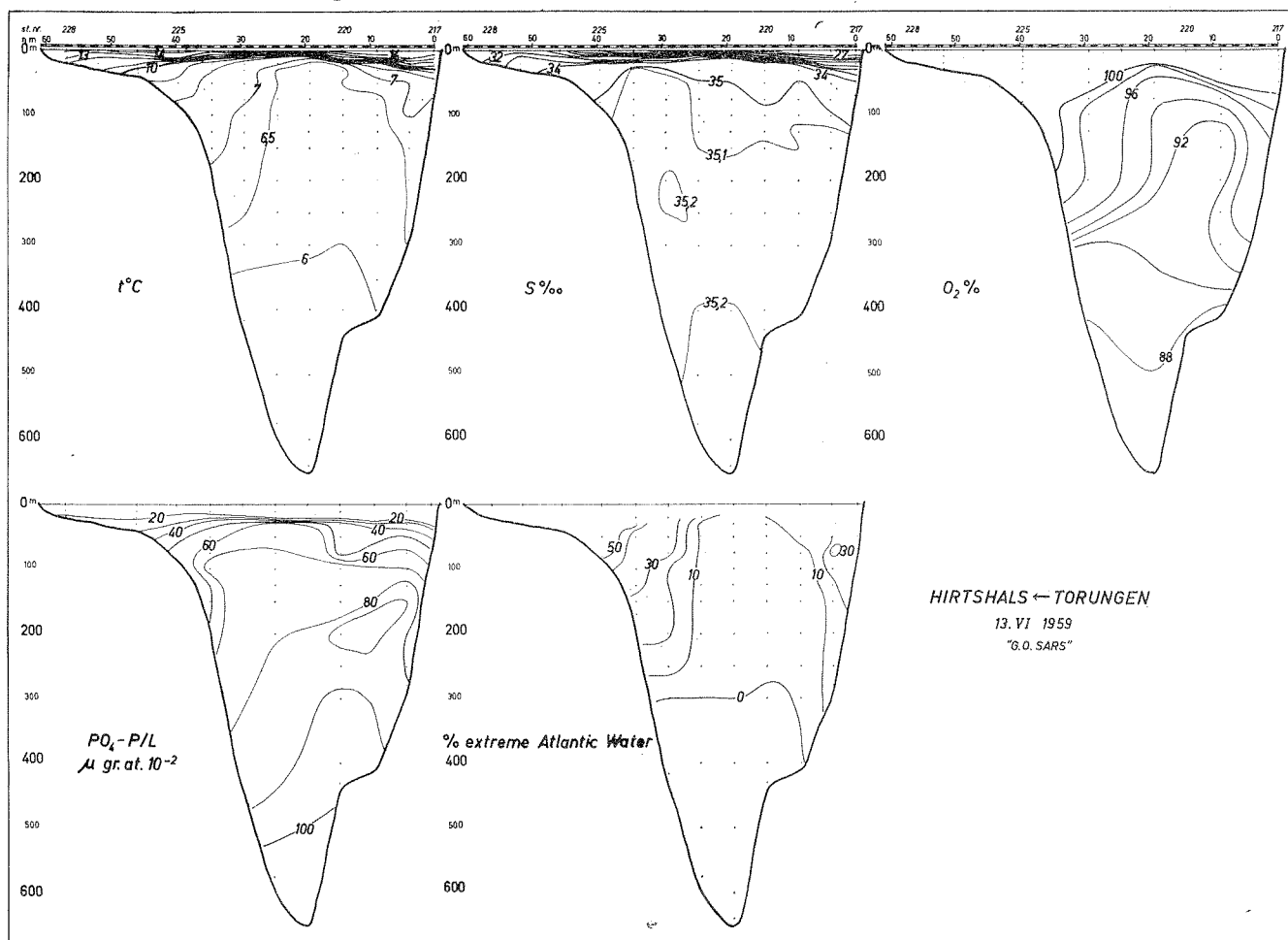


Fig. 3. Snitt Torungen (Arendal) — Hirtshals (Danmark). For øvrig samme tekst som for Fig. 2.

Figur 5 viser temperatur og saltholdighet i de samme snittene i 1960. Hovedtrekkene er de samme som i 1959, men enkelte detaljer er forskjellige. Overflatelaget utenfor Slotterøy var således meget saltere i 1960 enn i 1959, mens vannmassene dypere nede var kaldere og mindre salte i 1960. Det siste er også tilfelle i snittet Torungen—Hirtshals. En vesentlig del av Atlanterhavsvannet er fortrent til fordel for Nordsjøvannet.

Fra undersøkelsene i 1961 er tatt med et snitt fra Jærens Rev mot sydvest (fig. 6). Man finner også her en kjerne av atlantisk vann over eggakanten. Saltholdigheten og temperaturen i denne kjernen er her i likhet med de andre snittene som er diskutert, høyere enn i tilsvarende dyp nærmere Norskekysten.

På st. 410 i dette snittet ble strømmen målt fra oppankret skip i 10, 50, 75, 100 og 145 m. Stasjonen ligger på selve eggakanten av Nordsjøplataet (fig. 6). En har valgt å fremstille resultatet av disse målingene ved hjelp av et såkalt progressivt vektor-diagram hvor strømpilene er satt etter hverandre (fig. 7). Pilenes retning angir strømmens middelretning i de enkelte klokke-timer og pilenes lengde viser strømmens gjennomsnittshastighet i tilsvarende timer. På grunn av dårlig vær måtte målingene avsluttes etter omlag 18 timer, så en fikk ikke observert strømforholdene gjennom et helt tidevanns-

døgn. Det er imidlertid tydelig at strømmen i dydene 50—145 m gjennomsnittlig går mot syd eller litt øst for syd. I den første 12 timers perioden, kl. 05—17, (omlag $\frac{1}{2}$ tidevannsdøgn) var resultatet av strømmen i 10 m en retning lik 170° med hastighet 10 cm/sek., i 75 m retningen 160° med 10 cm/sek., i 100 m retningen 170° med 14 cm/sek. og i 145 m, 5 m over bunnen, retningen 160° med 15 cm/sek. I alle disse dypene var saltholdigheten over 35,30 ‰. I 10 m var resultatshastigheten i tilsvarende periode 13 cm/sek. og retningen mot SØ. I dette dypet kommer også tidevannsbevegelsen tydeligere fram.

Eggvin (1940) fant en tilsvarende fordeling av vannmassene i et snitt utenfor Jæren i 1935. Han har ved dynamisk beregning påvist en sydgående strømkomponent i den østre delen av kjernen av atlantisk vann. Den relative strømkomponent i resten av kjernen var nordgående. De beregnede hastigheter var meget mindre enn de vi observerte i 1961, særlig ved bunnen.

Den fordeling og bevegelse av Nordsjø- og Atlanterhavsvann som her er vist er også i god overensstemmelse med resultatene av tidligere undersøkelser (f. eks. Helland-Hansen 1907 og Krauss 1956).

Bevegelsen av de dypere liggende vannmassene influerer sterkt på forholdene i overflatelagene.

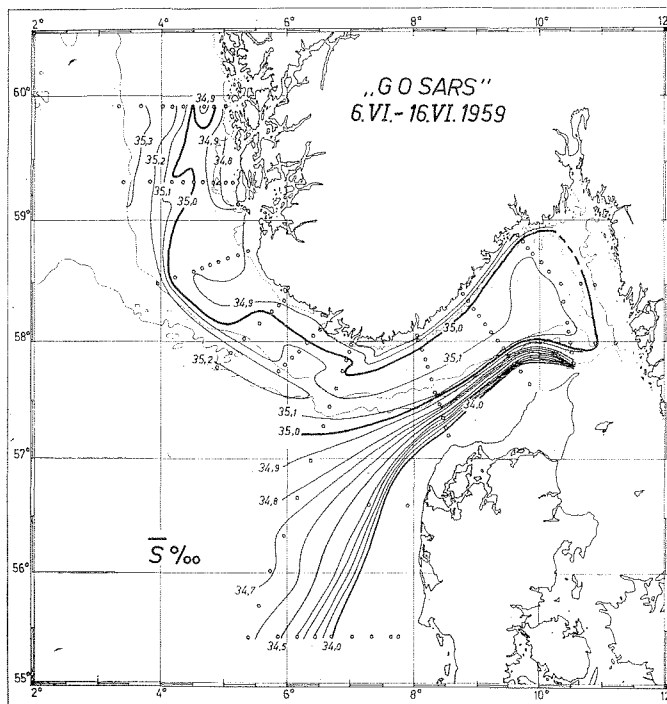


Fig. 4 a. Gjennomsnittlig saltholdighet av atlantisk vann og nordsjøvann (se teksten) (til venstre).

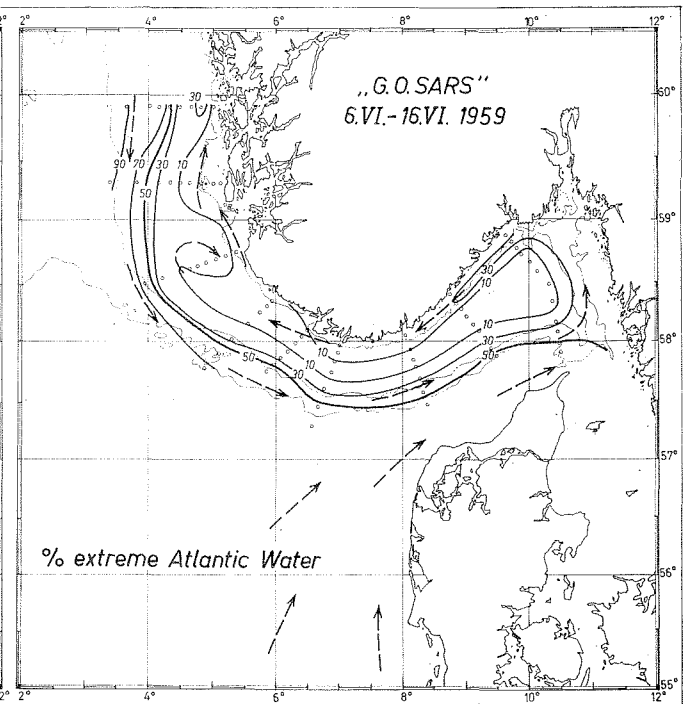


Fig. 4 b. Blandingsforholdet mellom opprinnelig atlantisk vann og vannmassene ved kysten i prosent av det atlantiske vann. Pilene; strømrretning.

Overflatestrømmen er imidlertid i hele det undersøkte område meget mer komplisert enn det som er vist her. Tait (1937) har ved hjelp av strømflasker funnet at overflatebevegelsen er karakterisert ved en rekke hvirvler. For å skaffe flere opplysninger om bevegelsen av disse vannmasser, spesielt i Skagerak, ble det på toktene i 1960 og 1961 kastet ut en del strømflasker (fig. 8 og 9). «Gjengfangsten» for de to årene var henholdsvis 80 % og 68 %. Der ble kastet fem flasker på hver posisjon.

En del usikkerhetsmomenter knytter seg alltid til slike eksperimenter. Blant annet er bare start og endepunkt for de enkelte flaskers drift kjent. Alle flaskene er funnet ved land og enkelte av dem kan ha ligget på stranden kortere eller lengre tid før de er blitt oppdaget. Den beregnede driftshastighet er derfor alltid en minimumsverdi.

Vindforholdene er av vesentlig betydning for

driften. I figurene er innsatt et vektordiagram som angir vind-retning og -styrke i perioder på 10 døgner.

Det går fram av figur 8, at de flaskene som ble kastet i Skagerak den 27. juni 1960 en tid var under påvirkning av vind fra NØ og N. At så mange flasker ble gjenfunnet i Jammerbukten på dansk-kysten innen en uke, må dels tilskrives denne vind-effekt. De 10 flaskene som ble kastet 4. juli var under driften opp til Oslofjorden influert av en sydøstlig vind og senere av vekslende vindforhold til de ble funnet på Vestlandet. Fire av fem flasker kastet 5. juli ble funnet omkring Stad. Det er lite sannsynlig at noen av disse har vært innaskjærs før de var på høyde med Florø. Diagram III viser at flaskene den første måneden var utsatt for en svak sydlig og senere vestlig vind.

Fig. 9 viser flaskedrift og vindforhold i 1961. To av de 25 flaskene som ble kastet ut i Skagerak ble

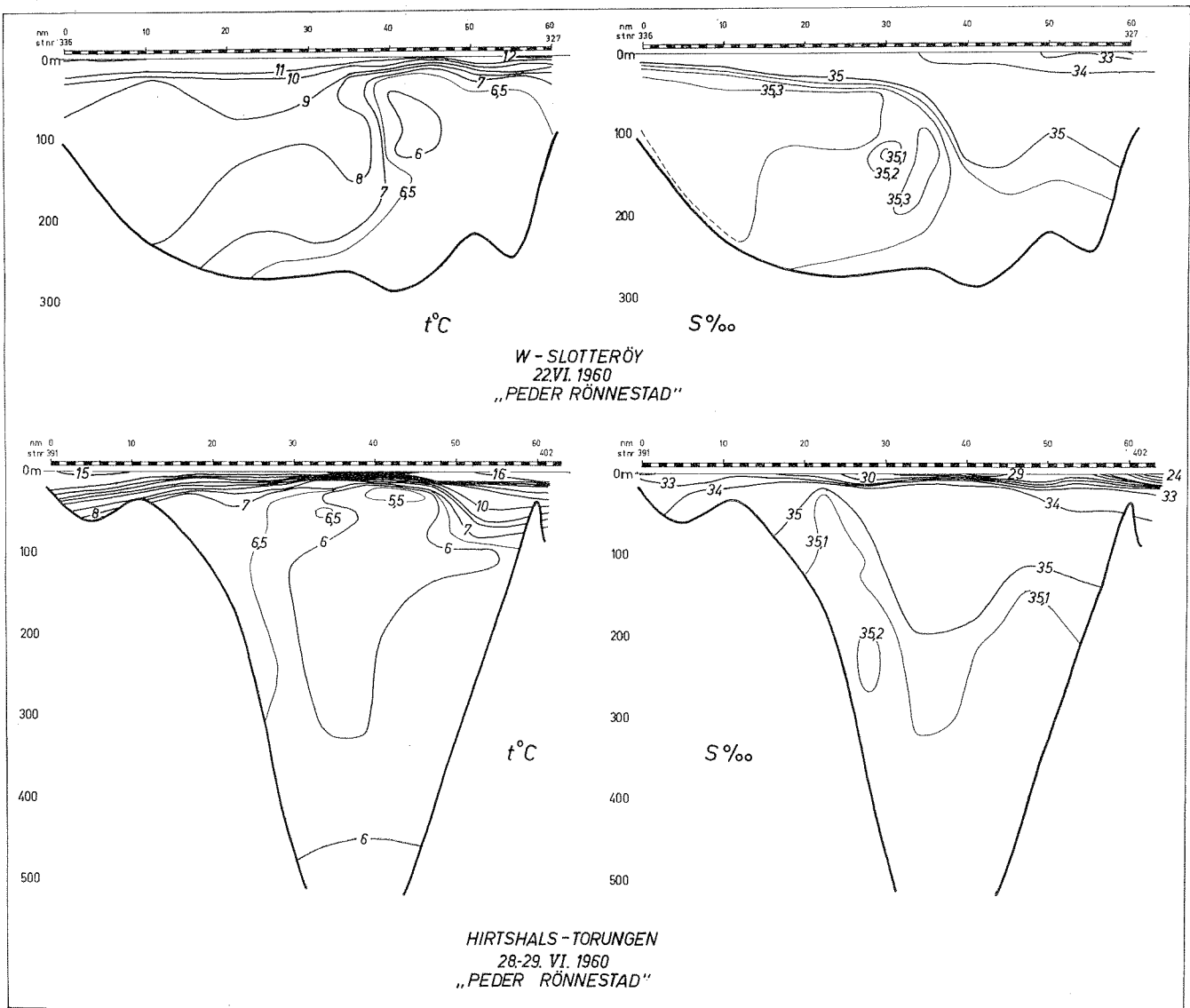


Fig. 5. Temperatur og saltholdighet fra samme lokalitet som vist i Fig. 2 og 3.

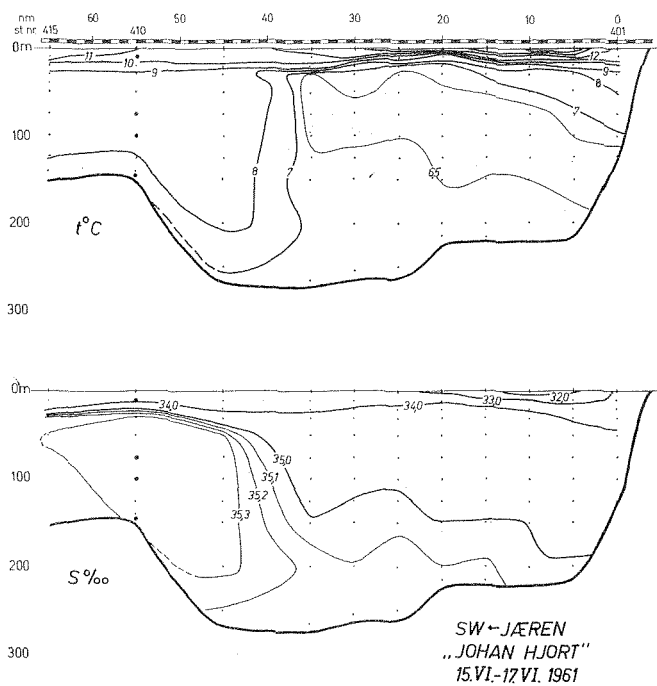


Fig. 6. Temperatur og saltholdighet i et snitt fra Jærens Rev mot sydvest. Uthevede punkter: strømmålingsdyp.

funnet ved norskekysten, mens 15 ble funnet på danske- og svenskekysten, mange etter minst en måneds drift. Hele denne tiden har vindretningen vært omkring vest. Fire av flaskene kastet den 18. juni på 57° N ble funnet etter 10–16 dagers drift ved innløpet til Kattegat. En av flaskene utsatt på strømmålingsstasjonen (se fig. 6) den 14. juni ble etter 11 dagers drift funnet på Jæren og to andre ved den svenske vestkyst etter 65 og 111 dager.

For seg står driften av flaskene kastet den 19. juni vest av Danmark på 55°30 N. Samtlige av de returnerte flaskene ble funnet omkring Esbjerg etter 11–87 dager. Vindretningen har her vært fra WNW. Denne driften er for øvrig i god overensstemmelse med det Tait (1937) fant for dette området.

Strømflaskeeksperimentene er foretatt i et gunstig område og til en gunstig årstid. Særlig langs Skagerakkysten må en regne med at der om sommeren er mange mennesker. Flaskene oppdages lett på stranden og blir tatt vare på på grunn av sin vakre utførelse. Dette vitner også den høye gjenfangstprosent om. En må derfor kunne gå ut fra at de aller fleste flaskene er funnet umiddelbart etter at de har nådd stranden. De angitte driftsdøgn skulle derfor være noenlunde riktige.

En sikker konklusjon om overflatebevegelsen ved hjelp av slike undersøkelser må alltid bygge på et stort erfaringsmateriale, og flaskedriften må prøves under de mest forskjellige vindforhold. Eksperi-

mentet må derfor fortsettes ennå en tid før overflatestrømmen kan sies å være kjent.

Om våren og forsommeren er utstrømningen av saltfattig vann fra Østersjøen størst, og det samme gjelder vannføringen i de elvene som munner ut i Skagerak. Denne relativt store mengde av saltfattige og ferske vannmengder sprer seg utover hele området og blander seg med de andre vannmassene i overflatelaget. Saltholdighetsgradienten i sprangskiktet vil dermed forsterkes. Dypet ned til dette skiktet varierer stort sett mellom 10 og 35 m er er størst ved kystene og minst i et lite område midt i Skagerak. (Dietrich 1950). Dette betyr at vannmassene under sprangskiktet stiger høyest opp mot overflaten her. Vi vet at strømretningen i overflaten og de dypere liggende vannlag er den samme og at hastigheten er størst i overflatelaget. Betingelsen for denne fordeling av dypvannet er da at der er en syklonisk (mot urviseren) hvirvelbevegelse til stede. Den slutning man kan trekke om over-

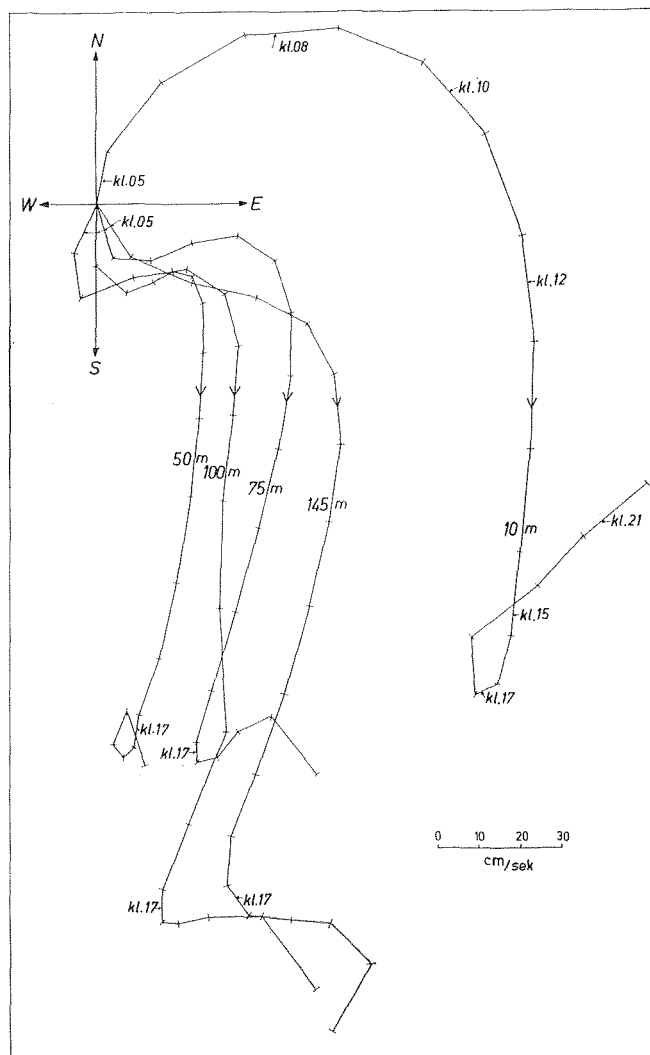


Fig. 7. Strømmens retning og styrke på st. 410, Fig. 6.

flatedriften på grunnlag av strømflaskeeksperimentene, særlig i 1961, er således i god overensstemmelse med betingelsen for dynamisk likevekt ved den av brislingstammen i fjordene på Vestlandet fra Dietrich (1950).

Fordeling av brisling-egg og yngel

Ifølge hevdvunnen teori rekrutteres hovedmengden fordeling av vannmassene som er funnet av gytefelter i Skagerak og Kattegat. Den vesentligste gyting foregår i mai–juni og eggene og yngelen i dens første levetid, driver passivt med strømmen. Den spesifikke vekt av brislingegg varierer innen vide grenser (Høglund 1934), men det er en erfaring at både eggene og yngelen, før den har fått egenbevegelse av betydning, for det meste finnes i de øverste 50 m, sannsynligvis over det nevnte sprangskikt.

Brislingundersøkelsene i Skagerak og utenfor

Vestlandet har foregått en rekke år. Et skjematisk bilde av den normale fordeling av egg og yngel man er kommet til, er representert ved fig. 10 og 11. Detaljene i dette bildet forandres selvfølgelig fra år, og også gjennom en sesong, men det er karakteristisk at man bare sporadisk finner egg og yngel vestenfor Lista, selv om undersøkelsene hver sommer er blitt gjentatt med ca. 1 ukers mellomrom gjennom 1–1½ måned.

Hovedgytingen foregår normalt i Kattegat og den sydøstlige del av Skagerak (Høglund 1938). En vesentlig gyting finner også sted i det norske kystfarvann østenfor Kristiansand (Dannevig 1954). En ved at eggene ved normal sommertemperatur klekkes etter 4 dager og at blommesekken er oppbrukt etter ca. 8 dager. I analogi med andre sildefisker må en anta at det meste av brislingyngelen vil kunne unngå vanlig planktonhåv når den er 15–20 mm. Videre må en anta at yngelen bruker minst en måned på å nå denne lengde. Regner en med en gjennomsnittshastighet på ½ knob i de øverste vannlag langs Skagerakkysten og vestkysten av Norge, skulle yngelen som stammer fra det norske kystfarvann kunne være på høyde med Karmøy etter ca. 15 dager dersom driften hadde foregått langs den korteste ruten. Yngelen som stammer fra Kattegat og den sydøstlige delen av Skagerak ville under tilsvarende betingelser brukt 20–25 dager. Etter 15–25 dagers drift skulle yngelen normalt ikke være større enn at den lett lot seg fange med håven. Sett i relasjon til konsentrasjonen av egg og yngel i Skagerak og Kattegat måtte en derfor vente å finne mer yngel utenfor Vestlandet enn tilfelle har vært siden undersøkelsen tok til i 1952. Når dette ikke er så, kan forklaringen være at de før nevnte strømforhold i overflatelaget i Skagerak tvinger den vesentligste mengden av yngelen til å bli værende i dette område så lenge at den har fått egenbevegelse stor nok til å unngå håven når den omsider er kommet utenfor Vestlandet. For å få større klarhet i dette forhold har man nå ved Havforskningsinstituttet tatt i bruk også andre fangstredskaper for yngel.

Summary

Since 1959 the Norwegian sprat investigations have been considerably intensified. In this connection extensive hydrographical investigations have also been carried out.

In this paper an account is given of the distribution and movement of the different water masses in the area shown in Fig. 1. The distribution of sprat

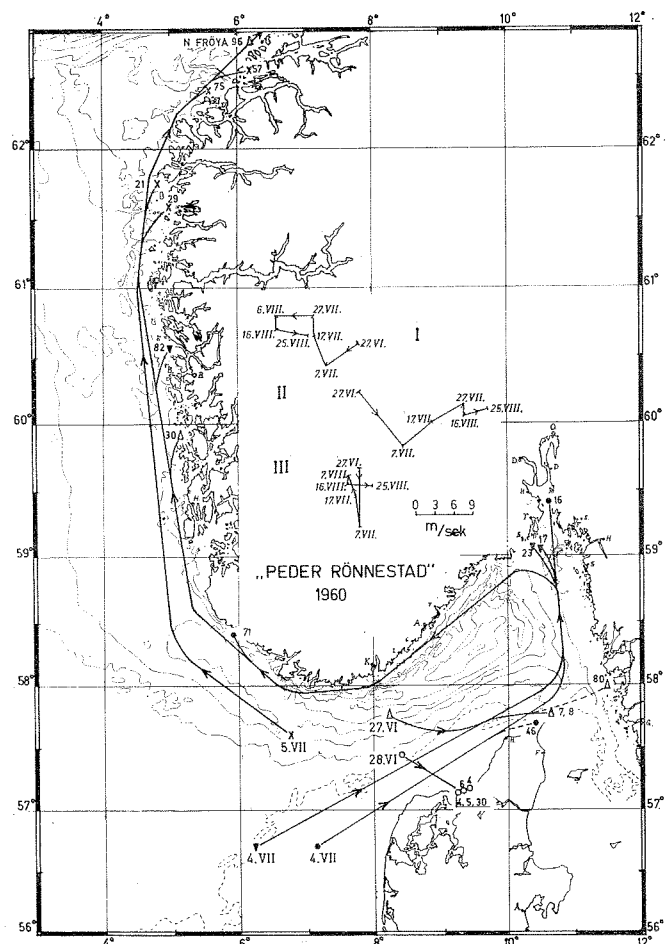


Fig. 8. Strømflaskedrift i 1960. Dato og posisjon for flaskedropp angitt (eks.: × 25. VI). Tallene ved finnerstedene angir antall dagers drift. Innsatt vektordiagram: den geostrofiske vinds retning og styrke. Sone I: Skagerak nordenfor 56°30' N og østenfor 8° E. Sone II: Den østlige del av Nordsjøen syd for 56°30' N. E. Sone III: Norske kystfarvann og Nordsjøen nord for 56°30' N og vest for 8° E.

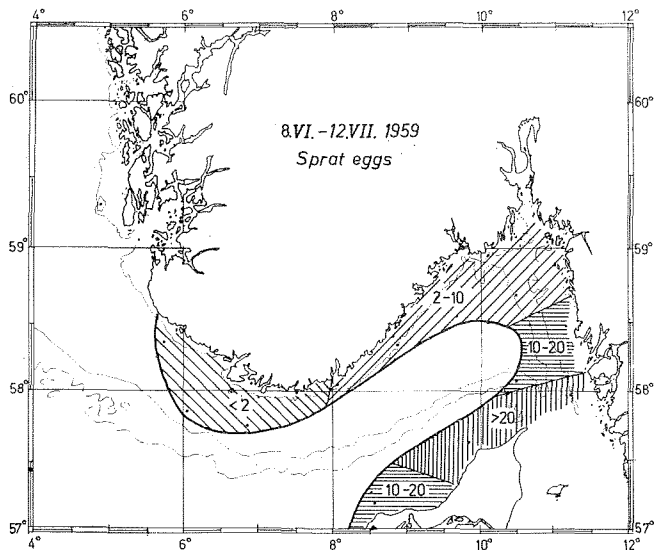


Fig. 10. Fordeling av brislingegg. Antall egg pr. vertikaltrekk med egghåv.

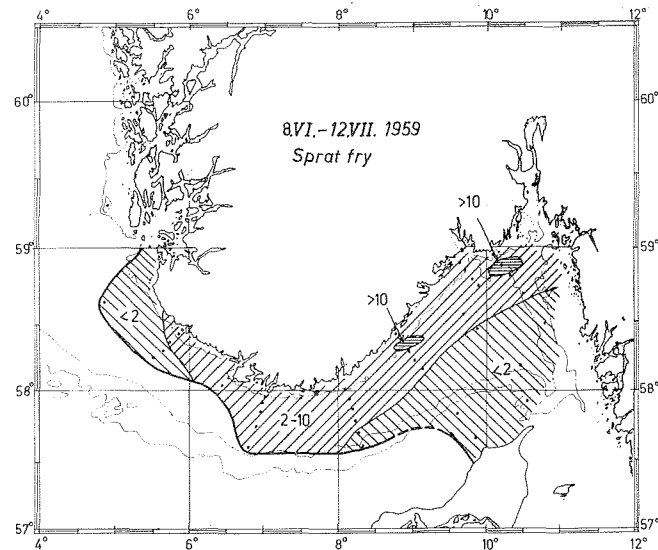


Fig. 10. Fordeling av brislingyngel. Antall yngel pr. vertikaltrekk med egghåv.

rak. The present author is of the opinion that because of the cyclonic vortex mentioned above, the larvae are forced to remain in the Skagerrak for a relatively long period. When they finally are carried to the area off western Norway, they have grown large enough to avoid the plankton nets used.

Litteratur

- Dannevig, G. 1954: Brislingens gyting. *Fiskeridirektoratets småskrifter* nr. 3: 3-10.
- Dietrich, G. 1950: Die natürlichen Regionen von Nord und Ostsee auf hydrografischer Grundlage. *Kiel. Meeresforsch.* 7 (2): 35-69.

- Eggvin, J. 1940: The movements of a cold water front. *Fiskeridir. Skr. Havundersøk.* 6 (5): 1-151.
- Helland-Hansen, B. 1907: Current measurements in Norwegian Fjords, the Norwegian Sea and the North Sea in 1906. *Bergens Mus. Aarb.* 15: 1-61.
- Høglund, H. 1938: Über die horizontale und vertikale Verteilung der Eier und Larven des Spratts (*Clupea sprattus* L.) im Skagerak-Kattegatgebiete. *Svenska hydrogr.-biol. Komm. Skr. Ny serie Biologi* 2 (3): 1-40.
- Krauss, W. 1958: Hydrographic Conditions in the Northern North Sea and in the Norwegian Rinne, *Ann. biol.* 18: 66-68.
- Tait, J. B. 1937: The Surface Water Drift in the Northern and Middle Areas of the North Sea and in the Faroe-Shetland Channel, *Fisheries, Scotland, Sci. Invest.* 1: 1-60.