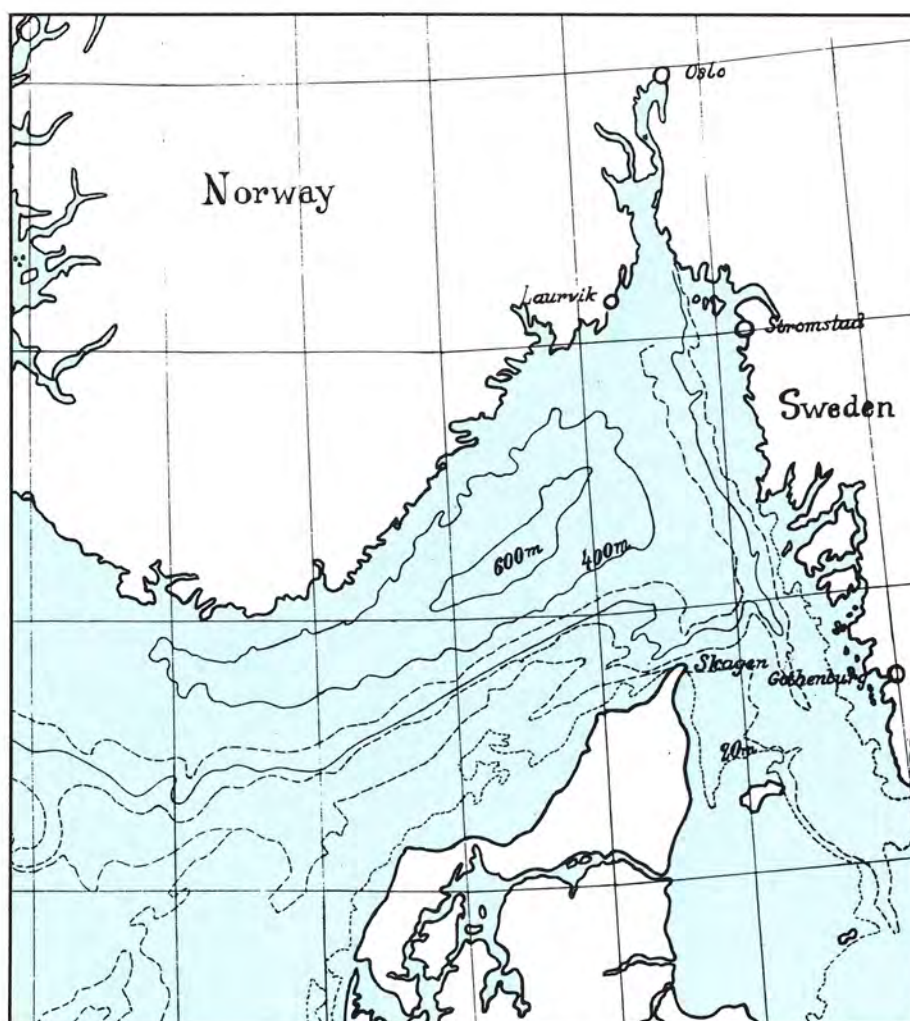
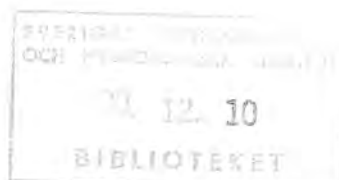




SKAGERRAK

- porten mot Nordsjön



SKAGERRAK - porten mot Nordsjön

Stig H Fonselius

Innehåll

Sida

4	Förord
5	Gränser och topografi
7	Vattenbalans
10	Vattnets cirkulation
12	Vågor
13	Vattnets skiktning
14	Salthalts- och temperaturfördelning
16	Syreförhållanden
17	Närsaltsförhållanden
21	De hydrografiska förhållandena i några viktiga fjordar
	-Oslofjorden
23	-Idefjorden
25	-Gullmarsfjorden
28	-Uddevallafjordarna
29	Litteratur

Skagerrak - porten mot Nordsjön

Förord

Giftig algblomning, säldöd och påverkan från Nordsjön har ökat oron men också riskerna för Skagerrak.

Skagerrak är det minst undersökta av våra havsområden. Kustområdena, och i synnerhet fjordarna, har ägnats mycket intresse, men de hydrografiska förhållandena

i öppna Skagerrak har ansetts vara oceaniska och Skagerrak har inte trots vara utsatt för föroreningar eller eutrofiering.

Som en inledning till en ökande undersökning och övervakning av Skagerraks miljöförhållanden presenteras här en sammanfattning av Skagerraks hydrografi.

Gränser och topografi

Skagerrak utgör Nordsjöns förbindelse med Baltiska havet och räknas som en del av Nordsjön, medan Kattegatt anses höra till Östersjön och ingår i begreppet *Baltiska havet*. Fig. 1 visar en karta över Skagerrak.

Gränsen mellan själva Nordsjön och Skagerrak går från Hanstholm på Jylland till Lindesnes på Norges sydkust. Skagerraks yta är 32 300 km², volymen är 6780 km³ och medeldjupet 210 m.

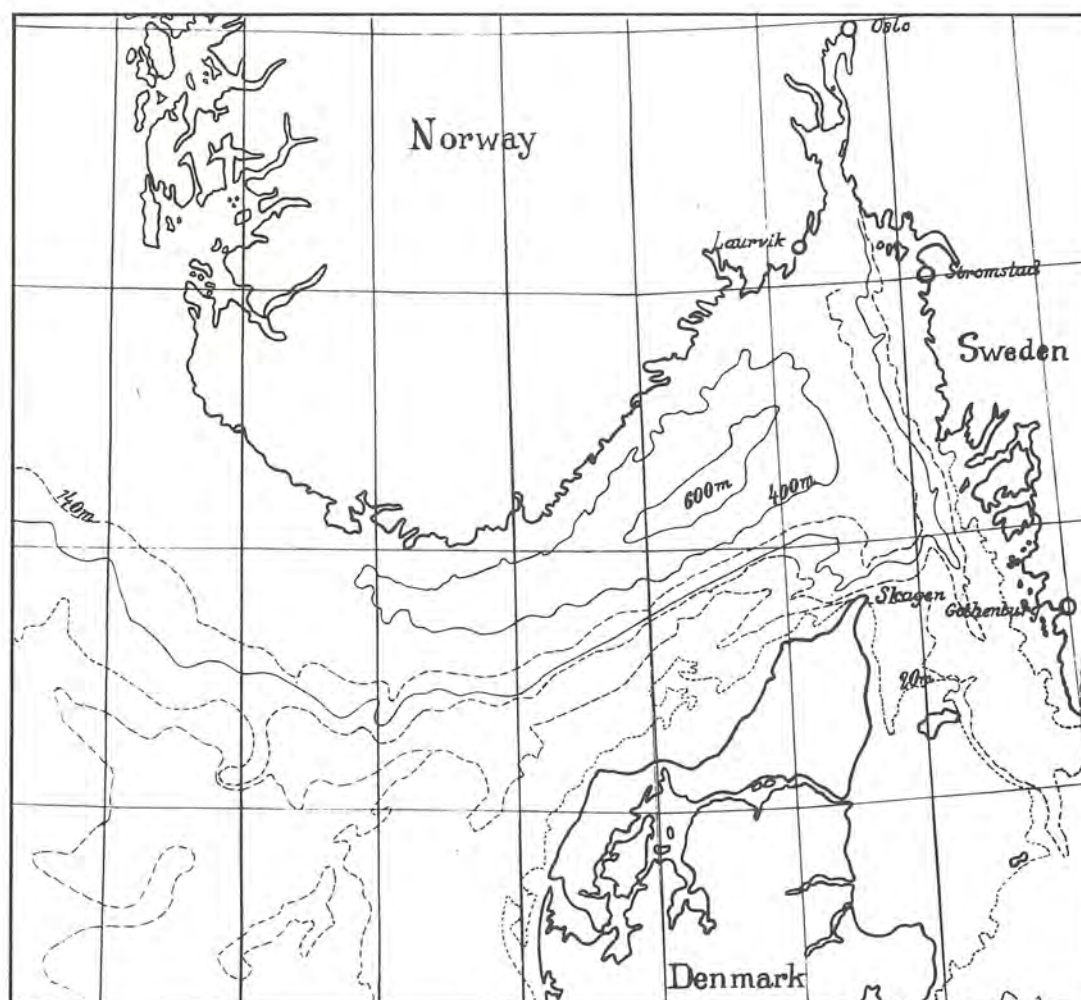


Fig 1. Karta som visar djupen i östra Nordsjön och i Skagerrak.

Det relativt stora medeldjupet beror på *Norska rännan*, som följer den norska kusten och djupnar in mot Skagerrak. Norska rännan når sitt största djup, ungefär 700 m, omkring 60 sm rakt västerut från Lysekil. Tröskeln (den djupaste förbindelsen) mellan Norska rännan och dess fortsättning norrut i Norska havet, är 270 m och ligger utanför Utsira.

Österut sträcker sig Norska rännan till närheten av den svenska kusten och fortsätter längs denna söderut och övergår i Kattegatt i *Djupa rännan*.

Med undantag av tröskeln i Norska rännan, kan man inte urskilja någon direkt hydrografisk gräns mellan Skagerrak och Nordsjön. Gränsen mellan Skagerrak och Kattegatt brukar dras från Skagens rev till Paternosters fyr.

Inom Helsingforskommissionen dras dock gränsen från Skagen längs latituden 57° 44' 8" N. Här kommer dock den förstnämnda gränsen att tillämpas, eftersom Skagerraks yta och volym beräknats med användning av denna.

Vid de norska och svenska kusterna finns det djupa fjordar, som sträcker sig långt in i landet. Den största är *Oslofjorden*.

Idefjorden utgör gräns mellan Norge och Sverige. Den viktigaste svenska fjorden är *Gullmarsfjorden*.

Söder om Gullmarsfjorden finns det ett helt system av fjordar mellan fastlandet och öarna Orust och Tjörn. Detta fjordsystem kallas *Uddevallafjordarna*. I verkligheten är det dock inte fråga om riktiga fjordar, det är ett system av öppna fjärdar förbundna med varandra genom smalare sund. Fjordar är dock det vedertagna namnet för dessa vatten.

En typisk fjord är relativt djup, men har en grundare tröskel vid mynningen. Vanligtvis rinner en älv eller å ut i fjordens innersta del. Oslofjorden, Idefjorden och Gullmarsfjorden är typiska tröskelfjordar. Oslofjorden har i sin innersta del en tröskel vid Drøbak. Denna tröskel är 20 m djup. Maximidjupet innanför tröskeln är 164 m. I Idefjorden är tröskeldjupet 9 m och maximidjupet innanför tröskeln 42 m. Gullmarsfjordens tröskeldjup är 38 m och maximidjupet 119 m.

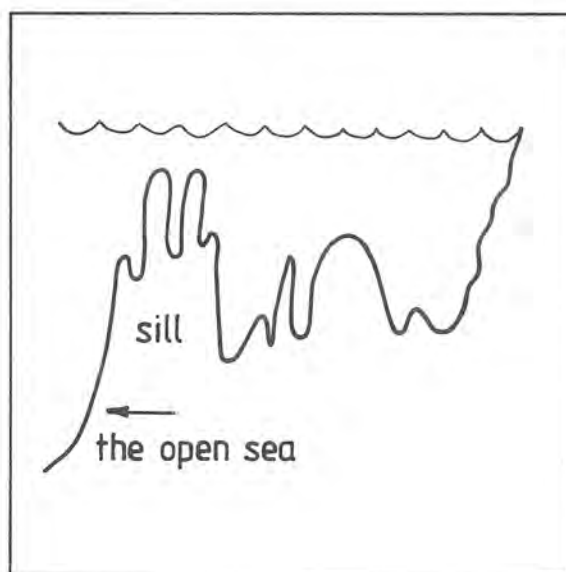


Fig 2. En typisk fjord

Skagerrak är det minst undersökta av våra havsområden. Kustområdena och i synnerhet fjordarna har ägnats mycket intresse, men de hydrografiska förhållandena i öppna Skagerrak har ansetts vara oceaniska och Skagerrak har inte trots vara utsatt för föroreningar eller eutrofiering.

Vattenbalans

Det är svårt att i litteraturen hitta några uppgifter om avdunstningen över Skagerraks yta. I det följande har jag med hjälp av uppgifter från norska, danska och svenska hydrologiska kuststationer försökt uppskatta avdunstningen.

Årsnederbörden uppges vara 700 mm (Grimås and Svansson 1985). Detta motsvarar ungefär 23 km^3 . Tillrinningen av älvvatten har beräknats av Svansson (1975). Tabell I visar de olika älvarnas medelvattenföring.

TABELL 1 Älvar som rinner ut i Skagerrak

<u>Namn</u>	<u>Avrinningsområde km^2</u>	<u>Vattenföring m^3/s</u>
Örekilsälven	1327	21.0
Övriga svenska älvar	1543	24.0
Tista	1550	23.7
Glomma	41284	708.0
Mosseelv	690	10.7
Dramselv	16020	313.0
Numedalslågen	5513	115.7
Skienselv	9975	298.0
Toke	1168	33.0
Vegårdselv	491	15.6
Nidelv	3907	124.5
Tordalselv	1700	63.1
Otra	3539	149.0
Mandalselv	1746	87.0
Övriga norska älvar	11717	249.0
Summa	102870	2245.3

Älvvattentillförseln till Skagerrak 1911-1950 : $2245.3 \text{ m}^3/\text{s} = 71 \text{ km}^3/\text{år}$

Tabell 2 visar vattenbalansen för Skagerrak.

TABELL 2

<u>Tillförsel</u>	<u>$\text{km}^3/\text{år}$</u>	<u>Bortförsel</u>	<u>$\text{km}^3/\text{år}$</u>
Sötvatten Från Kattegat	515	Avdunstning	13
Nederbörd	23		
Flodvatten	71		
Summa	609		13

Till Nordsjön bortföres då: $609 - 13 = 596 \text{ km}^3/\text{år}$

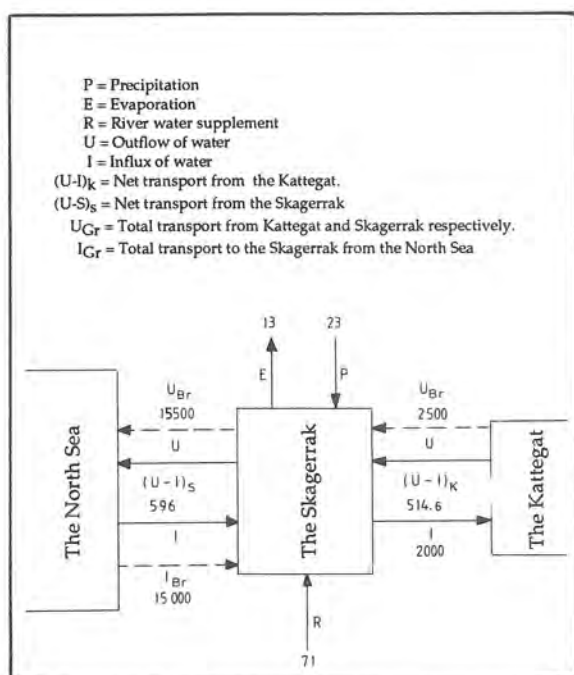


Fig 3. Blockdiagram som visar vattenbalansen i Skagerrak

Fig. 3 visar ett blockdiagram för vattenbalansen i Skagerrak. Nettotillskottet av sötvatten från Kattegatt är 514,6 km³/år. Detta är naturligtvis uppblandat med saltvatten och härstammar delvis från Östersjön och delvis från älvar och nederbörd i Kattegatt.

En djupström av skagerrakvatten till Kattegatt blandas med bräckvatten, som i ytlagret flyter ut från Östersjön. Därvid bildas en ytström av omkring 2500 km³/år av s.k. Baltiskt (brack-)vatten från Kattegatt. Denna ström, som kallas den "Baltiska strömmen", fortsätter längs den svenska kusten norrut och övergår vid den norska kusten i den "Norska kustströmmen". Denna får ett tillskott av sötvatten främst från Glomma och Dramselv och fortsätter ut i Norska havet som en rätt smal kustström.

Vanligtvis använder man namnet Baltiska strömmen för hela systemet och jag kommer i fortsättningen att använda detta uttryck. Den Baltiska strömmen ligger över en mycket större vattentransport av minst 15 000 km³/år som huvudsakligen kommer från tre riktningar:

- a) från Engelska kanalen, som en ytström gående längs Danmarks västkust. Denna ström kallas den "Jutska strömmen".
- b) från Orkney-Shetlandsområdet, strömmande mer eller mindre österut, och
- c) från den yttre delen av Norska rännan i form av en djupström. Grovt taget kan man säga att den största delen av det vatten som kommer in i Nordsjön, åter lämnar den via Skagerrak. Fig. 4 visar ytströmmarna i Skagerrak enligt Svansson (1975).

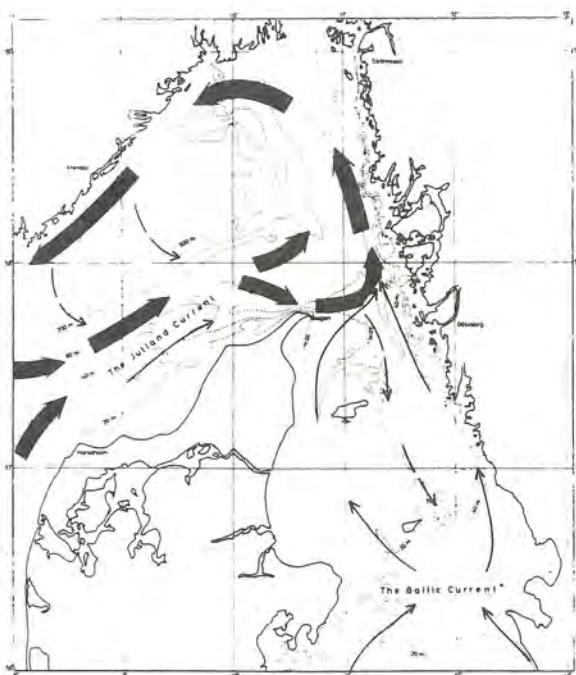


Fig 4. Ytströmmarna i Skagerrak enligt Svansson (1975).

Totaltransporterna blir då 15 000 km³ in från Nordsjön och 2 500 km³/år in från Kattegatt, varav omkring 2000 km³ återvänder och hela uttransporten blir då 15 500 km³/år. Omsättningstiden för Skagerraks vatten har beräknats vara några få veckor i områden med starka strömmar och något längre i kustområden och vattnet under 270 m djup i Norska rännan (Grimås and Svansson 1985). Rodhe (1987) anger uppehållstiden för Skagerraks vatten till omkring 100 dygn.

Fig. 5 visar ett tvärsnitt genom Skagerrak från Norge till Danmark demonstrerande strömförhållandena (Rodhe 1987). Vi kan se den Baltiska strömmen i ytvattnet vid Norges kust som en utgående ström. Under 270 m nivå finns det också en utström. Inström med maxima i ytan vid den danska kusten (Jutlandsströmmen) och under 270 m nivå visar på en motsols-cirkulation både i ytan och i djupvattnet.

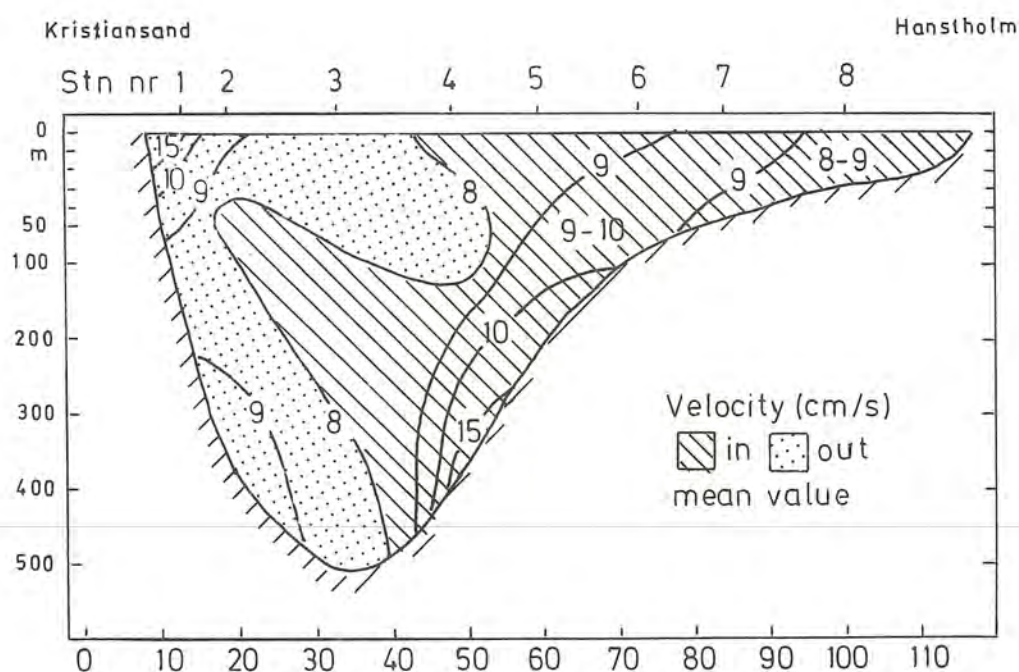


Fig 5. Tvärsnitt genom Skagerrak visande in- och utström enligt Rodhe (1987).

Vattnets cirkulation

Liksom i de flesta havsområdena, är ytströmmarna i Skagerrak kraftigt beroende av vinden, men det finns en permanent cirkulation där kärnan utgörs av de Baltiska och Jutska strömmarna. På grund av dessa cirkulerar vattnet i Skagerrak motsols. Fig. 6 visar Skagerraks

yticirkulation uppmätt genom s.k. *plastpost*. Denna består av små förseglade plastkuvert innehållande ett numrerat postkort med begäran att upphittaren skickar in kortet till det institut som lagt ut plastkuverten. Upphittaren erhåller en liten belöning.

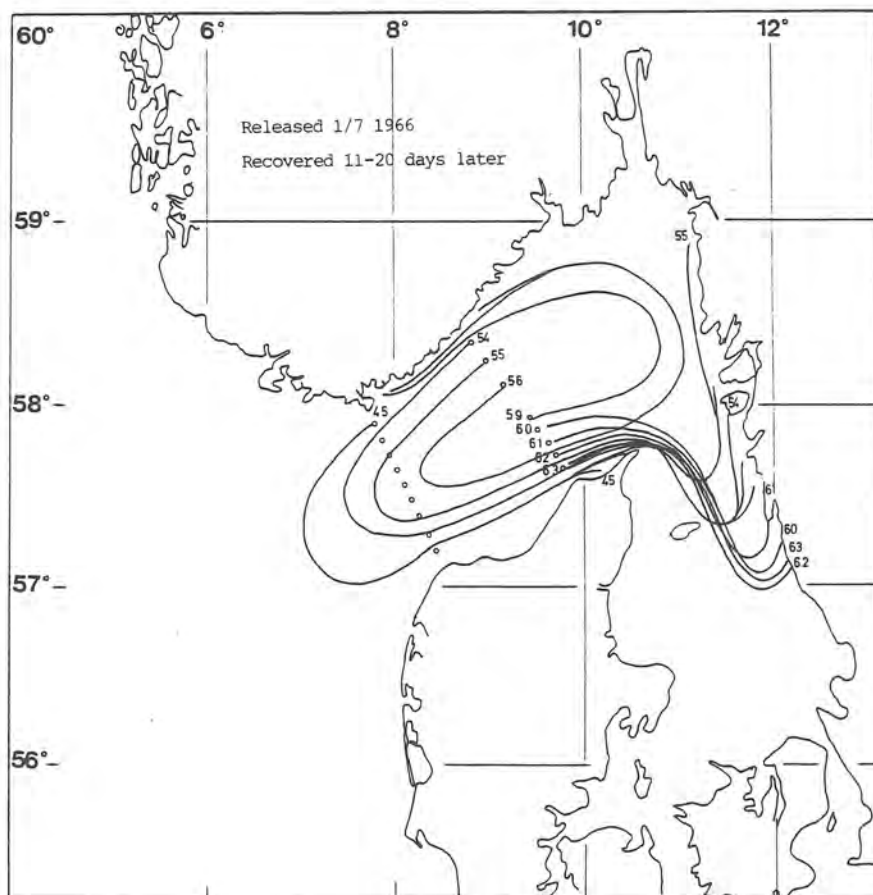


Fig 6. Vattnets cirkulation i Skagerraks ytlager mätt med hjälp av "plastpost" enligt Engström (1967).

Plastkuvertet är med en mässingstråd fäst vid ett litet aluminiumströmkors som hänger omkring 20 cm under kuvertet. Kuvertet innehåller så mycket luft att det hålls flytande i vertikal position.

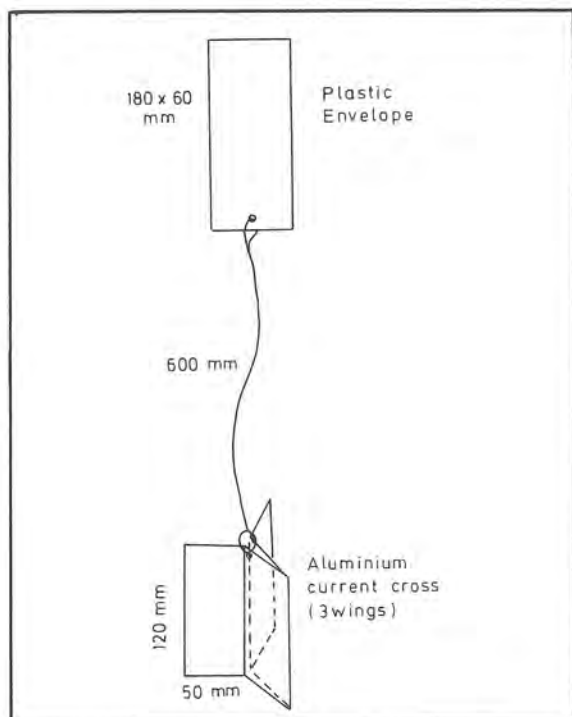


Fig 7. Plastpost.

Plastposten lades ut i en linje tvärs över Skagerrak. Med hjälp av kuvertens spridning kan man få en uppfattning om strömförhållandena. I figuren kan man tydligt se både den Jutska strömmen som vid Skagen tränger in i Kattegatt och den Baltiska strömmen längs de svenska och norska kusterna (Engström 1966).

Motsolscirkulationen åstadkommer en uppvällning av vatten från djupet i den centrala delen av Skagerrak.

Denna uppvällning har uppskattats till omkring $8000 \text{ km}^3/\text{år}$ (Grimås and Svansson 1985).

Normalt följer den Baltiska strömmen den svenska kusten både i Kattegatt och Skagerrak beroende delvis på Corioliskraften, som avlänskar alla rörelser på norra halvklotet till höger, och delvis på de förhärskande syd- västliga vindarna.

Den Baltiska strömmen kan också variera i styrka och vid vissa tillfällen sprida sig över nästan hela Skagerraks yta. Strömmen är starkast några sjömil från land och kan utanför Norges kust gå västerut med mer än 3 knops hastighet. Den kan därvid även gå emot frisk västlig vind och då ge upphov till krabb sjö.

Den Baltiska strömmens vattenmängd är störst under sommaren och minst under vintern. Den förstärks genom tillskott av älvvatten, främst från Göta älv, Glomma och Dramselv.

Den Jutska strömmen får sin lägre salthalt (31-34 PSU) genom tillskott av flodvatten från de stora floder som rinner ut från kontinenten till Nordsjön. Den kan ha en mycket hög hastighet, det är inte ovanligt att strömhastigheter mellan 2 och 3 knop uppmäts.

Den Jutska strömmen kan beroende på vindstyrka och -riktning från Skagen gå åt olika håll. Den kan tränga djupt in i Kattegatt, sätta rakt mot den svenska kusten eller böja av mot nordost mot Väderöarna.

Även djupcirkulationen rör sig motsols (Rodhe 1987).

Vågor

Tidvatten

Tidvattnet är svagt utvecklat i Skagerrak. Detta beror på att tidvattensvågen i Nordsjön på grund av corioloskraften rör sig motsols och är starkast vid den engelska ostkusten.

På grund av bottenfriktionen i den grunda Nordsjön försvagas vågen kontinuerligt. Tidvattensamplituden är därför mycket liten när vågen når gränsområdet mellan Nordsjön och Skagerrak.

Fig. 8 visar tidvattnets fas i timmar och amplituden i cm för den viktigaste tidvattenkomponenten M2 i västerhavet (Svansson 1972). Vid springflod är tidvattnets amplitud vid den svenska kusten omkring 30 cm.

Tidvattensströmmarna är svaga, omkring 1-2 cm/s, utom i trånga sund.

Interna vågor

I gränsskiktet mellan ytvattnet och djupvattnet förekommer *interna vågor*. Dessa bildas i pyknoklinen (se sidan 13). I Skagerrak kan de vara tiotals m höga, men de märks knappast alls i ytan. De observerades för första gången av Otto Pettersson i Gullmarsfjorden genom att haloklinen (se sidan 13) vid Bornö station växelvis steg och sjönk med en amplitud av upp till 20 m.

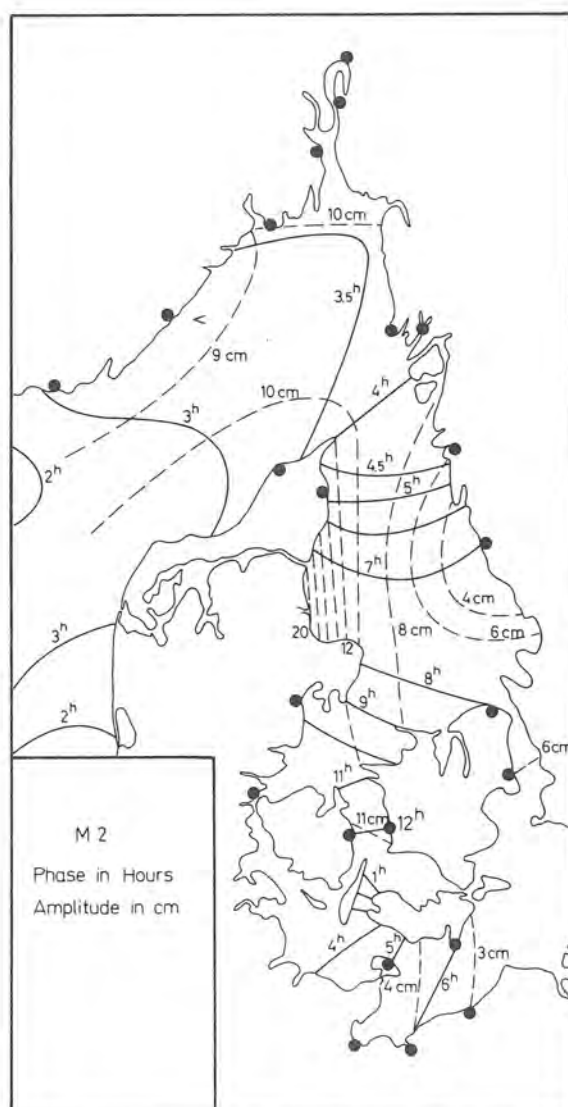


Fig 8. Skagerraks tidvatten.

Vattnets skiktning

Vattnets skiktning beror på densitetskillnader i vertikalled. Vattnet med högre densitet lägger sig under det "lättare" vattnet. Gränsskiktet mellan två sådana lager kallas *densitetssprångskikt* eller *pyknoklin*. I denna ändrar sig vattnets densitet kraftigt inom något tiotal m, d.v.s. språngvis.

Man har i havet två slag av pyknokliner, a) *Salthaltssprångskiktet* eller *haloklinen* och b) *Temperatursprångskiktet* eller *termoklinen*.

Haloklinen i Skagerrak bildas under den Baltiska strömmens brackvatten, som är lättare än Skagerraks djupvatten. Det baltiska vattnet lägger sig därför ovanpå det saltare nordsjövatten. Den Jutiska strömmen bildar också en haloklin. I övriga delar av Skagerrak finns det ingen utpräglad haloklin.

Termoklinen bildas i ytan under våren, då solen värmer upp vattnet. Det varma vattnet får en lägre densitet och kan inte sjunka nedåt. Termoklinen tillväxer under sommaren och början av hösten. Termoklinen kan inte tränga igenom haloklinen i den Baltiska strömmen, men i övriga delar av Skagerrak kan den beroende på sommarens längd och solintensitet växa upp till 30 m tjocklek (se fig 9).

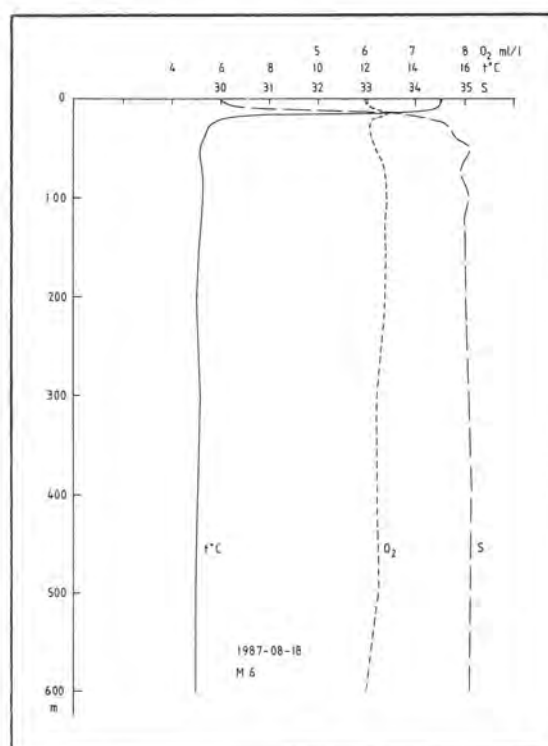


Fig 9. Salthalts- och syrgasfördelningen i station M6 i Skagerrak.

Under hösten börjar ytvattnet att avkylas genom de kalla vindarna. Ytvattnets densitet ökar då och det börjar att sjunka nedåt. Det ersättes då av vatten underifrån. Under vintern försvinner termoklinen helt. Då får vattnet samma temperatur ned till botten eller på de djupare ställena, där haloklinen finns, ned till denna. Detta kallas *vertikal-konvektion*. Under våren börjar termoklinen igen att utvecklas.

Salthalts- och temperaturfördelning

Fig.9 visar vertikalskiktningen i Skagerrak på stationen M6 i Skagerrakdjupet i augusti 1987. Vi kan se ett ungefär 20 m djupt ytskikt med lägre salthalt (30 PSU enheter), hög temperatur (15°) och nästan konstant syrgashalt (6 ml/l). Detta skikt utgörs av baltiskt vatten med lägre densitet. Under ytskiktet är vattnet homogent med praktiskt taget konstant salthalt och temperatur ned till botten.

Fig. 10a visar salthaltsfördelningen i ett tvärsnitt genom Skagerrak från Oksøy i

Norge (till vänster) till Hanstholm på Jylland. Vid den norska kusten kan man se den Baltiska strömmen, som med sin låga ytsalthalt utbreder sig över mer än halva Skagerrak och på den danska sidan framträder den Jutska strömmen på samma sätt.

Fig. 10b visar på samma sätt temperaturfördelningen. Även här kan man urskilja både den Baltiska strömmen och den Jutska strömmen genom temperaturskillnaderna.

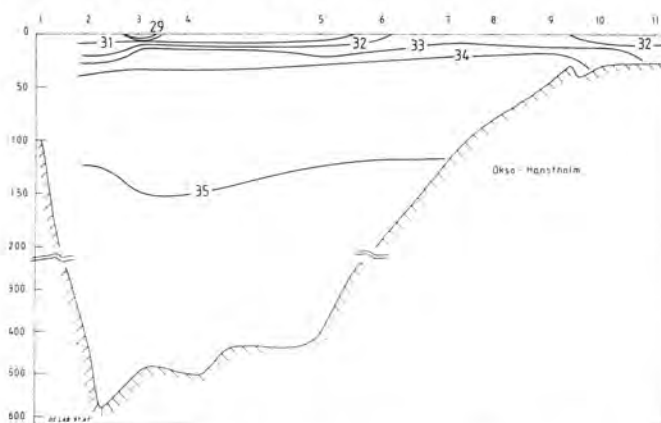


Fig 10 a. Skagerraks salthalt i tvärsnittet Oksøy-Hanstholm, april 1987.

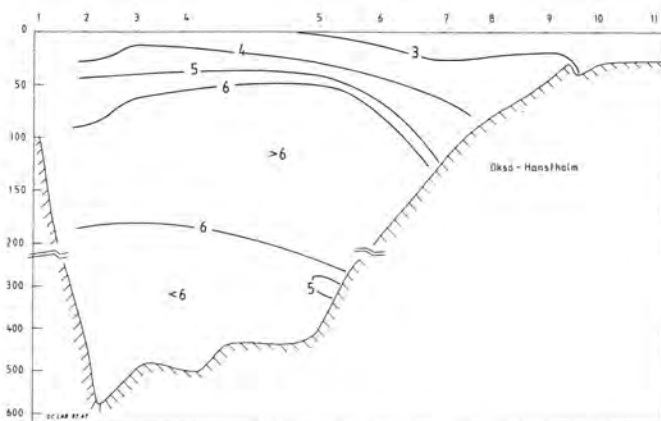


Fig 10 b. Skagerraks temperatur i tvärsnittet Oksøy-Hanstholm, april 1987.

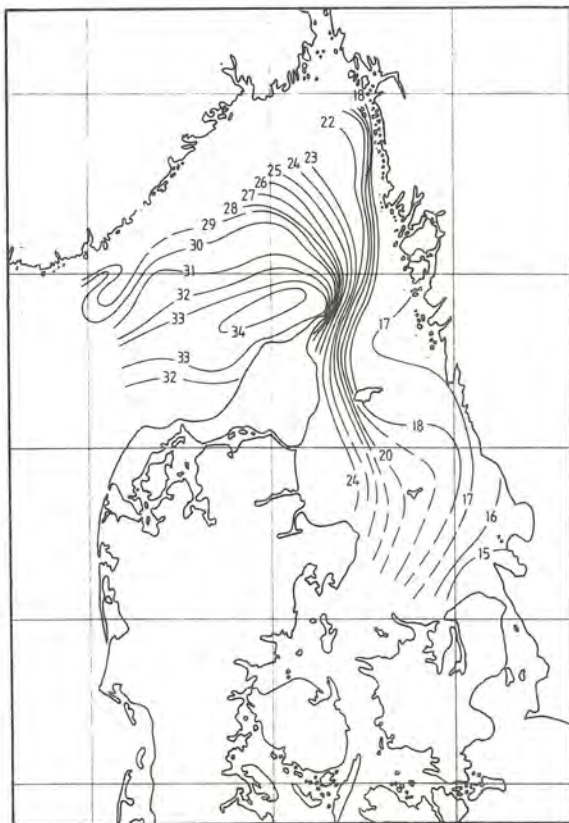


Fig 11 a. Ysalthalten i Skagerrak, april 1987.

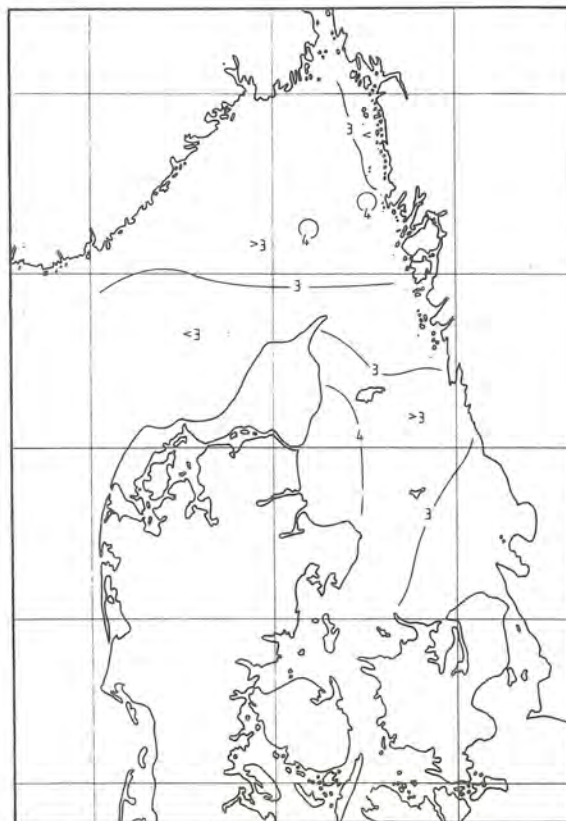


Fig 11 b. Ytemperaturen i Skagerrak, april 1987.

I fig. 11a och b visas salthaltens och temperaturens ytfördelning i Skagerrak vid samma tillfälle (april 1987).

I figurerna framträder den s. k. *Skagerrakfronten*, där salthalten drastiskt förändras i gränsområdet mellan Kattegatt och Skagerrak (Fonselius 1989).

Tidvis kan den Baltiska strömmens vatten breda ut sig över hela Skagerraks yta. I Skagerraks djupvatten är salthaltsförhållandena närmast oceaniska med saliniteter omkring 35 PSU och skiljer sig inte från Nordsjöns vatten. I Norska rännans djupvatten kan man urskilja perioder med ökande temperatur. Dessa varar i flera år,

varefter temperaturen igen hastigt minskar (fig. 12). Detta beror på att vattenmassor med hög densitet bildas i centrala Nordsjön under kalla vintrar. Detta vatten rinner över kanten ned i Skagerraks djupaste delar under sen-vintern och början av våren (Ljøen and Svansson 1972).

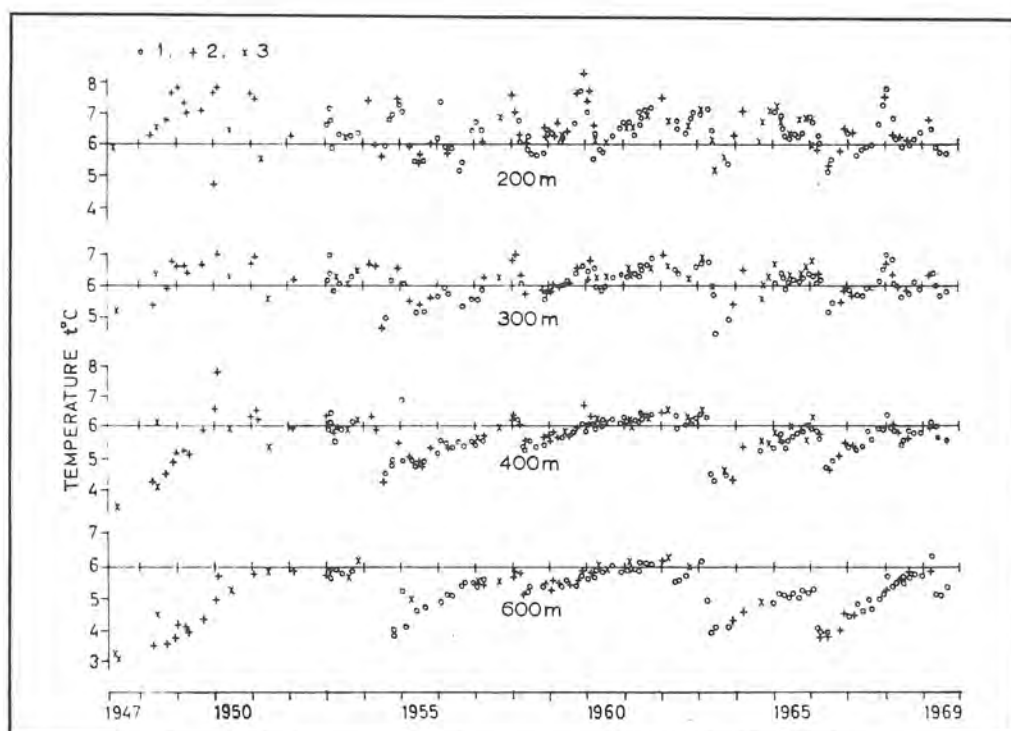


Fig 12. Långtidsvariationer av temperatur i några stationer i Skagerrak. (Ljøen et Svansson 1972)

Syrgasförhållanden

Syrgasförhållandena är i öppna Skagerrak goda (se fig. 9). Syremättnaden är där alltid över 85 %. I tröskelfjordarna och vid kusterna i närheten av stora industriutsläpp kan den vara sämre och total syrebrist och svavelvätebildning förekommer naturligt i många norska fjordar. Detta förekommer också i Oslofjorden, Idefjorden och Uddevalla-fjordarna på grund av kommunalt och industriellt utsläpp av syreförbrukande organiskt material.

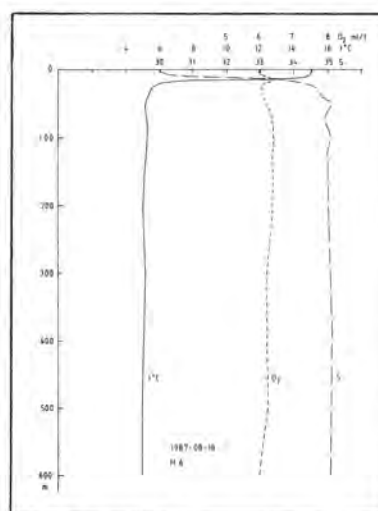


Fig 9 (visad förut). Syrgasförhållanden i M6.

Närsaltsförhållanden

Fig. 13a och b visar den typiska vertikala närsaltsfördelningen på en djupstation i Kattegatt. I ytskiktet, som består av Baltiskt vatten med lägre salinitet, kan man se att närsalterna till största delen förbrukats under sommaren.

I djupvattnet är närsaltsfördelningen homogen.

Att vissa variationer i nitrat- silikat- och totalkvävehalterna i djupvattnet i fig. 13b förekommer, beror på att analysmetoderna för dessa ämnen är ganska grova och kan uppvisa stora avvikelser vid höga halter.

Det centralt uppvällande djupvattnet beräknas tillföra Skagerraks ytvatten omkring 175 000 ton P/år (Grimås et Svansson 1985).

Skagerrak tillförs närsalter från Östersjön och Kattegatt i den Baltiska strömmen. Den Jutiska strömmen innehåller mycket höga nitrathalter, som härstammar från jordbruksgödslingen i främst Tyskland och Danmark.

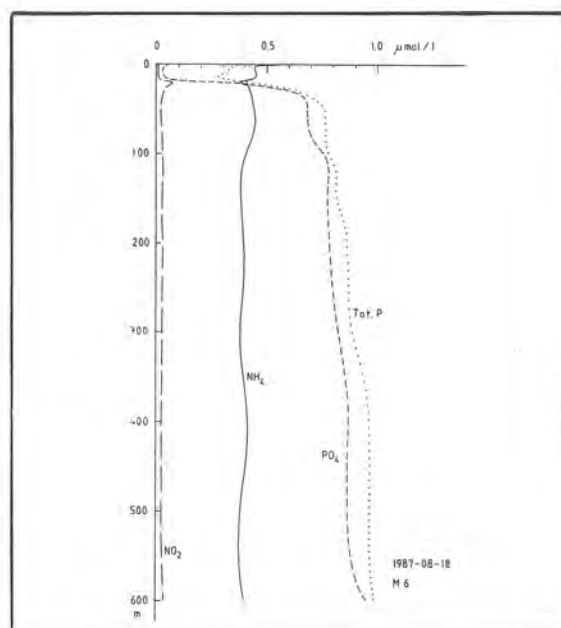


Fig 13 a. Fördelningen av fosfat, totalfosfor, nitrit och ammonium i station M6 i Skagerrak, aug 1987.

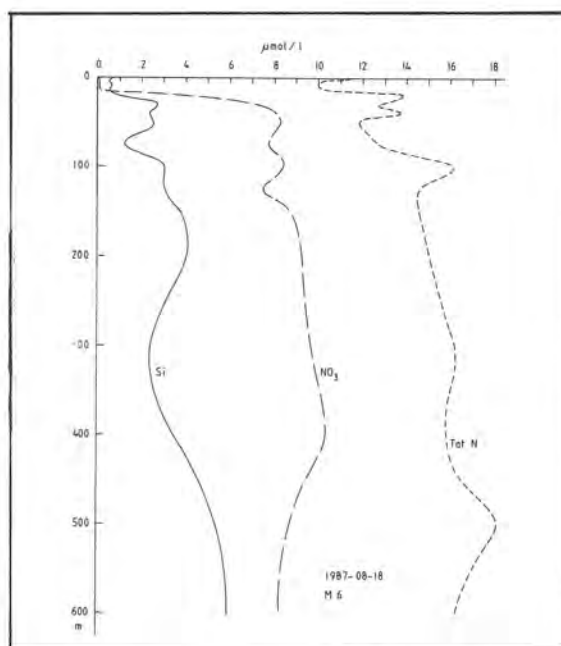


Fig 13 b. Fördelningen av nitrat, totalkväve och silikat i station M6 i Skagerrak, aug 1987.

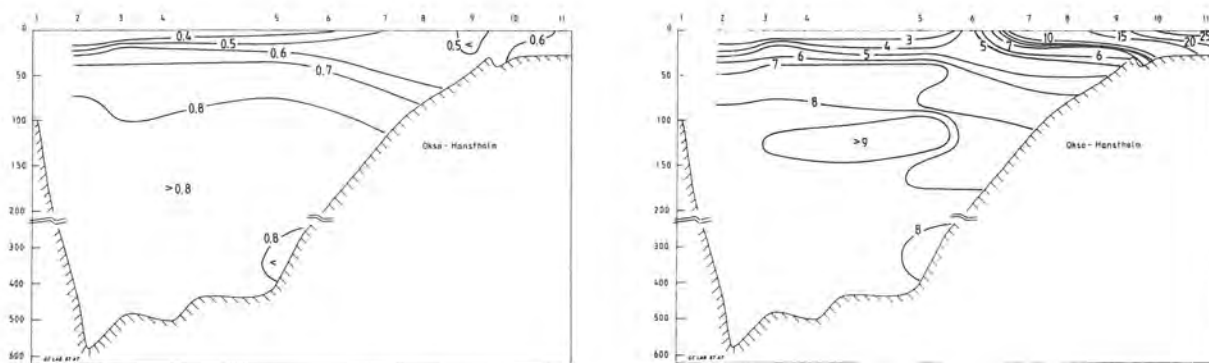


Fig 14 a and b. Fördelningen av fosfat och nitrat i tvärsnittet Oksøy-Hanstholm i april 1987.

I fig. 14a och b ser man nitrat- och fosfat-fördelningen i snittet Oksøy-Hanstholm. Man kan tydligt urskilja den Jutska strömmen i ytskiktet genom dess höga nitrat-koncentration.

Fig. 15a och b visar fosfat- respektive nitratfördelningen i Skagerraks ytvatten

i april 1987 (Fonselius 1989).

Man ser den Jutska strömmen tydligt på grund av dess mycket höga nitrathalt. Under sommaren försvinner detta kväve helt på grund av primärproduktionen och Skagerraks ytvatten innehåller varken fosfat eller nitrat.

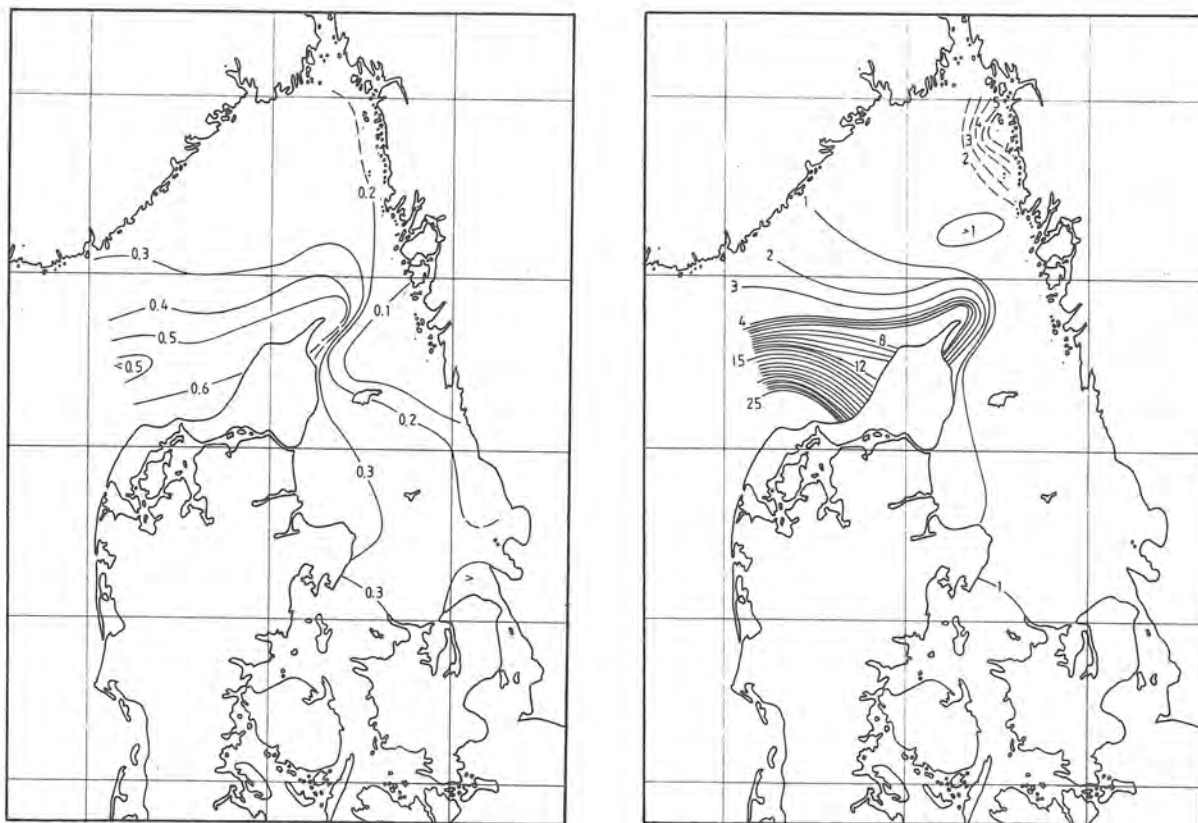


Fig 15 a and b. Fördelningen av fosfat och nitrat i Skagerraks ytvatten i april 1987.

Även de älvar som mynnar ut direkt i Skagerrak och nordligaste Kattegatt innehåller höga närsaltskoncentrationer. Tabell 3 visar tillförseln av totalfosfor och totalkväve till Skagerrak direkt i älvvatten och från kommunala reningsverk vid den svenska kusten samt

tillförseln från Göta älv, som visserligen utmynnar i norra Kattegatt, men vars vatten nästan direkt förs ut till Skagerrak. Vi kan se att Göta älv är den största källan för fosfor och kväve till Skagerrak från svensk sida.

TABELL 3

<u>Tillförsel</u>	<u>Totalfosfor ton/år</u>	<u>Totalkväve ton/år</u>
Kommunala reningsverk 1985	10	500
Industrier	9	60
Fiskodlingar	3	15
Kustområden direkt	60	900
Till Skagerrak från svenska älvar	39	1300
Summa för Skagerrak från Sverige	121	2775
Göta älv	390	19600
Göteborgsregionens reningsverk	180	2000
Summa belastning från Sverige	691	24915

Tillsammans är belastningen från Danmark och Norge 3380 ton P/år och 51200 ton N/år. Av detta är Danmarks bidrag försumbart.

Inräknat Göta älvs och Göteborgsregionens bidrag blir hela belastningen för Skagerrak årligen omkring 4100 ton P och 76 100 ton N (SNV Rapport 3472).

I öppna havet kan man inte finna några signifikanta närsaltstrender. På grund av primärproduktionen av plankton i ytvattnet under sommarhalvåret minskar närsaltskoncentrationerna där till nära noll och därför är det svårt att använda sig av sommarvärden för trendanalys. Man måste använda tillgängliga vintervärden och dessa är tyvärr rätt fåtaliga.

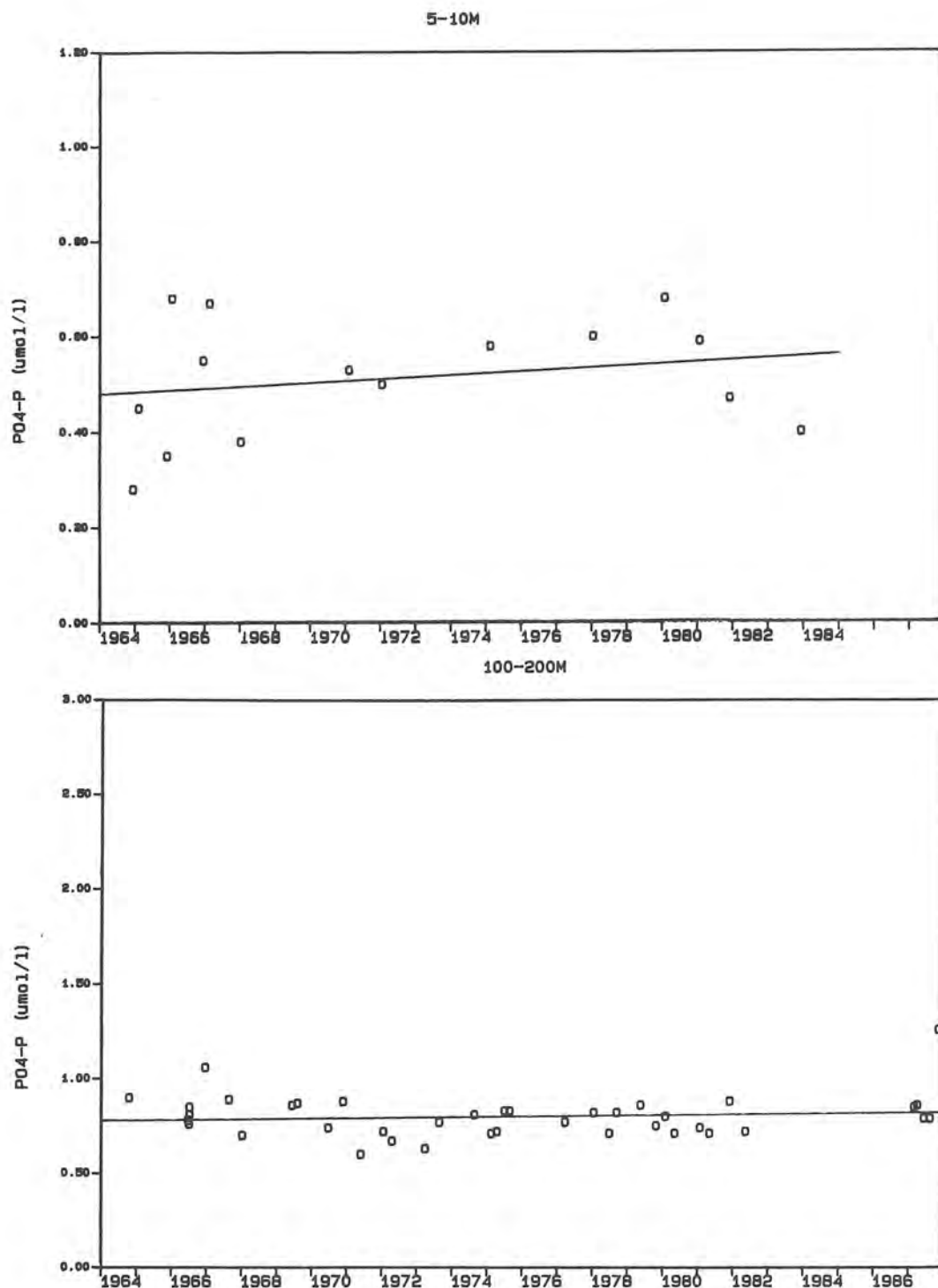


Fig 16 a and b. Långtidsvariationer av fosfat i Skagerraks ytvatten. Dygnsmedelvärden 1964-1987.

Endast några få nitratbestämningar har utförts under perioden 1964-1987 och planktonblomningen börjar redan i mars och produktionen upphör först i slutet av november. Därför måste man inskränka sig till resultat för fosfat och endast från de tre vintermånaderna december, januari och februari.

Fig.16a visar dygnsmedelvärden för fosfat

under vintermånaderna vid station Å18 mellan 5 och 10 m från 1964 till 1987. Den svaga ökningen kan inte anses signifikant.

Fig.16b visar fosfatvariationerna i Skagerraks djupvatten som dygnsmedelvärden under hela året mellan 100 och 200 m under samma tidsperiod. Någon trend kan man inte upptäcka.

De hydrografiska förhållandena i några viktiga fjordar

Oslofjorden.

Oslofjorden är den största av de norska fjordarna i Skagerrak. Den är ungefär 125 km lång räknat från den yttersta tröskeln till Bunnefjordens innersta del. Fig. 17 visar en karta över Oslofjorden.

I fig. 18a visas ett längdsnitt med bottenkonfiguration och salthaltsfördelning.

Man brukar indela Oslofjorden i tre huvuddelar. Området från Ferder till förträngningen mellan Horten och Moss kallas *Yttre fjorden*. I denna utmynnar Glomma vid Fredrikstad. Området från denna förträngning till den grunda och smala förträngningen vid Drøbak kallas *Mellanfjorden*. Denna innefattar också det vida området *Breiangen*, från vilket *Dramsfjorden* avgrenar sig samt det smala området norrut fram till Drøbak. Området innanför Drøbak kallas *Inre fjorden*.

Man urskiljer fyra viktiga trösklar. Den yttersta, *Hvalerryggen*, går i själva fjordmynningen från Hvaleröarna på östsidan till Bolærneöarna på västsidan. Den har ett tröskeldjup på omkring 100 m och separerar Oslofjorden från det stora Skagerrakdjupet. Den andra viktiga ryggen, *Jeløyryggen*, ligger i mellanfjorden och sträcker sig från Jeløy mot nordväst. Tröskeldjupet är något över 100 m.

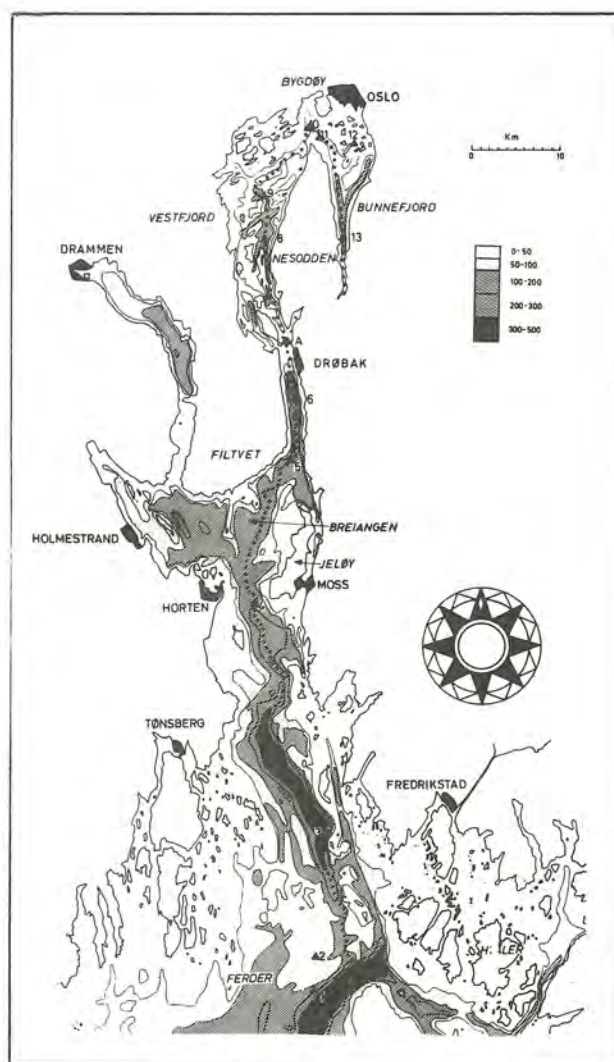


Fig 17. Djupkarta över Oslofjorden.

Den viktigaste tröskeln vid Drøbak skiljer mellersta fjorden från inre fjorden. Tröskeldjupet är endast 19,5 m, medan maximidjupet innanför tröskeln är 164 m.

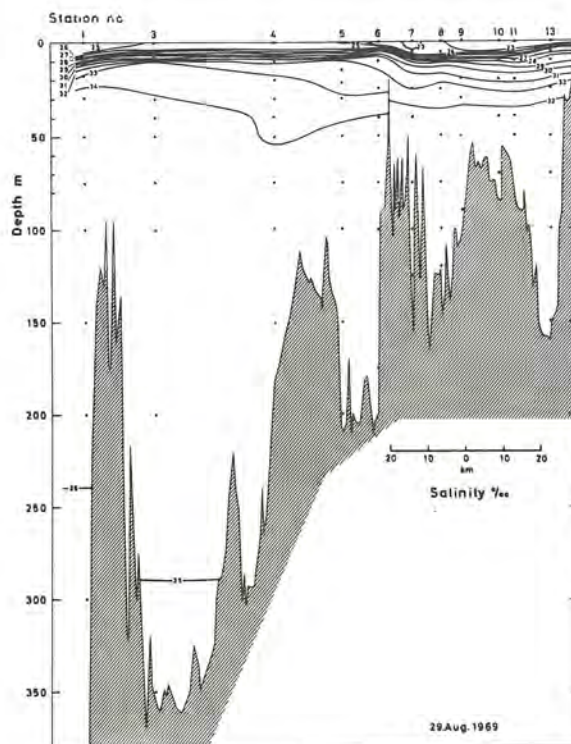
I inre fjorden skiljer slutligen *Bygdøyryggen* Vestfjorden från Bunnefjorden, som går i sydlig riktning. Tröskeldjupet är 55 m. På bägge sidor om tröskeln finns vattendjup omkring 160 m.

Minskad salthalt är karakteristisk för hela vattenområdet utanför fjordmynningen, främst på grund av inflytande från Baltiska strömmen. Därtill kommer det lokala utflödet av älvvatten från Glomma i yttre fjorden och Dramselv i mellanfjorden. Ett antal små älvar rinner ut i inre fjorden.

'Haloklinen ligger vanligtvis på omkring 10 m djup (se fig. 18a).

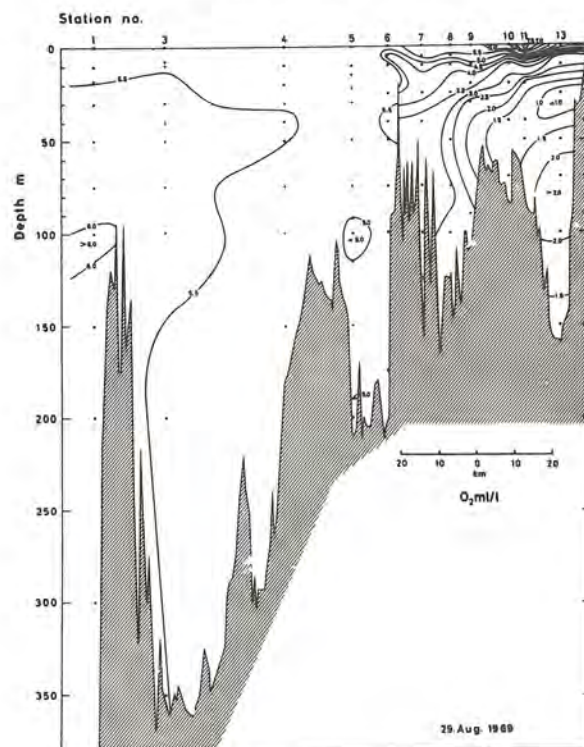
På grund av de många trösklarna försvåras vattenutbytet i de djupare delarna och syrebrist med åtföljande svavelvätebildning förekommer tidvis i speciellt Bunnefjorden. Det kommunala avloppsvattnet från Oslo hamnar främst i Bunnefjorden (ICES 1970).

Fig. 18b visar syrgasfördelningen i Oslofjorden.



Longitudinal section from the mouth (left) to the head (right) of the Oslofjord. Dots mark depths of water bottle observations.

Fig 18 a. Fördelningen av salthalt i Oslofjorden enligt Beyer (1970).



Longitudinal section from the mouth (left) to the head (right) of the Oslofjord. Dots mark depths of water bottle observations.

Fig 18 b. Fördelningen av syrgashalt i Oslofjorden enligt Beyer (1970).

Idefjorden

Idefjorden utgör gräns mellan Norge och Sverige. Den är omkring 25 km lång och böjd i en rät vinkel vid Halden (fig. 19). I mynningsområdet finns två huvudtrösklar med tröskeldjup på 8,5-9,5m. Innanför dessa ligger två större bäcken med ett maximidjup omkring 40 m (se fig 20a). Den viktigaste sötvattentillförseln sker genom Tista, som rinner genom Halden och Berbyelva längst inne i fjorden. Den förstnämnda är starkt förorenad genom kommunalt och industriellt avloppsvatten, medan den senare innehåller rent vatten.



Fig 19. Karta över Idefjorden med hydrografiska stationer.

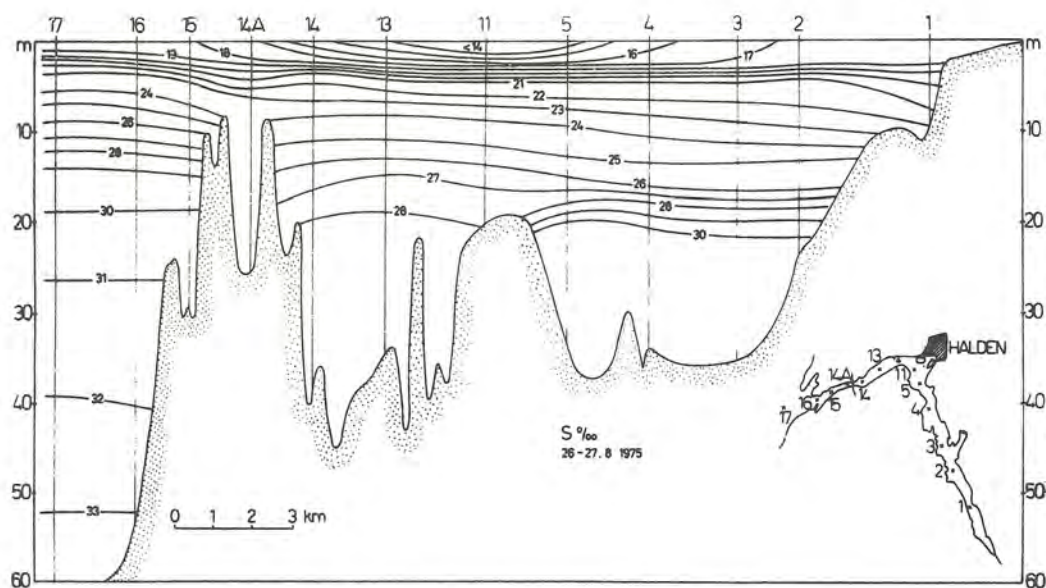


Fig 20 a. Fördelning av salthalt i Idefjorden.

Idefjorden mynnar ut i Singlefjorden, som snarast kan betraktas som en fjärd (se fig.19).

Idefjordens långsträckta och smala form och de höga mynningsströsklarna gör att vattenutbytet i djupvattnet blir begränsat.

Sötvattentillförseln åstadkommer ett tunt skikt av bräckt ytvatten, som isolerar djupvattnet från kontakt med atmosfären. Fig. 20a visar saltfördelningen i augusti 1975. Man ser tydligt tillskottet av sötvatten från Tista i ytvattnet (station 11 i figuren) (Engström 1975).

Fig. 20b visar fördelningen av syre och svavelväte i Idefjorden i augusti 1988 (Fyrberg 1988). Tidvis kan vattnet i Idefjorden på grund av kraftiga höststormar helt bytas ut och då försvinner svavelvätet tillfälligt från fjorden. Idefjorden förorenas svårt genom industriutsläpp från pappers- och massfabriken i Halden.

Fig. 20c visar utbredningen av lignosulfonsyra från fabriken i Halden (station 11).

Detta vatten har en hög syreförbrukning och på grund av den dåliga vattenomsättningen i fjordens djupvatten förbrukas allt syre där och svavelväte bildas i stället (Engström 1975).

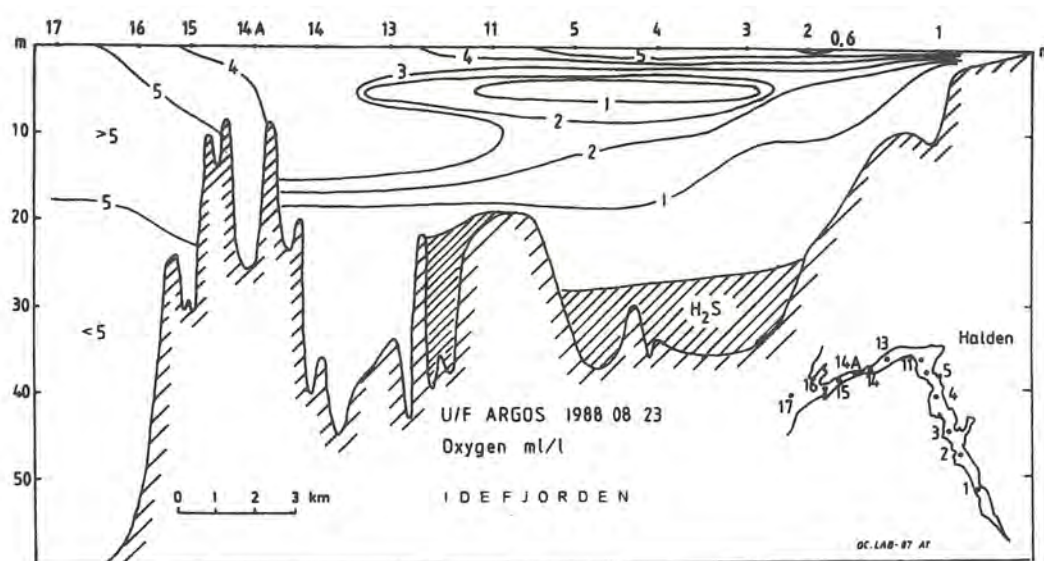


Fig 20 b. Fördelning av syrgashalt och svavelvätehalt i Idefjorden.

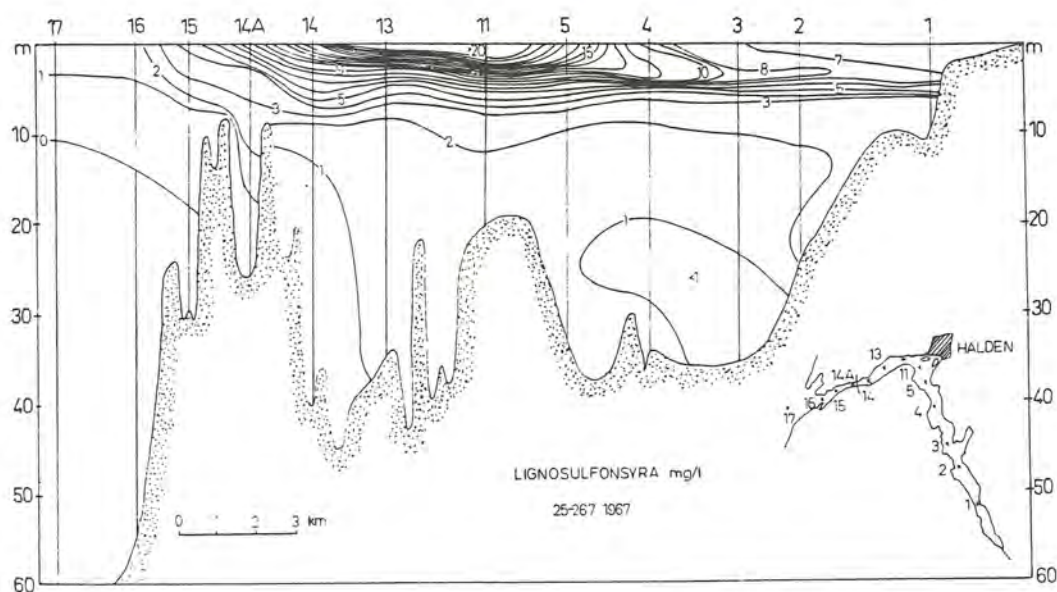


Fig 20 c. Fördelning av lignosulfonsyra i Idefjorden.



Fig 21. Karta över Gullmarsfjorden.

Gullmarsfjorden.

Gullmarsfjorden eller Gullmaren (fig.21) är en typisk tröskelfjord. Den är 29 km lång och bredden varierar mellan 1 och 4 km. Ytan är omkring 50 km² och det största djupet uppgår till 125 m vid Alsback. I mynningen finns en tröskel på 42 m. Det finns också en smal och grund ränna innanför Skaftön, som förbinder Gullmaren med Koljöfjorden.

Gullmaren har två bifjordar belägna längst inne i fjorden, Saltkällefjorden och Färlevfjorden (se fig. 21). Den förstnämnda har en tröskel på 45 m vid mynningen och maximidjupet innanför tröskeln är 66 m. Innerst i Saltkällefjorden utmynnar Örekilsälven med en medelvattenföring på omkring 21 m³/s, den enda större sötvattentillförseln till Gullmarsfjorden.

Fig. 22a visar ett vertikalt längdsnitt av salthaltsfördelningen i Gullmarsen från mynningen till Saltkällefjorden i december 1983.

Fig. 22b visar motsvarande syrgasfördelning. Vi kan se att syrgashalten i bottenvattnet ligger under 1 ml/l. Detta beror på att bottenvattnet inte bytts ut under sommaren.

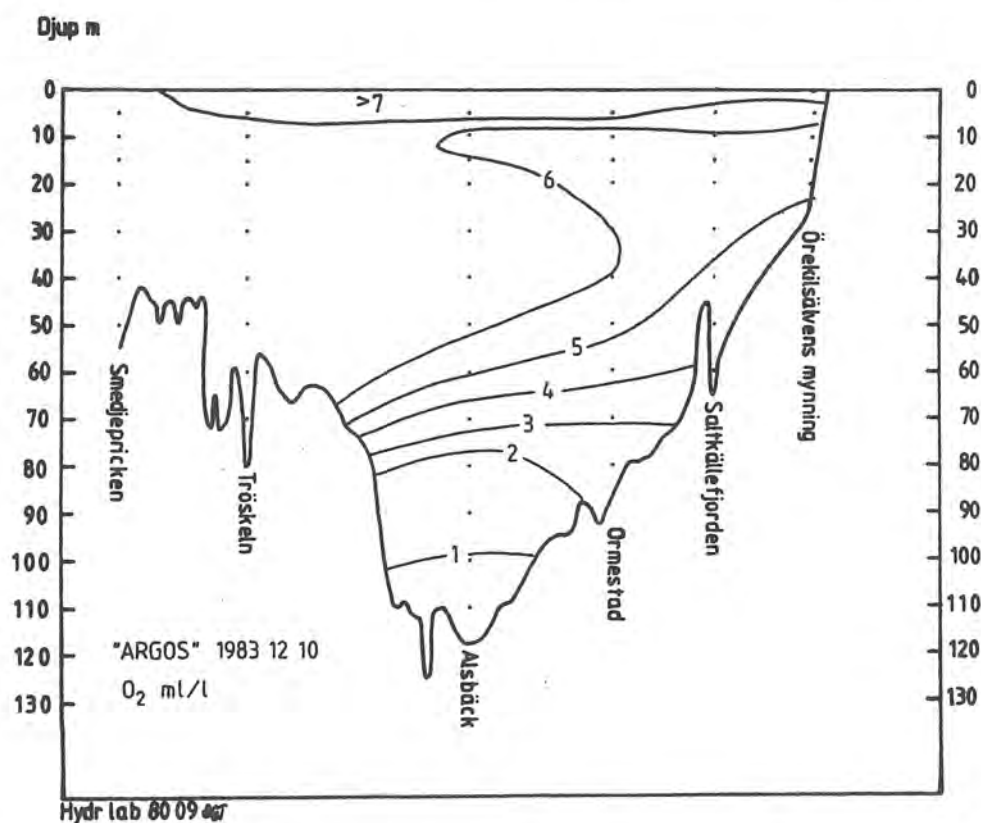
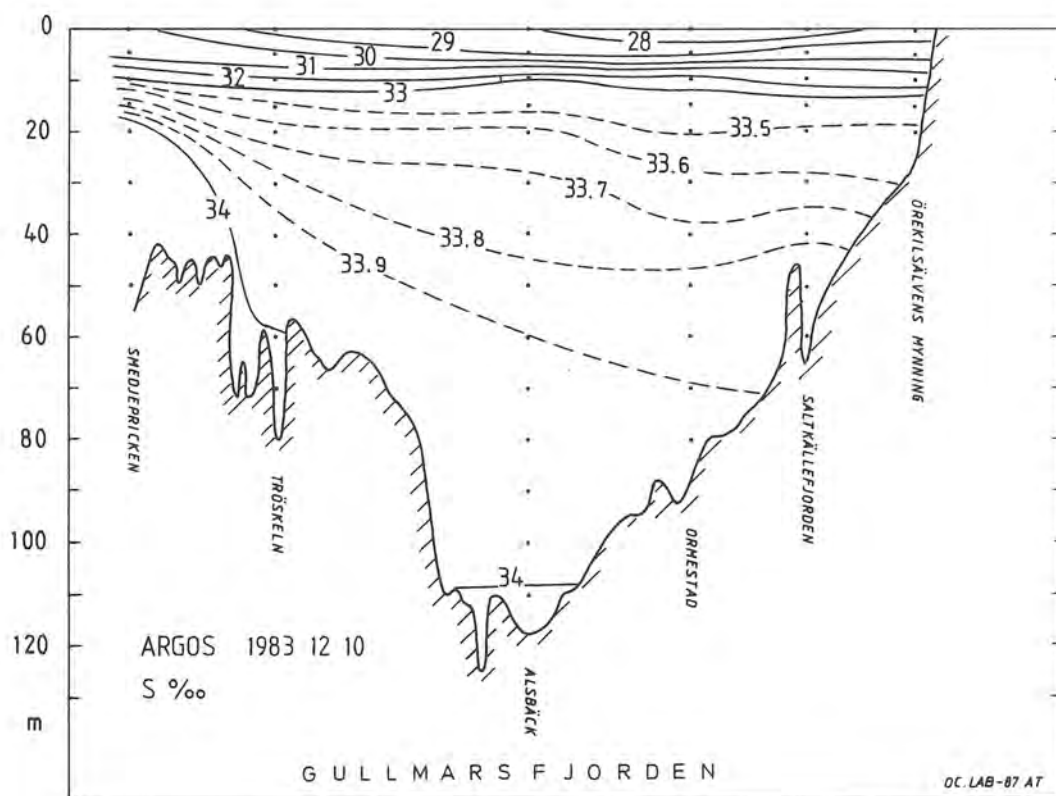
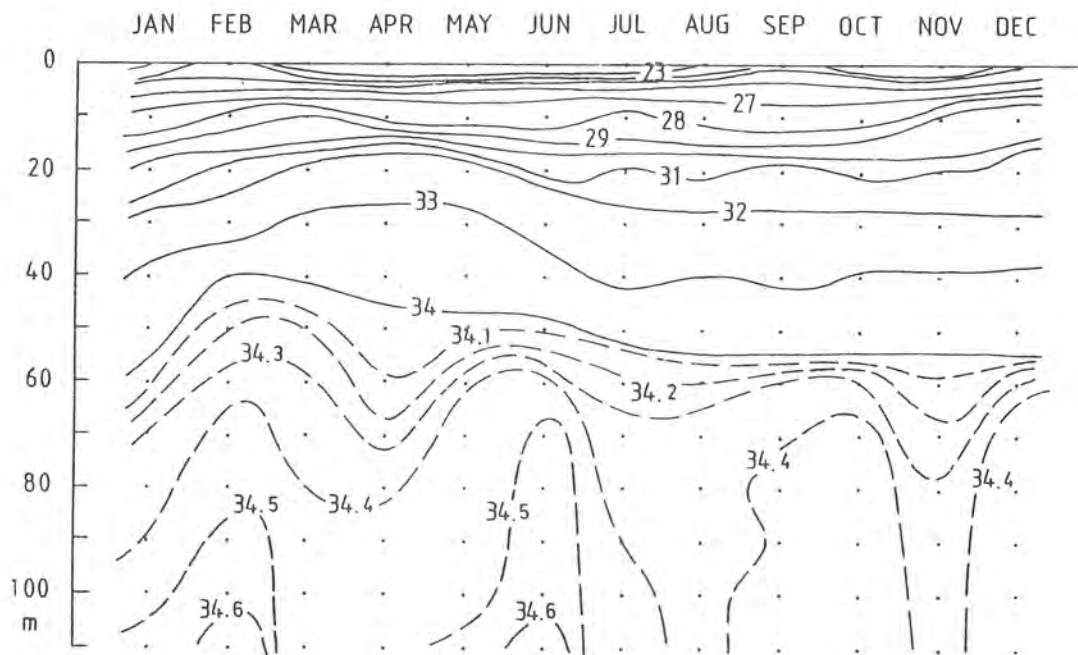


Fig 22 a and b. Längdsnitt genom Gullmarsfjorden visande salthalt och syrgashalt i december 1983.

ALSBÄCK 1950 – 1981 Salinity



ALSBÄCK 1950 – 1981 Temperature

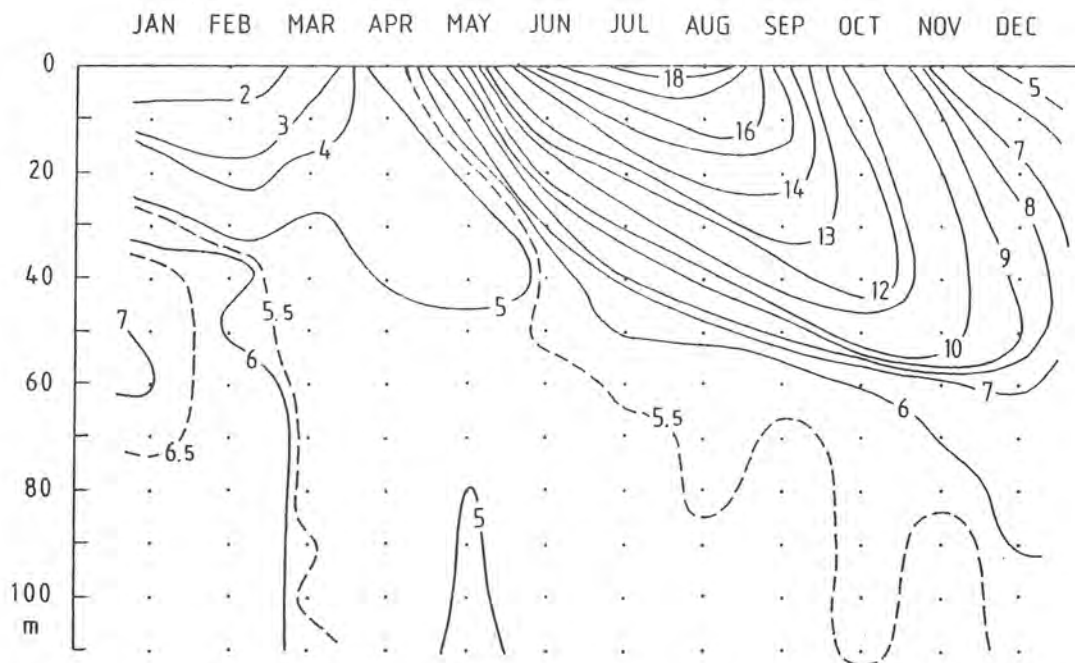


Fig 23 a and b. Årsmedelvariation för salthalt och temperatur under perioden 1950-1981.

Fig. 23a visar årsmedelvariationen för salthalten vid Alsback. Vi kan se att djupvattnet tidvis byts ut genom inflöden av saltare vatten över tröskeln. Vattnet är skiktat med ett omkring 20 m tjockt ytskikt

med lägresalhalt. Fig. 23b visar årsmedelvariationen för temperaturen på samma plats. Man kan se hur vattnet under sommaren värms upp till nära 50 m djup (Svansson 1984).

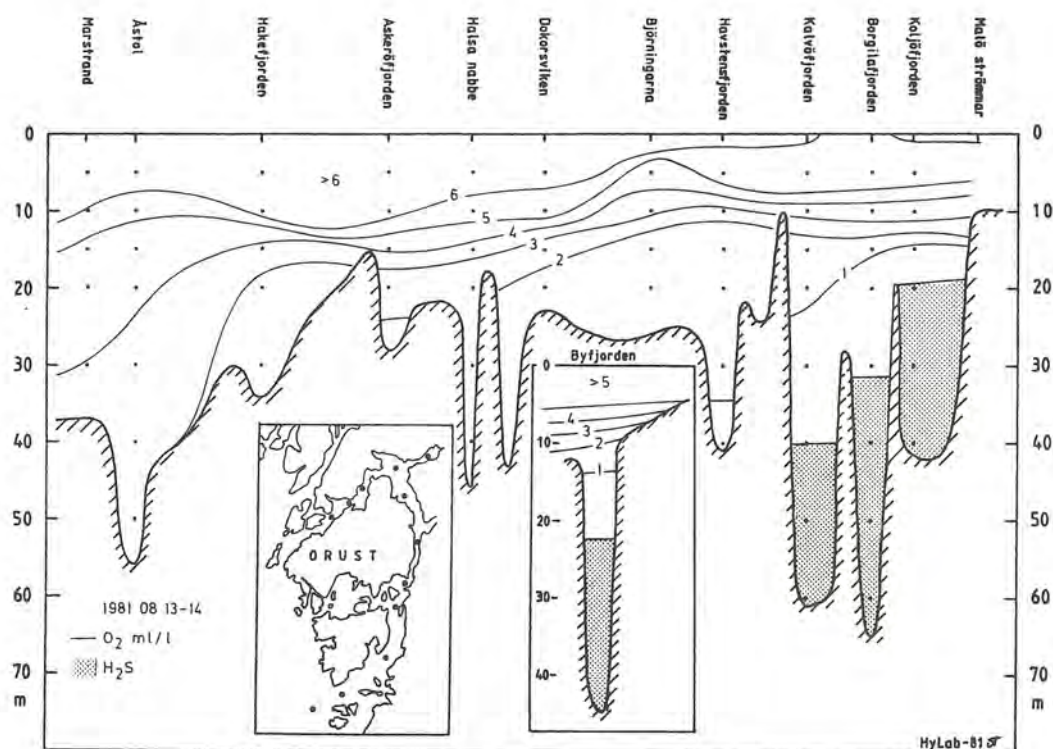


Fig 24. Karta och längdsnitt genom Uddevallafjordarna, visande fördelning av syrgas och svavelväte i augusti 1981.

Uddevallafjordarna

Vattnen innanför Orust och Tjörn kallas Uddevallafjordarna. Det är dock inte fråga om fjordar i vanlig bemärkelse. Det rör sig om ett system av fjärdar, avgränsade från varandra av grundare trösklar. Byfjorden, som sträcker sig in till Uddevalla från Havstensfjorden, är den enda riktiga fjorden.

Fig. 24 visar syrgasfördelningen i fjord-

systemet i juni 1986. Vi kan se att syrgasvärdena i vissa fjordar är mycket låga och att det finns svavelväte i botten av Byfjorden, Kalvfjorden, Borgilafjorden och Koljöfjorden. Svavelväteförekomsten är av naturligt ursprung i Koljöfjorden, men i de övriga kan den ha förorsakats av kommunala och industriella utsläpp i området.

Litteratur

- Beyer, F 1970. Topography and stations. In Hydrography of the Oslo Fiord, Report on the Study Course in Chemical Oceanography arranged in 1969 by ICES with support of UNESCO. ICES Cooperative Research Report, Series A No 20.
- Engström, S 1967. Laying out Surface Drifters in the Eastern North Sea and the Skagerrak in the Summer of 1966. Medd. Havsfiskelaboratoriet, Lysekil, nr 33.
- Engström, S 1975. Hydrographic Sections of the Ide Fiord from 1967 - 1975. Ibid No 192.
- Engström, S 1981. Rapport från hydrografisk expedition med U/F Thetis i norra Kattegatt och Bohusläns fjordar under tiden 12-21 augusti 1981. Fiskeristyrelsen, Hydrografiska laboratoriet. U/F Thetis expeditionsrapporter 1981 (stencil).
- Engström, S 1984. Report of the Hydrographic Cruise by R.V:ARGOS 6-18 November and 4-11 December, 1983. The Swedish National Board of Fisheries. Hydrographic Laboratory. R.V. ARGOS Cruise Reports 1984 (mimeo).
- Fonselius, S 1989. Hydrographic variabilities in the Skagerrak surface water. ICES C.M. 1989/C: 35, Sess. Q.
- Grimås, U and Svansson, A 1985. Swedish Report on the Skagerrak. International Conference on the protection of the North Sea. Nat.Swedish Environmental Prot. Board PM 1967 E.
- Ljöen, R and Svansson, A 1972. Long-term variations of subsurface temperatures in the Skagerrak. Deep-Sea Research 1972, Vol 19.
- ICES 1970. Hydrography of the Oslo Fiord. Report on the Study Course in Chemical Oceanography arranged in 1969 by ICES with support from UNESCO. ICES Cooperative Research Report. Series A No 20.
- Rodhe, J 1987. The Large-scale Circulation in the Skagerrak; Interpretation of some Observations. Tellus 1987, 39 A.
- SNV 1987. Västerhavet, Öresund-Kattegatt-Skagerrak. Förslag till åtgärder att minska den svenska föroreningsbelastningen. Naturvårdsverket, Åtgärdsgrupp väst. SNV rapp nr 3472.
- Svansson, A 1972. Canal Models of Sea Level and Salinity Variations in the Baltic and adjacent Waters. The Swedish National Board of Fisheries. Ser. Hydrography, Report No 26.
- Svansson, A 1975. Physical and Chemical Oceanography of the Skagerrak and the Kattegat. The Swedish National Board of Fisheries. Institute of Marine Research. Report No 1.
- Svansson A 1984. Hydrography of the Gullmar Fiord. Medd. Havsfiskelaboratoriet: No 297. Inst of Hydrography. Res. ser. No 23.



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 80 00. Telex 64400 smhi s.