

NGU Rapport 95.075

Miljøstratigrafiske undersøkelser i den nordvestre del av Skagerrak over de siste 200 år belyst ved foraminiferinnholdet i utvalgte sedimentkjerner

Rapport nr. 95.075		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel: Miljøstratigrafiske undersøkelser i den nordvestre del av Skagerrak over de siste 200 år belyst ved foraminiferinnholdet i utvalgte sedimentkjerner.					
Forfatter: Elisabeth Alve			Oppdragsgiver: NGU, HI, NP, OD, SFT, SKNS		
Fylke:			Kommune:		
Kartbladnavn (M=1:250.000)			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 44		Pris: 70,-
Feltarbeid utført: 1992-1994			Rapportdato: 10. mai 1995		Prosjektnr.: 66.2301.22
			Ansvarlig: <i>Håkon Thoresen</i>		
Sammendrag: <p>Analyser av levende foraminiferfaunaer i 4 korte sedimentkjerner fra NV Skagerrak har vist at én kalkskallart lever og reproducerer helt ned til 18-20 cm sedimentdyp med individkonsentrasjoner som overskrider den totale faunakonsentrasjonen i overflatesedimentene. Hvis man ser bort fra denne arten, forekommer 70-83 % av alle levende individer (summert over de fargede kjerneintervaller) i de øvre 0-1 cm. Dette viser at de fleste artene etterlater sine tomme skall i tilnærmet samtidig avsatte sedimenter, men at man ved stratigrafiske tolkninger må korrigere for arter som kan ha etterlatt sine tomme skall i betydelig eldre sedimenter.</p> <p>Analysene av de tomme foraminiferskallene i de samme 4, samt i 2 andre kjerner, har vist at akkumulasjonsraten av agglutinerte former var relativt stabil i dypbassenget fra ca. 1770 til 1940-1950 og at den har økt 5-6 ganger siden sent på 1960-tallet sammenliknet med gjennomsnittlige pre 1940-verdier. Økt karbonatopløsning i overflatesedimentene ser ut til å ha foregått siden ca. 1970. Resultatene bekrefter i store trekk konklusjonene som ble trukket i NGU Rapport 94.100. Gjennomgående avtakende akkumulasjonshastigheter av planktoniske foraminiferskall oppover i kjernene indikerer redusert tilførsel av Atlanterhavsvann over de siste ca. 200 år.</p>					
Emneord: Maringeologi		Miljøgeologi		Kjerne	
Mikropaleontologi		Foraminifer		Hydrografi	
Paleontologi		Sedimentasjonshastighet		Fagrapport	

INNHold

1	INNLEDNING.....	4
2	MATERIALE OG METODER.....	4
3	IMPLIKASJONER VEDRØRENDE DE LEVENDE FORAMINIFERENES VERTIKALUTBREDELSE I SEDIMENTENE.....	7
4	FAUNAUTVIKLINGEN OVER DE SISTE 200 ÅR.....	11
	4.1 Akkumulasjonsraten av agglutinerte skall.....	11
	4.2 Endringer i faunasammensetningen.....	12
	4.2.1 Dypbassenget.....	12
	4.2.2 Skråningene.....	14
5	INDISIER PÅ RESENT KARBONATOPPLØSNING I DE DYPERE DELER AV SKAGERRAKBASSENGET.....	15
6	INDISER PÅ ENDRINGER I VANNMASSENEs SIRKULASJONS- MØNSTER OVER DE SISTE 200 ÅR.....	17
7	OPPSUMMERING OG KONKLUSJON.....	18
	REFERANSER.....	20
	FIGUROVERSIKT.....	22
	TABELLOVERSIKT.....	23

APPENDIKS

Figur 1-9

Tabell 1-12

1 INNLEDNING

Dette arbeidet inngår som en del av en maringeologisk kartlegging av Skagerrak, koordinert av NGU. Prøver av overflatesedimentene (0-2 cm) fra 1992 og 1993 er tidligere blitt analysert for bentiske foraminiferer og resultatene ble av Alve (1994b) sammenliknet med data fra overflateprøver samlet inn av Hans Höglund i Skagerrak i 1937 (Höglund, 1947). Denne sammenlikningen ga indikasjoner om at miljøbetingelsene, spesielt i Skagerrakbassenget, har endret seg siden 1937.

Formålet med den foreliggende undersøkelsen har følgelig vært å undersøke hvorvidt disse signalene om endrede miljøforhold avspeiles i faunaene som er bevart i sedimentene avsatt over denne tidsperioden. Som en del av Skagerrakprosjektet, er parallellkjerner fra 3 av de her rapporterte stasjonene datert av Helmar Kundendorf ved hjelp av ^{210}Pb -metoden. Det viste seg at de innsamlede sedimentkjernene som denne foraminiferundersøkelsen bygger på, trengte gjennom sedimenter avsatt godt lenger tilbake i tid enn 1937. Det har således vært mulig å se på utviklingstrekk over de siste ca 200 år.

Dette er den første undersøkelsen som har dokumentert langtidsendringer i foraminiferfaunaer både ved analyser av sedimentkjerner og ved analyser av overflateprøver samlet inn i dag og for flere år siden. Sistnevnte representerer nå et bestemt nivå i kjernene.

2 MATERIALE OG METODER

Sedimentkjernene som er benyttet i dette arbeidet ble samlet inn i juli 1992 (tokt 9205), juli 1993 (tokt 9307) og i juli 1994 (tokt 9404). Materialet fra 1992 og 1993 ble samlet inn ved hjelp av en Niemistöcorer, mens en multicorer ble benyttet i 1994. Kjernene fra 1992- og 1994-toktene ble lagret i NGUs kjølelager (ca. 7-10°C) fra tokt slutt til kjernene ble åpnet og snittet i skiver av E.A. henholdsvis 7. september 1992 og 14.-15. september 1994. Kjernene fra 1993 toktet ble snittet av E.A. ombord på skipet umiddelbart etter innsamlingen.

Rammene for og omfanget av foraminiferanalysene var ikke klarlagt da kjernene fra 1992 ble åpnet. Følgelig ble det kun tatt ut prøver fra utvalgte nivåer i 13 av disse kjernene. Kjernene (indre diameter: 59 mm) ble snittet på langs, og prøver ble tatt ut fra halvparten av den ene kjernehalvdelen (dvs 1/4 av kjernediameteren). Følgende nivåer, regnet fra sedimentoverflaten, ble prøvetatt: hver 1 cm fra 0 til 6 cm og hver 2 cm fra 6 til 10 cm. Disse prøvene ble forsiktig homogenisert i 70%

etanol. Videre ble nivået 30-32 cm samt et dypere 2 cm-nivå (avhengig av kjernelengden) tatt ut fra hver kjerne. Disse prøvene ble frosset. Resultatene fra analysene av de to øverste prøvene i alle kjernene er gitt i Alve (1994b).

På 1993-toktet ble 4 kjerner (indre diameter 50 mm) samlet inn for foraminiferanalyser. Umiddelbart etter at en kjerne var tatt ble mesteparten av vannet over sedimentene forsiktig fjernet med en hevert. Sedimentet ble sakte skjøvet opp gjennom prøvetakningsrøret og de siste millimeter med vann fjernet med en pipette og overført til prøveboksen. De øverste 2 x 5 mm av sedimentkjernen ble snittet av (dvs den øverste 1 cm = 2 prøver) og overført til prøvebokser. Kjerneintervallet 1-6 cm ble på tilsvarende måte snittet i 1 cm tykke skiver. Fra 2 av stasjonene (stasjon 56 og 71) ble disse 7 øverste prøvene tilsatt litt kaldt (6-8 °C) sjøvann (tatt med vannhenter fra ca 80 m vandyp), og satt i kjøleskap (6-8 °C). De tilsvarende prøvene fra de 2 andre stasjonene ble tilsatt 70% etanol og forsiktig omrørt. Intervallet 6-20 cm i alle 4 kjerner ble snittet i 2 cm tykke skiver. Resten av den først kjernen som var fra stasjon 56 ble snittet i 4 cm skiver, mens resten av de øvrige 3 kjernene ble snittet i 5 cm skiver. Alle prøvene fra >6 cm kjernedyp ble først oppbevart i kjøleskap og senere frosset.

I løpet av de første 3 døgnene etter at kjernen fra stasjon 56 var tatt, ble de øverste 7 prøvene siktet med kaldt (6-8 °C) sjøvann gjennom en 63 µm sikt, 50 foraminiferindivider ble plukket ut fra hver av alle prøvene (fraksjonen >63 µm) med unntak av én (3-4 cm nivået ble ikke plukket pga tidsnød) og ekstrahert for senere ATP- (adenosin trifosfat) analyser som beskrevet av Bernhard (1992). Rett før ekstraksjonen ble lengden av hvert individ målt. Ekstraktene ble holdt frosne helt til luciferin/luciferase-analyse ble foretatt med et LKB model 1250 luminometer. Dataene ble analysert som beskrevet av Bernhard (1992) og Alve og Bernhard (1995). Det som var igjen av prøvene etter at 50 individer var plukket ut, ble lagt i 70% etanol for senere standard foraminiferanalyse. På tilsvarende måte ble 6 av de 7 øverste prøvene (nivået 3-4 cm ble også her utelatt pga tidsnød) fra stasjon 71 opparbeidet, 50 individer fra hver målt og ekstrahert innen 2 døgn etter at kjernen ble tatt og resten av prøven lagt i 70% etanol. Det antall levende og døde individer som ble plukket ut for ATP-analyser, ble lagt til de respektive prøvene ved senere beregninger av fargede og døde individkonsentrasjoner.

Fra 1994-toktet ble fire kjerner fra stasjonene 77, 93, 95 og 103 snittet i 1 cm skiver fra 0-6 cm, tilsatt 70% etanol og forsiktig homogenisert. Kjerneintervallet 6-20 cm ble snittet i 2 cm tykke skiver og resten av kjernene i 5 cm tykke skiver.

Prøvene ble opparbeidet som følger: Prøvene som lå på sprit ble siktet gjennom en 63 µm-sikt og tilsatt bengalrosa for å farge protoplasmaet i skallene rødt slik at døde individer (ufargede skall) kunne skilles fra "levende" (fargede). Ordet levende er her satt i anførselstegn da protoplasma som enda ikke er nedbrutt i nylig døde individer også vil farges. For enkelhetsskyld vil anførselstegnene bli sløyfet i det følgende. Etter minst én times henstand ble prøvene siktet på nytt for å bli kvitt overskytende farge og deretter tørket ved 40 °C. Av de øvrige prøvene, som hadde vært lagret i fryseren, ble de som var fra 6-20 cm kjernenivå tint i sprit, siktet, farget og behandlet videre som tidligere beskrevet. Prøvene fra dypere kjernenivåer ble ikke farget da jeg ikke forventet å finne levende individer der. Etter å ha analysert kjernene fra stasjonene 56 og 74, viste det seg imidlertid at fargede skall var tilstede helt ned til 20 cm. Følgelig ble også de dypeste prøvene i kjernen fra stasjon 69 (som ble opparbeidet på et senere tidspunkt) også tint i sprit og farget.

Tilsammen er 106 sedimentprøver fra 7 kjerner preparert for foraminiferanalyser: 1 fra 1992 (stasjon 40); 4 fra 1993 (stasjon 56, 69, 71 og 74); 2 fra 1994 (stasjon 77 og 93). Det ble imidlertid ikke tid til å analysere kjernen fra stasjon 93, så i Tabell 1 er posisjon, vanddyp, innsamlingsår og kjernelengde kun oppgitt for de øvrige 6.

Fra hver prøve ble minst 250 ufargede og 250 fargede (så sant så mange fargede skall var tilstede) foraminiferskall plukket ut, montert i ruteslides og artsbestemt. Det totale antall ufargede og fargede skall i en prøve ble beregnet ved å strø den resterende del av en prøve ut over én eller flere tellesåler (avhengig av prøvestørrelsen) og telle hvor mange som var tilstede i et visst antall ruter. I tillegg til de bentiske skallene ble også det antall planktoniske foraminiferskall som ble funnet per 250 ufargede bentiske skall plukket og montert. Ut fra forholdet mellom antall planktoniske og bentiske skall kunne det totale antall planktoniske skall i prøven beregnes.

De resultatene fra ATP-analysene som er av betydning for denne rapporten er sammenfattet i Tabell 2. Resultatene fra analysene av de fargede og ufargede foraminiferfaunaene er sammenstilt i henholdsvis Tabellene 3-6 og 7-12. Her er kun arter som utgjør >5% i minst én prøve for de fargede og i minst to prøver for de ufargede fra samme kjerne inkludert. Foraminiferene i denne undersøkelsen har skall som enten består av kalsitt (kalkskall) eller skall som er bygget opp av sammenlimte sand- og/eller silt-korn (agglutinerte skall). For samtlige prøver er både den absolutte og den relative hyppighet av agglutinerte former beregnet.

Når det gjelder taksonomien, tilsvarer Höglunds *Nonion labradoricum*? den arten som i 1932 ble beskrevet som *Nonionella iridea* av Heron-Allen og Earland i 1932, noe Höglund sannsynligvis ikke var klar over da han primært konsentrerte seg om de agglutinerte formenes taksonomi. Videre viser kjernematerialet at hans *Pullenia*-gruppe, hovedsakelig består av arten *Pullenia osloensis*, som ikke ble beskrevet før i 1954 av Feyling-Hanssen.

Parallellkjerner fra stasjonene 56, 69 og 74 er datert ved Pb-210-metoden av Helmar Kunzendorf, og han har velvillig latt meg få benytte resultatene. I følge ham ble en parallellkerne fra stasjon 71 også forsøkt datert, men det viste seg at sedimentene på denne stasjonen var for forstyrret til å gi meningsfulle resultater. Med utgangspunkt i disse dateringene har det vært mulig å regne ut akkumulasjonsraten av tomme skall i de 3 daterte kjernene. For kerne 69 foreligger det ikke dateringsresultater for kjernedyp >16 cm. I dette tilfellet ble følgelig alderen på de dypere kjernenivåer beregnet ved å benytte gjennomsnittsverdiene for de 4 dypest daterte nivåene.

3 IMPLIKASJONER VEDRØRENDE DE LEVENDE FORAMINIFERENES VERTIKALUTBREDELSE I SEDIMENTENE

I forbindelse med foraminiferundersøkelser i relativt resente sedimenter bør man analysere de levende og døde faunaene i kjernene hver for seg når man vil studere faunaendringer over tid. Dette er viktig for å skaffe informasjon om hvilke arter som muligens kan forstyrre tolkningen ved at de lever et stykke under sedimentoverflaten. Et slikt levevis vil nemlig medføre at de, når de dør, vil etterlate sine tomme skall i tidligere avsatte sedimenter og følgelig forstyrre fauna-kronologien.

Det er nå et generelt akseptert faktum at bentiske foraminiferer kan leve på ulike dyp i sedimentet (e.g., Corliss, 1985; Gooday, 1986). Foreløpig har vi imidlertid ikke gode nok kunnskaper om hvilke faktorer som primært er avgjørende for hvor dypt ulike arter kan leve og reprodusere, og hvorfor f.eks. noen arter kan opptre med individmaksimum på større sedimentdyp enn andre. Viktige miljøparametere i denne sammenheng er imidlertid oksygenforholdene (Alve & Bernhard, 1995) og næringstilgangen (Linke & Lutze, 1993). Det har vært hevdet at visse foraminiferarter er fakultativt anaerobe (e.g., Bernhard & Reimers, 1991; Moodley & Hess, 1992; Alve, 1994a) slik at de kan leve under anoksiske forhold over et begrenset tidsrom. I permanent

anoxiske miljøer finner man imidlertid ikke levende foraminiferer (e.g., Alve, 1990; Murray, 1991).

Mikroelektrodemålinger foretatt på 27 stasjoner i ulike deler av Skagerrak har vist at den oksiske sonen i overflatesedimentene er begrenset til de øvre 0,3-2,0 cm (Bakker & Helder, 1993). Fauna-dataene i den foreliggende undersøkelse viser en god overensstemmelse med disse resultatene ved at artsdiversiteten og individtettheten har sine maksima i de øvre 1-2 cm sammenliknet med faunaene på større kjernedyp (Tabell 2-6, Fig. 2). Det er imidlertid av spesiell interesse at individtettheten i 3 av de 4 kjernene viser overraskende høye konsentrasjoner på 10-20 cm sedimentdyp. Tettheten på 18-20 cm i kjerne 74 er faktisk oppsiktsvekkende høy, med en konsentrasjon tilsvarende den i de øvre 0,0-0,5 cm. Denne kjernen har en tilnærmet monospesifikk faunasammensetning, hovedsakelig bestående av *Brizalina skagerrakensis*; og på sedimentdyp større enn 4 cm opptrer kun spredte individer av 1-3 andre arter. Disse sedimentene ligger godt dypere enn den oksiske sonen. Følgelig er den eneste rimelige forklaringen på disse høye individkonsentrasjonene at oksygen tilføres lokalt på større sedimentdyp via vannstrømmen i rørene til gravende makroorganismer ("bioirrigation") med rør som munner ut i sedimentoverflaten.

Stor biologisk aktivitet i Skagerraksedimentene har vært dokumentert i en rekke arbeider (e.g., Josefson, 1981; van Weering et al., 1987). Eksempelvis kan det nevnes at van Weering et al. (1987) observerte gravespor med en diameter på <0,2 cm konsentrert i de øvre 2-5 cm sediment på nesten alle de 28 stasjonene de undersøkte. De fant også større gravespor med en diameter på 0,5 til 1 cm ned til 15 cm sedimentdyp på noen stasjoner. Basert på sine oksygenmikroprofiler, anslo Bakker og Helder (1993) at de infaunale organismene kunne opprettholde oksygenkonsentrasjoner på rundt 50-100 $\mu\text{mol per dm}^3$ i graverørene sine. Dette tilsvarer oksygenkonsentrasjoner på ca 1-2 ml/l og er mer enn nok for foraminiferene. De viste også at oksygen-gradientene rundt rørene var identiske med gradientene nær sedimentvann-kontakten og antok at nitrifiserings- og denitrifiserings-prosesser er nær knyttet sammen i disse dynamiske mikromiljøene. I forbindelse med den foreliggende undersøkelsen ble et betydelig antall juvenile individer av *Brizalina skagerrakensis* funnet selv i de dypest undersøkte kjernenivåene. Følgelig er oksygenkonsentrasjonene i disse mikromiljøene høye nok til at bestander av denne arten på opp til rundt 240 individer per 10 cm^3 sediment kan leve og reproducere i tilknytning til graverør i de ellers anoksiske sedimentene.

Økte foraminiferkonsentrasjoner i tilknytning til rør og graveganger sammenliknet med de omgivende sedimenter har tidligere vært påvist

bl. a. i sedimenter fra 42 m vanddyb i Tyskebukta (Thomsen og Altenbach, 1993). Forfatterne ga ingen opplysninger om oksygenforholdene, men konkluderte med at denne type mikrohabitat har en positiv effekt på foraminiferbestanden da de representerer områder med lokalt forhøyede næringskonsentrasjoner. Det er sannsynlig at tilsvarende gunstige næringsforhold var tilstede i kjernenivåene med høye *B. skagerrakensis*-konsentrasjoner. Fargede individer av denne arten ble ikke observert i de øverste 0-1 cm i noen av de 4 analyserte kjernene og kun ett individ var tilstede i én av kjernene på 1-2 cm sedimentdyb. Da faunaene på dyp større enn ca 8 cm nærmest utelukkende besto av denne arten, ser det følgelig ut til at den har en utpreget evne til å tilpasse seg et liv i assosiasjon med dyptgravende makroorganismer. I denne type mikrohabitat har *B. skagerrakensis* tilstrekkelig tilgang på oksygen som tilføres via vannstrømmen til makroorganismene. Gravegangene representerer lokalt anrikede næringsområder (bl. a. i form av bakterier), og individene er i tillegg beskyttet mot konkurranse fra arter som generelt er begrenset til den øvre oksiske sonen i sedimentene og fra predasjonstrykk fra typiske overflateformer. Den store variasjonen i individtetthet mellom kjernene på dyp under den oksiske sonen styrker antakelsen om at de høye foraminiferkonsentrasjonene er lokale og primært knyttet til graveganger. Således representerer sannsynligvis kjernen fra stasjon 56, med meget lave konsentrasjoner (Fig. 2), et sedimentutsnitt som på prøvetakningstidspunktet var lite eller ikke direkte påvirket av dyptpløyende bioturbasjon. Dette er i motsetning til sedimentutsnittene representert ved de 3 andre kjernene.

Det er foreløpig bare publisert én artikkel (Corliss & van Weering, 1993) som omhandler dybdefordelingen av levende (fargede) foraminiferer i bunnsedimenter fra Skagerrak (0-15 cm kjernedyb, samlet inn i 1984). Av de fire analyserte kjernene i dét arbeidet var to fra henholdsvis 210 og 530 m vanddyb sydvest, og én fra 621 m vanddyb nordøst for det foreliggende undersøkelsesområdet. Det er ikke mulig å foreta noen direkte sammenlikning med resultatene til Corliss og van Weering da de kun analyserte fraksjonen >150 µm, men følgende punkter er verdt å merke seg: Med unntak av visse nivåer i den individfattige dypeste kjernen (fra 621 m), var *B. skagerrakensis* hyppig til dominerende på alle nivåer i de tre nevnte kjernene. Videre hadde den, i motsetning til våre kjerner fra 1993 hvor den ikke ble observert i den øvre 1 cm, sitt individmaksium i de øverste 0,5 cm i kjernene fra 210 og 621 m, mens det i kjernen fra 530 m lå på 9-13 cm. Alle 3 kjernene viste en generelt større artsdiversitet på større sedimentdyb med en høyere tetthet av flere ulike arter enn det som var tilfelle i kjernene fra 1993. Dette kan være en indikasjon på at miljøforholdene i bunnsedimentene har endret seg fra 1984 til 1993. Uansett viser det at *B. skagerrakensis* ikke

nødvendigvis er en dyptlevende infaunal art, men at den, avhengig av det rådende biogeokjemiske miljø, like gjerne kan opptre i stor hyppighet i de øverste millimeter av sedimentet som ned til nærmere 20 cm sedimentdyp. Det ser ut til at grensen for hvor dypt den kan leve primært er avhengig den nedre grensen for "bioirrigation".

Et forhold som er felles for kjernene fra 1984 og 1993 er at konsentrasjonen av levende agglutinerte individer aldri var $>1/\text{cm}^3$ på sedimentdyp > 3 cm, og i 1993-kjernene ble de aller fleste observert i de øverste 0,5 cm. Det ser således ut til at de hovedsakelig lever, og følgelig etterlater sine tomme skall, i tilnærmet samtidig avsatte sedimenter. Når det gjelder kalkformene skyldes, som tidligere nevnt, de høye levende individkonsentrasjonene på større kjernedyp primært forekomsten av *B. skagerrakensis*. Hvis vi ser bort fra denne arten, forekommer 70-83% av alle levende individer (summert over hele det fargede kjerneintervall i hver kjerne) i de øvre 0-1 cm. Foruten *B. skagerrakensis* var det i Corliss og van Weerings undersøkelse bare *Bulimina marginata* som hadde levende individkonsentrasjoner på $>1/\text{cm}^3$, med et maksimum på $1,6/\text{cm}^3$ i kjernen fra 210 m vanndyp. Denne arten var imidlertid sjelden i 1993-kjernene. På dette grunnlag er det følgelig rimelig å anta at også kalkformene, på samme måte som de agglutinerte, stort sett etterlater sine tomme skall i tilnærmet samtidig avsatte sedimenter. Det viktigste unntak fra dette er utbredelsen av *B. skagerrakensis*. Som en ytterste konsekvens av denne artens hyppige opptreden på større sedimentdyp, skulle den ideelt sett ekskluderes fra rådataene ved beregninger og tolkninger av variasjoner i både den relative hyppigheten av arter og i den totale konsentrasjonen av døde skall i en kjerne. På denne bakgrunn er det i denne undersøkelsen primært benyttet absolutte hyppigheter av enkeltarter. Når det gjelder konsentrasjonen og akkumulasjonsratene av totalfaunaene (tomme skall av alle arter) på ulike kjernedyp, vil imidlertid feilkilden ved å ekskludere den være større enn ved å beholde den, da hyppighetsvariasjonen av arten er større mellom de enkelte kjernene enn innen hver kjerne (noe som vil vanskeligjøre sammenlikninger mellom kjernene).

Stratigrafiske kronologi-problemer knyttet til bioturbasjonseffekter ble nevnt av Corliss og van Weering (1993). Med utgangspunkt i sine undersøkelser av kjerner fra ulike vanndyp (74-621 m) i Skagerrak, hevdet de at den høyere biologiske aktiviteten i de grunnere områdene forårsaker en større grad av heterogenitet (blanding) i sedimentene der enn i de dypere liggende områdene. De konkluderte med at dette ville vanskeligjøre den fremtidige bruken av bentiske foraminiferer både ved paleomiljørekonstruksjoner og ved geokjemiske studier for estimering av oksygen- eller organisk karbon-flux i bunnvannet i slike

grunne områder, rike på organisk materiale. I tillegg kommer den fysiske vertikale blandingen av sedimentene som bioturbasjonen medfører. Nå har det imidlertid blitt vist at når det gjelder ^{137}Cs -topper i sedimenter, fjerner ikke bioturbasjonen disse signalene, de blir bare svekket ved at de får en større vertikal utbredelse (Kacieszczenko & Banasik, 1981). Det er rimelig å anta at det samme gjelder for foraminifersignaler. Følgelig svekker bioturbasjonen den eksakte kronologien i kjernene og muligheten for å knytte én spesiell hendelse (faunaendring) til et bestemt årstall. Poenget er imidlertid at faunasignalene likevel vil være tilstede, om enn i en noe svekket form.

4 FAUNAUTVIKLINGEN OVER DE SISTE 200 ÅR

4.1 Akkumulasjonsraten av agglutinerte skall

I forbindelse med analysene av overflateprøvene fra 1992 og 1993 (Alve, 1994b) ble det foretatt en sammenlikning med overflatefaunadata fra samme område prøvetatt av Höglund i 1937. Denne sammenlikningen indikerte at akkumulasjonsraten av agglutinerte foraminiferskall i dypbassenget har økt fra gjennomsnittlig $16/\text{cm}^3$ til $61/\text{cm}^3$ i løpet av tidsperioden 1937 til 1993. Ser vi nå på akkumulasjonsraten av agglutinerte skall i de tre daterte 1993-kjernene fra dypbassenget (Fig. 3 og Tabell 9) og på konsentrasjonene av agglutinerte skall i kjerne 40 fra 1992 (Tabell 7), viser disse tydelig samme trend. Kjernedataene antyder imidlertid at økningen har vært enda større enn det som kom frem ved sammenlikningen av overflatedataene. Denne forskjellen skyldes sannsynligvis tildels at noen av de agglutinerte formene som er tilstede i toppsedimentene har et relativt dårlig oppbevaringspotensiale slik at deres forekomst blir underestimert på større kjernedyp. Kjernedataene underbygger imidlertid antakelsen om at det har foregått en reell økning av den agglutinerte foraminiferbestanden i Skagerrakbassenget over de siste 40-50 år.

Sedimentasjonshastigheten i Skagerrak varierer sterkt, selv innen relativt lokale områder. Eksempelvis kan det nevnes at sedimentasjonshastighetene i kjernene fra stasjonene 56, 69 og 74 (Fig. 1) av Helmar Kundendorf ble beregnet til henholdsvis 2,3, 1,1 og 1,5 mm/år. Da de her analyserte parallellkjernene fra disse stasjonene var omtrent like lange (Tabell 1), følger det at de ikke trengte like langt tilbake i tid. Den dypeste prøven fra kjerne 69 representerer således sedimenter avsatt tidlig på 1700-tallet, mens den dypeste i kjerne 56 er fra rundt 1870. På tross av dette, viser forekomsten av de agglutinerte formene relativt uforandrede verdier i de dypere deler av de 4 kjernene fra

dypbassenget. Det ser derfor ut til at den agglutinerte foraminiferbestanden har vært relativt stabil i dette området fra 1700-tallet og at økningen først startet rundt 1940-1950. Hovedøkningen i produksjonen av agglutinerte skall har antakeligvis foregått fra sent på 1960-tallet og frem til i dag.

Hvilke slutninger kan man så trekke av dette? Når det gjelder økologien til agglutinerte foraminiferer, og spesielt hvilke miljøfaktorer som er utslagsgivende for at de plutselig blomstrer opp i et område, vet vi foreløpig relativt lite. Det er forøvrig verdt å nevne at kjernestudier av sedimenter avsatt over de siste 400-500 år i Frierfjorden viste en økende forekomst av agglutinerte former i de dypere områdene (>50 m vanddyb) under "sagbrukstiden" på 1600-, 1700- og begynnelsen av 1800-tallet (Alve, in prep.). Økt organisk belastning ser også ut til å ha vært en medvirkende årsak til økt forekomst av agglutinerte former i andre kystnære områder (Alve, in press). Etter overgangen til moderne industri drift i Frierfjorden på slutten av 1800-tallet ble imidlertid den organiske belastningen så stor at det medførte stadig lengre perioder med anoksisk bunnvann og de agglutinerte formene forsvant. Nå finnes det ikke historisk dokumentasjon på frekvensen av dypvannsutskiftningen i Frierfjorden i løpet av dette tidsrommet. Følgelig er det ikke mulig å si om en eventuell nedgang i utskiftningen kan ha vært en medvirkende årsak til økningen i agglutinerte former i "sagbrukstiden", men tanken er verdt å merke seg. Når det gjelder Skagerrakbassenget, vil mulighetene for en redusert hyppighet av dypvannsutskiftningen bli drøftet senere i denne rapporten. Foreløpig er data-grunnlaget for sparsomt til at jeg våger å påstå at den økte agglutinert-bestanden skyldes høyere næringstilførsel og/eller følger av en forlenget oppholdstid av dypvannet i bassenget. Jeg vil følgelig bare påpeke at det har skjedd vesentlige endringer i den bentiske foraminiferfaunaen i de dypere deler av Skagerrak over de siste 40-50 år. Dette er en viktig observasjon i seg selv.

4.2 Endringer i faunasammensetningen

4.2.1 Dypbassenget

Sammenlikningen med Höglunds data fra 1937 antydte at det har foregått en drastisk økning i forekomsten av 4 agglutinerte arter i dypbassenget (Fig. 4). To av disse formene, *Saccamina* spp. og *Trochamminopsis pusillus*, ble ikke registrert av Höglund i dette området. Spredte individer av disse artene forekommer imidlertid på ulike dyp i kjernene, noe som viser at de har vært tilstede i området i lengere tid, men da kun som aksessoriske arter. De to andre artene,

Haplophragmoides bradyi og *Eggerelloides medius*, var de vanligste agglutinerte artene i Höglunds materiale, og de er også de hyppigst forekommende agglutinerte arter på kjernedyp som tilsvarer sedimenter avsatt før ca 1960. Som det fremgår av Fig. 4, ser det ut til at forekomsten av alle disse artene var relativt stabil fra 1700-tallet og frem til 1950-1970. Etter dette viser de en markert høyere akkumulasjonsrate, og resultatene av kjerneanalysene har således forsterket konklusjonene som ble trukket på grunnlag av sammenlikningen mellom overflatedataene fra 1937 og 1993.

De dominerende artene i Höglunds 1937-materiale fra dypbassenget var *Cassidulina laevigata*, *Pullenia* spp. og *Nonionella iridea*. På samme måte som for Höglunds overflatedata fra 1937, er disse artene også dominerende i kjernene på dyp som representerer sedimenter avsatt før ca 1970. Dette viser igjen, at resultatene fra kjerneanalysene i stor grad reflekterer den samme faunautviklingen som sammenlikningen av overflatedataene antyder.

Når det gjelder konsentrasjonen av disse kalkartene, antyder sammenlikningen mellom overflateprøvene fra 1937 og 1993 at hyppigheten av *Pullenia* spp. og *N. iridea* har økt, mens *C. laevigata* viste en avtakende tendens frem til i dag (Fig. 5). Kjernedataene ser imidlertid ut til å indikere en redusert hyppighet av alle. Dette skyldes sannsynligvis at Höglund, som plukket prøvene i våt tilstand, må ha oversett noen individer av *Pullenia* spp. og *N. iridea* da de er små og tynnskallede og er relativt transparente i våt tilstand. Når det gjelder endringer i hyppigheten av disse to artene over tid, gir følgelig kjernedataene mer pålitelige signaler enn sammenlikningen med Höglunds materiale. Endringene i hyppigheten av *Cassidulina laevigata*, som i motsetning til de to andre er en relativt stor art, viser imidlertid samme trend i både overflatesammenlikningen og i kjernedataene, med en avtakende tendens i begge. Det ser følgelig ut til at det, over de siste 40-50 år, har skjedd endringer i bunnmiljøet i dypbassenget som ikke bare har medført en økning i visse agglutinerte arters hyppighet og utbredelse, men også en reduksjon i forekomsten av flere kalkarter.

Som det fremgår av det ovennevnte, har det foregått en betydelig økning i forekomsten av *T. pusillus*, mens hyppigheten av *C. laevigata* har avtatt, spesielt over de siste 20-30 år. Uten at det er grunnlag for å trekke noen større slutninger av dette, er det i alle fall verdt å merke seg at en tilsvarende endring i forekomsten av disse to artene fant sted i Frierfjorden på 1700- og 1800-tallet (Alve, in prep.). Før avfallsproduktene fra sagbruksvirksomheten begynte å ha noen effekt på dypvannsmiljøet i Frierfjorden, dvs før ca 1580, var foraminiferfaunaen dominert av *C. laevigata*. Ettersom den organiske belastningen i

dypvannet begynte å øke og oksygenforholdene i bunnsedimentene gradvis ble forringet, endret faunasammensetningen karakter og *T. pusillus* blomstret opp. Begge forsvant imidlertid fra suksessivt grunnere vanddyp som følge av ytterligere forringede oksygenforhold ved overgangen til moderne industridrift.

4.2.2 Skråningene

Ved opparbeidingen av kjerneprøvene fra stasjon 71 (313 m vanddyp på norskeskråningen) ble det gjennom hele, observert (ved eksaminasjon av den våte >63 µm fraksjonen) et betydelig innhold av relativt lett nedbrytbart organisk materiale. Tilsvarende ble kun observert i de øverste prøvene i kjernene fra dypbassenget. Dette ga en indikasjon på at sedimentene i kjerne 71 var forstyrret, enten som følge av bioturbasjon eller eventuelt resedimentasjon. I ettertid viste det seg at Helmar Kundendorf hadde funnet at sedimentene i hans kjerne fra stasjon 71 var så forstyrret at den ikke lot seg datere. Denne kjernen var imidlertid tatt ut til ATP-analyse allerede på toktet, så døde faunaer ble analysert fra utvalgte nivåer (Tabell 10), da kjernen likevel skulle analyseres for de fargede.

Höglunds prøver fra den norske skråningen viste en sterk dominans av *C. laevigata*, og *Pullenia* spp. var også blandt de hyppigst forekommende artene. Det er, på samme måte som for dypbassenget, rimelig å anta at han underestimerte forekomsten av sistnevnte. Overflateprøvene fra 1993 viste en sterk dominans av *Pullenia osloensis* og *Textularia tenuissima*. Ser vi nå på faunasammensetningen i kjernen fra stasjon 71, viser den at den relative hyppigheten av *C. laevigata* er høyere og den av *Textularia tenuissima* er lavere på større kjernedyp, mens *Pullenia osloensis* er relativt stabil. Selv om den reduserte forekomsten av *Textularia tenuissima* til en viss grad muligens skyldes post mortem destruksjon, ser kjernedataene ut til å underbygge antakelsen om at det har foregått en moderat endring i faunasammensetningen på den norske skråningen (Alve, 1994b). Som nevnt tidligere, vil bioturbasjon av sedimentene medføre en viss svekkelse av faunasignalene, men over tid vil likevel langvarige faunaendringer reflekteres. Dette vil derimot ikke være tilfelle hvis sedimentene er resedimentert. De vil da inneholde en blandingsfauna bestående av individer akkumulert over tid i kildeområdet. Hvis miljøbetingelsene i kildeområdet avviker fra de i sedimentsjonsområdet, vil også dette kunne reflekteres i faunasammensetningen av de resedimenterte sedimentene (e.g., Alve, in prep.). Følgelig tyder variasjonene i faunasammensetningen i kjernen fra stasjon 71 på at forstyrrelsen av sedimentene her snarere skyldes bioturbasjon enn resedimentasjon.

De 3 prøvene som er analysert fra kjerne 77 på 188 m vanddyb på den danske skråningen viser ingen vesentlige endringer i faunasammensetningen (Tabell 12). I tillegg kan det nevnes at tidligere publiserte foraminiferdata fra kjerner fra samme område (stort sett <250 m vanddyb), som representerer sedimenter avsatt over de siste 100-200 år, heller ikke viste noen signifikante endringer i faunasammensetningen (Seidenkrantz, 1993). På den annen side ble det, i det samme arbeidet, påvist et faunaskifte fra en *Hyalinea balthica* fauna til en *Bulimina marginata* fauna i Kattegat. Denne faunaendringen ble forklart med at Kattegat har vært belastet med en økende mengde organisk karbon over de siste tiår, og at dette har medført dårligere oksygenforhold i bunnvannet.

Dataene fra kjerne 77 indikerer imidlertid en 2-3 dobling av individkonsentrasjonen fra 20-25 cm kjernedyb og frem til i dag. Selv om dette er i tråd med økningen som ble antydnet ved sammenlikningen med Höglunds resultater, er datagrunnlaget for lite til at det er mulig å trekke noen nærmere konklusjoner.

5 INDISIER PÅ RESENT KARBONATOPPLØSNING I DE DYPERE DELER AV SKAREGAKBASSENGET

I forbindelse med studiet av overflateprøvene fra 1992/93 pekte følgende forhold i retning av at det foregår en aktiv karbonatoppløsning i de dypere deler av Skagerrakbassenget i dag: 1) Mange av kalkskallene var skjøre og bar preg av etsing, 2) den relative hyppigheten av kalkskall var tildels betydelig høyere i de levende enn i de døde faunaene, 3) diversiteten var på noen stasjoner høyere i de levende enn i de døde faunaene på samme stasjon, 4) den relative hyppigheten av agglutinerte former var, i motsetning til prøvene fra skråningene, høyere (gjennomsnittlig 7%) i 1-2 cm intervallet enn i den øvre 0-1 cm av sedimentet.

Hvis vi nå ser på akkumulasjonsratene av tomme foraminiferskall i de 3 daterte kjernene, ser de ut til å ha vært relativt stabile, innen hver kjerne, fra rundt midten av forrige århundre og frem til ca 1970 i kjernene fra stasjon 56 og 74, og frem til ca 1930 i kjernen fra stasjon 69 (Fig. 6 og 7). Etter dette, viser de avtakende trender frem til i dag. Denne reduksjonen gjelder kun kalkformene, da de agglutinerte tvert imot viser en økende tendens. Kalkskallsreduksjonen er tolket som å være et resultat av at miljøbetingelsene i dybassenget har endret seg på en måte som har medført økt karbonatoppløsning i overflatesedimentene. Det at verdiene er noe høyere i de to grunneste prøvene,

spesielt i kjerne 56 og 74, avspeiler sannsynligvis en "timelag" mellom det tidspunktet individene døde og når de ble oppløst. De tildels store variasjonene i sedimentasjonshastighetene på de 3 relativt nært beliggende stasjonene avspeiler kompleksiteten i sedimentasjonsmønsteret i området. Nå viser det seg at akkumulasjonsraten av foraminiferskall før oppløsningen begynte å gjøre seg gjeldende var lavest (150-200 individer/10 cm²/år) på stasjon 69 som viste den laveste sedimentasjonshastigheten (1,1 mm per år), noe høyere (rundt 300 individer/10 cm²/år) på stasjon 74 (med 1,5 mm per år), og høyest (rundt 350-400 individer/10 cm²/år) på stasjon 56 som også hadde den høyeste sedimentasjonshastigheten (2,3 mm per år). Hvis vi nå forutsetter at dateringene er riktige, ser det følgelig ut til at det har vært en positiv sammenheng mellom produksjonshastigheten av foraminiferskall og sedimentasjonshastigheten på disse 3 stasjonene. Dette ser imidlertid ikke ut til å gjelde under dagens avsetningsforhold, da konsentrasjonene av levende foraminiferer i overflatesedimentene var usedvanlig like på alle 3 stasjonene (Fig. 2).

Totalt sett synes kjernedataene å støtte konklusjonen som ble trukket på grunnlag av overflatedataene om at det foregår en aktiv karbonat-oppløsning i dypbassenget i dag. Videre peker de i retning av at oppløsningen er knyttet til endringer sedimentasjonsmiljøet som primært inntraff rundt 1970, men som i lokale områder med meget lave sedimentasjonshastigheter hadde effekter allerede på 1940-tallet (forutsatt at datering av kjernen fra stasjon 69 er riktig).

Sammenlikningen med Höglunds materiale ga en indikasjon på at det har foregått en økning, ikke bare i forekomsten av de agglutinerte formene, men også når det gjelder kalkformene fra 1937 og frem til idag. På grunn av kalkoppløsningen kan ikke kjernedataene bidra til å belyse dette nærmere. Det man imidlertid kan gjøre er å få et bilde av hvordan akkumulasjonsraten hadde vært hvis det ikke hadde foregått noen nevneverdig oppløsning og dersom produksjonen av kalkskall hadde vært konstant før og etter 1970. Dette har blitt gjort ved å anta konstant akkumulasjonsrate av kalkskall i perioden 1870-1993 og ved, på hvert post-1970 kjernenivå, å legge den gjennomsnittlige akkumulasjonsraten av kalkskall produsert mellom 1870 og 1970 til akkumulasjonsraten av agglutinerte skall for det samme nivå (Fig. 6). Som forventet gir dette en netto økning i akkumulasjonshastighetene sammenliknet med 1937-nivået. Om disse avspeiler den reelle utviklingen eller om produksjonen av kalkskall har økt, slik at verdiene egentlig skulle ha vært høyere, er det ikke mulig å si noe om.

6 INDISER PÅ ENDRINGER I VANNMASSENES SIRKULASJONS- MØNSTER OVER DE SISTE 200 ÅR

Forekomsten av planktoniske foraminiferer avtar gjennomgående oppover i alle kjernene fra dypbassenget (Fig. 8 og 9; Tabell 7). Man kan spekulere på om dette også skyldes oppløsningseffekter. Sammenlikner vi imidlertid akkumulasjonsraten av de bentiske og de planktoniske kalkskallene, går det frem at mens de bentiske primært viser en avtakende tendens etter 1970, avtar de planktoniske (med et par unntak) jevnt fra bunn til topp i alle kjernene. Da nå både de bentiske kalkskallene og de planktoniske skallene består av kalsiumkarbonat (ikke aragonitt) er det usannsynlig at en eventuell oppløsning bare skulle ha påvirket planktonskallene. Det er derfor rimelig å anta at den avtakende tendensen frem til ca 1970 representerer en reell nedgang i tilførselen av planktoniske skall mens nedgangen etter 1970, på samme måte som for de bentiske skallene, er påvirket av oppløsningseffekter.

Hvordan kan man så forklare at tilførselen av planktoniske foraminiferer ser ut til å ha avtatt over de siste par hundre årene? Planktoniske foraminiferer lever hverken i Skagerrak eller i Nordsjøen i dag og de tomme, stort sett juvenile skallene som finnes i området er fraktet inn med Atlanterhavsvann. Dypvannsutskiftingen i Skagerrakbassenget, som skilles fra resten av Nordsjøen med en terskel på ca 270 m vanddyb og har et maksimumsdyp på rundt 700 m, kan foregå på to forskjellige måter. Enten ved influks av Atlanterhavsvann med høy tetthet, eller ved influks av Nordsjøvann som avkjøles under kalde vintre og strømmer ned i bassenget (Ljøen og Svansson, 1972; Aure og Dahl, 1994). Det sistnevnte medfører at bassenget tilføres kaldere og mindre saline vannmasser, og det kan således registreres når denne prosessen har foregått.

Med utgangspunkt i målinger av salinitet, temperatur, tetthets- og oksygenkonsentrasjoner i perioden 1947 til 1991, anslo Aure og Dahl (1994) at den gjennomsnittlige oppholdstiden for dypvannet i Skagerrakbassenget var omtrent 25 måneder. I 1990 observerte de usedvanlig lave oksygenkonsentrasjoner i bassenget (4,8 ml/l) og antok at dette hadde sammenheng med en forlenget oppholdstid (på 40 måneder), trolig betinget av det høye temperaturregimet i Nordsjøen sent på 1980-tallet. Så vidt meg bekjent, eksisterer det ikke målinger i området fra før 1947. Det er følgelig ikke mulig å si noe sikkert om sirkulasjonsmønsteret i dypvannet har endret seg i løpet av de siste 200 år. Da tilførselen av planktoniske foraminiferer imidlertid er såvidt nært knyttet til tilførselen av Atlanterhavsvann, og da konsentrasjonen av disse skallene viser en så gjennomgående avtakende tendens opp gjennom alle de 4 analyserte kjernene fra dypbassenget, er det rimelig å

anta at dette avspeiler at tilførselen av Atlanterhavsvann har avtatt i løpet av denne tidsperioden.

7 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Levende faunaer

Analyser av levende bentiske foraminiferers vertikale utbredelse i 4 kjerner fra Skagerrak, har vist:

- 1) Høye konsentrasjoner av *B. skagerrakensis* ned til nærmere 20 cm kjernedyp både på den norske skråningen (313 m vanddyb) og i dypbassenget (595-640 m) viser at "bioirrigation" i disse områdene er aktiv på sedimentdyp betydelig under den oksiske sonen.
- 2) Oksygen-konsentrasjonene og næringstilgangen i graverør ned til ca 20 cm sedimentdyp er høye nok til at *B. skagerrakensis* er i stand til å leve og reprodusere i tilknytning til rørene på tross av de anoksiske forhold i de omkringliggende sedimentene.
- 3) Levende individer av alle de andre kalkformene ble hovedsakelig observert i de øverste 0-1 cm av sedimentene, men med en tydelig maksimumsopptreden i de øverste 0-0,5 cm. Dette indikerer at alle kalkformene, med unntak av *B. skagerrakensis*, ser ut til å etterlate seg sine tomme skall i tilnærmet samtidig avsatte sedimenter.
- 4) Levende agglutinerte former er hovedsakelig observert i de øverste 0,5 cm av sedimentene. De ser følgelig også ut til å etterlate seg sine tomme skall i tilnærmet samtidig avsatte sedimenter når de dør. Dette medfører at fordelingen av alle de agglutinerte og de aller fleste kalkskall i utgangspunktet, dvs før eventuell bioturbasjon påvirker deres distribusjon, opptrer kronologisk i sedimentene.

Døde faunaer

Foraminiferanalyser av døde skall i 6 kjerner fra Skagerrak, som trenger gjennom sedimenter avsatt over de siste par hundre år, har vist:

- 1) Akkumulasjonshastigheten (produksjonen) av agglutinerte skall ser ut til å ha vært relativt stabil i dypbassenget fra 1700-tallet og frem til ca 1940/1950, og at den har økt med en faktor på 5-6 siden sent på 1960-tallet.

2) Av de fire agglutinerte artene som var hyppigst forekommende øverst i kjernene, var *Haplophragmoides bradyi* og *Eggerelloides medius* også de dominerende agglutinerte artene før økningen startet, mens *Trochamminopsis pusillus* og *Saccamina* spp var meget sjeldne.

3) *Pullenia* spp, *Nonionella iridea* og *Cassidulina laevigata* var de dominerende kalkartene før ca 1940/1950. Alle viser en redusert akkumulasjonshastighet frem til idag.

4) Faunavariasjonene i den udaterte kjernen fra den norske skråningen indikerer at det kun har foregått en meget moderat endring i faunasammensetningen i dette området.

5) Dataene fra den danske skråningen er for få til at det kan trekkes noen nærmere konklusjoner, men antyder ingen vesentlige endringer i faunasammensetningen. Skallproduksjonen ser imidlertid ut til å ha økt.

6) Det ser ut til å ha foregått endringer i sedimentsjonsmiljøet i dypbassenget rundt 1970, som bl.a. har medført en økt karbonat-oppløsning. Lokalt kan dette ha foregått allerede fra 1940-tallet.

Alt dette er i god overensstemmelse med konklusjonene som ble trukket på grunnlag av sammenlikningen mellom Höglunds overflatedata fra 1937 og overflatedataene fra 1992/1993. Det eneste unntaket er at kjernedataene viser en redusert hyppighet av *Pullenia* spp. og *Nonionella iridea* frem til i dag, mens sammenlikningen mellom overflatedataene viste en økning. Dette har sannsynligvis sammenheng med at de er små og i våt tilstand er lette å overse, slik at Höglund underestimerte deres hyppighet. Følgelig ser kjerneanalysene, i dette tilfellet, ut til å ha gitt mer pålitelige resultater.

7) En gjennomgående avtakende akkumulasjonshastighet av planktoniske foraminiferer opp gjennom alle de 4 kjernene fra dypbassenget antyder at det har foregått endringer i dypvanns-sirkulasjonsmønsteret over de siste ca 200 år, ved at tilførselen av Atlanterhavsvann har avtatt.

Dette er den første undersøkelsen som har dokumentert langtidsendringer i foraminiferfaunaer både ved kjernedata og ved sammenlikninger av tidligere tiders overflatefaunaer med dagens. Det at begge analysemetoder i store trekk gir tilsvarende resultatene, viser at metoden med å benytte foraminiferer i miljøstudier har et stort potensiale som bør benyttes i betydelig større grad i fremtiden.

REFERANSER

- Alve, E., 1990. Variations in estuarine foraminiferal biofacies with diminishing oxygen conditions in Drammensfjord, S.E. Norway. In: C. Hemleben, D.B. Scott, M. Kaminski, and W. Kuhnt (eds.). *Paleoecology, Biostratigraphy, Paleooceanography, and Taxonomy of Agglutinated Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers: 661-694.
- Alve, E., 1994a. Opportunistic features of the foraminifer Stainforthia fusiformis (Williamson): evidence from Frierfjord, Norway. *J. Micropalaeontol.* 13: 24.
- Alve, E., 1994b. Indisier på miljøendringer i den nordvestre del av Skagerak over de siste 50 til 60 år basert på benthiske foraminiferanalyser av overflatesedimenter (0-2cm) fra 1992/1993 og Höglunds foraminiferdata fra 1937. NGU Rapport 94.100, 50s.
- Alve, E., (in press). Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. *Journal of Foraminiferal Research*, 25: .
- Alve, E. (in prep.) Foraminiferal evidence of temporal changing oxygen concentrations in the organically polluted Frierfjord, Norway.
- Alve, E. and Bernhard, J.M., 1995. Vertical migratory response of benthic foraminifera to controlled oxygen concentrations in an experimental mesocosm. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 116: 137-151.
- Aure, J. and Dahl, E., 1994. Oxygen, nutrients, carbon and water exchange in the Skagerrak Basin. *Continental Shelf Res.*, 14: 965-977.
- Bakker, J.F. and Helder, W., 1993. Skagerrak (northeastern North Sea) oxygen microprofiles and porewater chemistry in sediments. *Mar. Geol.*, 111: 299-321.
- Bernhard, J.M., 1992. Benthic foraminiferal distribution and biomass related to pore-water oxygen content: Central California Continental Slope and Rise. *Deep Sea Res.*, 39: 585-605.
- Bernhard, J.M. and Reimers, C.E., 1991. Benthic foraminiferal population fluctuations related to anoxia: Santa Barbara Basin. *Biogeochemistry*, 15: 127-149.
- Corliss, B.H., 1985. Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. *Nature*, 314: 435-438.
- Corliss, B.H. and van Weering, T.C.E., 1993. Living (stained) benthic foraminifera within surficial sediments of the Skagerrak. *Marine Geology*, 111: 323-335.
- Feyling-Hanssen, R.W., 1954. Late-Pleistocene Foraminifera from the Oslofjord Area, Southeast Norway. *Norsk Geol. Tidsskr.*, vol. 33.
- Gooday, A.J., 1986. Meiofaunal foraminiferans from the bathyal Porcupine Seabight (northeast Atlantic): size structure, standing

- stock, taxonomic composition, species diversity and vertical distribution in the sediments. *Deep Sea Res.*, 33: 1345-1373.
- Heron-Allen, E. and Earland, A., 1932. Foraminifera. Part I. The icefree area of the Falkland Islands and adjacent seas. *Discovery Rep.* 4.
- Höglund, H., 1947. Foraminifera in the Gullmar Fjord and the Skagerrak. *Zoologiska Bidrag från Uppsala*, 26: 328 pp.
- Josefson, A.B., 1981. Persistence and structure of two deep macrobenthic communities in the Skagerrak (west coast of Sweden). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 50: 63-97.
- Kacieszczenko, J. and Banasik, Z., 1981. An effect of bioturbation on the results of the ^{137}Cs dating technique used for lacustrine sediments. *Ekologia Polska*, 29: 615-623.
- Linke, P. and Lutze, G.F., 1993. Microhabitat preferences of benthic foraminifera - a static concept or a dynamic adaption to optimize food acquisition? *Mar. Micropaleontol.*, 20: 215-234.
- Ljøen, R. and Svansson, A., 1972. Long term variations of subsurface temperatures in the Skagerrak. *Deep-Sea Res.*, 19: 277-288.
- Moodley, L. and Hess, C., 1992. Tolerance of infaunal benthic foraminifera for low and high oxygen concentrations. *Biol. Bull.*, 183: 94-98.
- Murray, J.W., 1991. Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera: Longman, 397 p.
- Seidenkranz, M.-S., 1993. Subrecent changes in the foraminiferal distribution in the Kattegat and the Skagerrak, Scandinavia: anthropogenic influence and natural causes. *Boreas*, 22: 383-395.
- Thomsen, L. and Altenbach, A.V., 1993. Vertical and areal distribution of foraminiferal abundance and biomass in microhabitats around inhabited tubes of marine echiurids. *Mar. Micropaleontol.*, 20: 303-309.
- Van Weering, T.C.E., Berger, G.W., and Kalf, J., 1987. Recent sediment accumulation in the Skagerrak, northeastern North Sea. *Neth. Jour. Sea Res.*, 21: 177-189.

FIGUROVERSIKT

- Fig. 1. Batymetrisk kart over undersøkelsesområdet. Stasjonene hvor de analyserte kjernene er tatt er avmerket med symboler som tilsvarer prøvetakningsåret.
- Fig. 2. Variasjonen i individkonsentrasjonen av levende (fargede) foraminiferer gjennom kjerner fra stasjonene 56, 69, 71 og 74.
- Fig. 3. Akkumulasjonshastigheten av døde agglutinerte skall i kjernene fra stasjon 56 og 74. Histogrammene i nederste høyre hjørne viser den gjennomsnittlige konsentrasjonen av agglutinerte skall i overflateprøvene fra dypbassenget i 1937 og 1992/93 (data fra Alve, 1994b).
- Fig. 4. Akkumulasjonshastigheten av de 4 hyppigst forekommende døde agglutinerte formene i kjernene fra stasjon 56 og 74. Histogrammene i nederste høyre hjørne viser deres gjennomsnittlige konsentrasjon i overflateprøvene fra dypbassenget i 1937 og 1992/93 (data fra Alve, 1994b).
- Fig. 5. Akkumulasjonshastigheten av de 3 hyppigst forekommende døde kalkformene i kjernene fra stasjon 56 og 74. Histogrammene i nederste høyre hjørne viser deres gjennomsnittlige konsentrasjon i overflateprøvene fra dypbassenget i 1937 og 1992/93 (data fra Alve, 1994b).
- Fig. 6. Akkumulasjonshastigheten av tomme skall i kjernene fra stasjon 56 og 74. Den stiplede linjen viser hva akkumulasjonshastigheten hadde vært etter 1970 hvis det ikke hadde foregått noen kalkoppløsning og under forutsetning av at produksjonen av kalkskall har vært konstant fra 1870.
- Fig. 7. Akkumulasjonshastigheten av tomme skall i kjerne 69.
- Fig. 8. Akkumulasjonshastigheten av planktoniske skall og bentiske kalkskall i kjernene fra stasjon 56 og 74.
- Fig. 9. Akkumulasjonshastigheten av planktoniske skall og bentiske kalkskall i kjernen fra stasjon 69.

TABELLOVERSIKT

Tabell 1. Kjernes stasjonsnummer, prøvetakningsår, posisjon, vanddyb og lengde.

Tabell 2. ATP-data. Antall levende individer av ulike arter i de øvre 6 cm av kjernene fra stasjon 56 og 71.

Tabell 3. Faunadata for de fargede individene i kjerne 56. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst én prøve er tatt med.

Tabell 4. Faunadata for de fargede individene i kjerne 69. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst én prøve er tatt med.

Tabell 5. Faunadata for de fargede individene i kjerne 71. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst én prøve er tatt med.

Tabell 6. Faunadata for de fargede individene i kjerne 74. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst én prøve er tatt med.

Tabell 7. Faunadata for tomme skall i kjerne 40. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

Tabell 8. Faunadata for tomme skall i kjerne 56. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

Tabell 9. Faunadata for tomme skall i kjerne 69. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

Tabell 10. Faunadata for tomme skall i kjerne 71. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

Tabell 11. Faunadata for tomme skall i kjerne 74. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

Tabell 12. Faunadata for tomme skall i kjerne 77. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

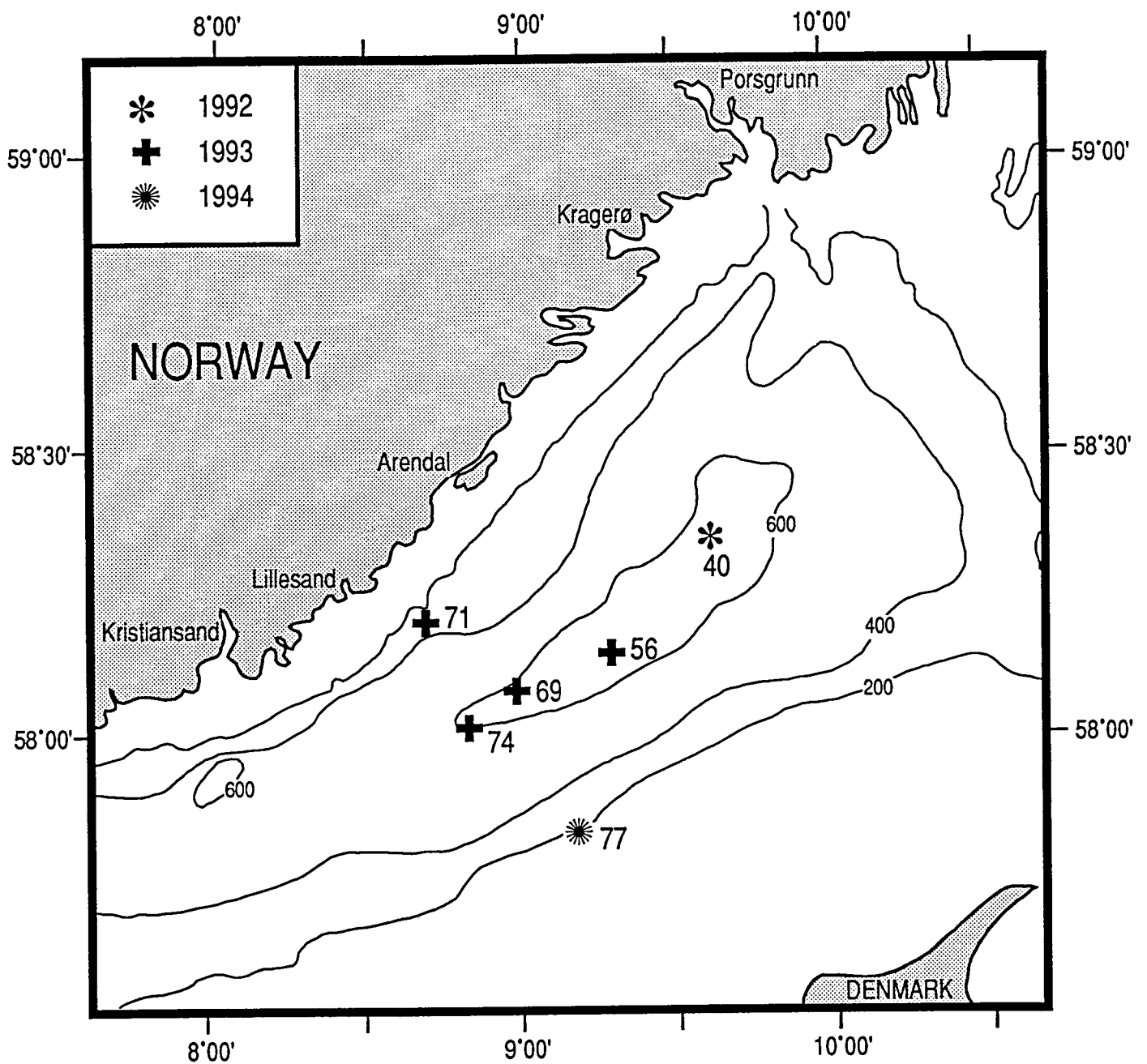


Fig. 1. Batymetrisk kart over undersøkelsesområdet. Stasjonene hvor de analyserte kjernene er tatt er avmerket med symboler som tilsvarer prøvetakningsåret.

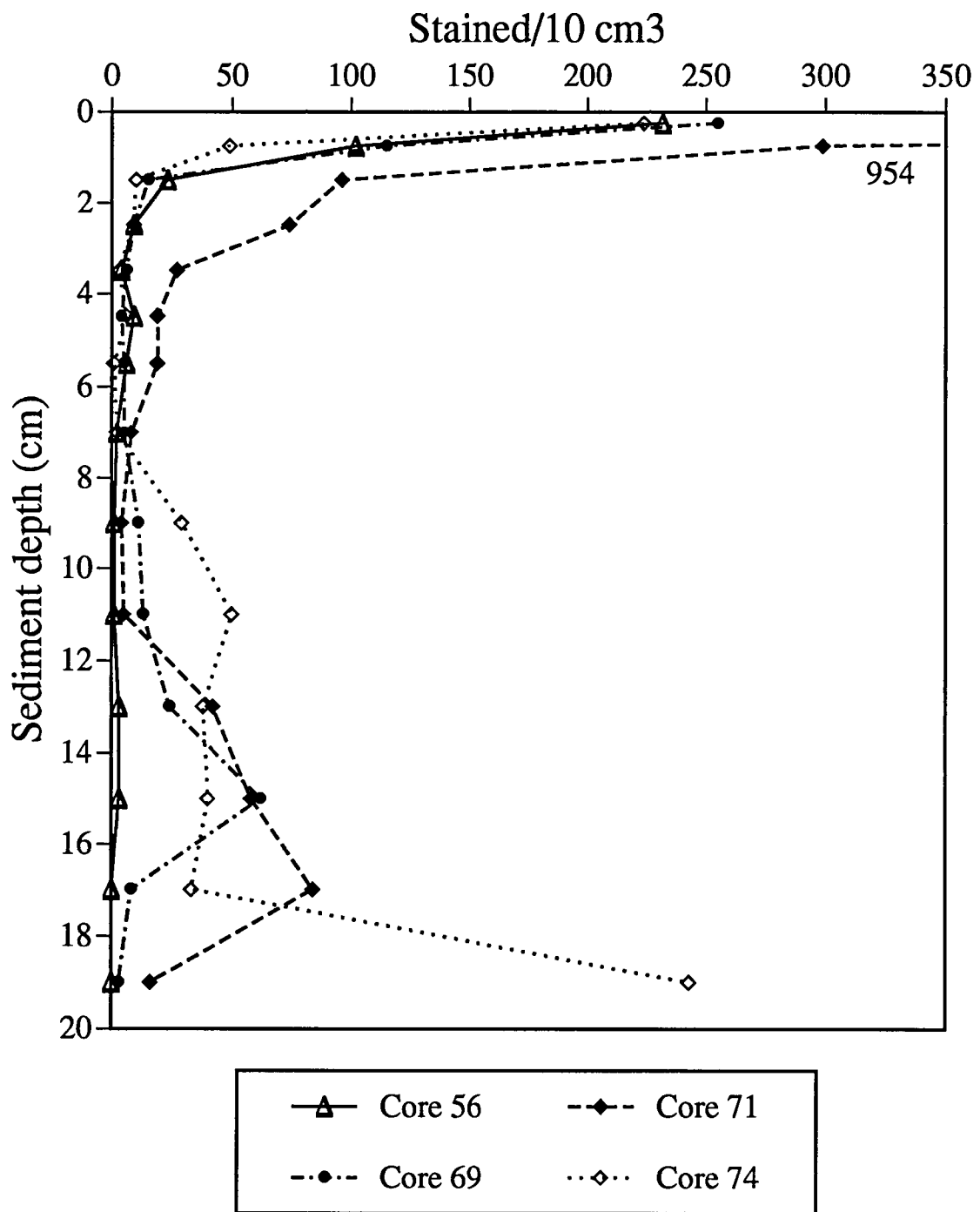


Fig. 2. Variasjonen i individkonsentrasjonen av levende (fargede) foraminiferer gjennom kjerner fra stasjonene 56, 69, 71 og 74.

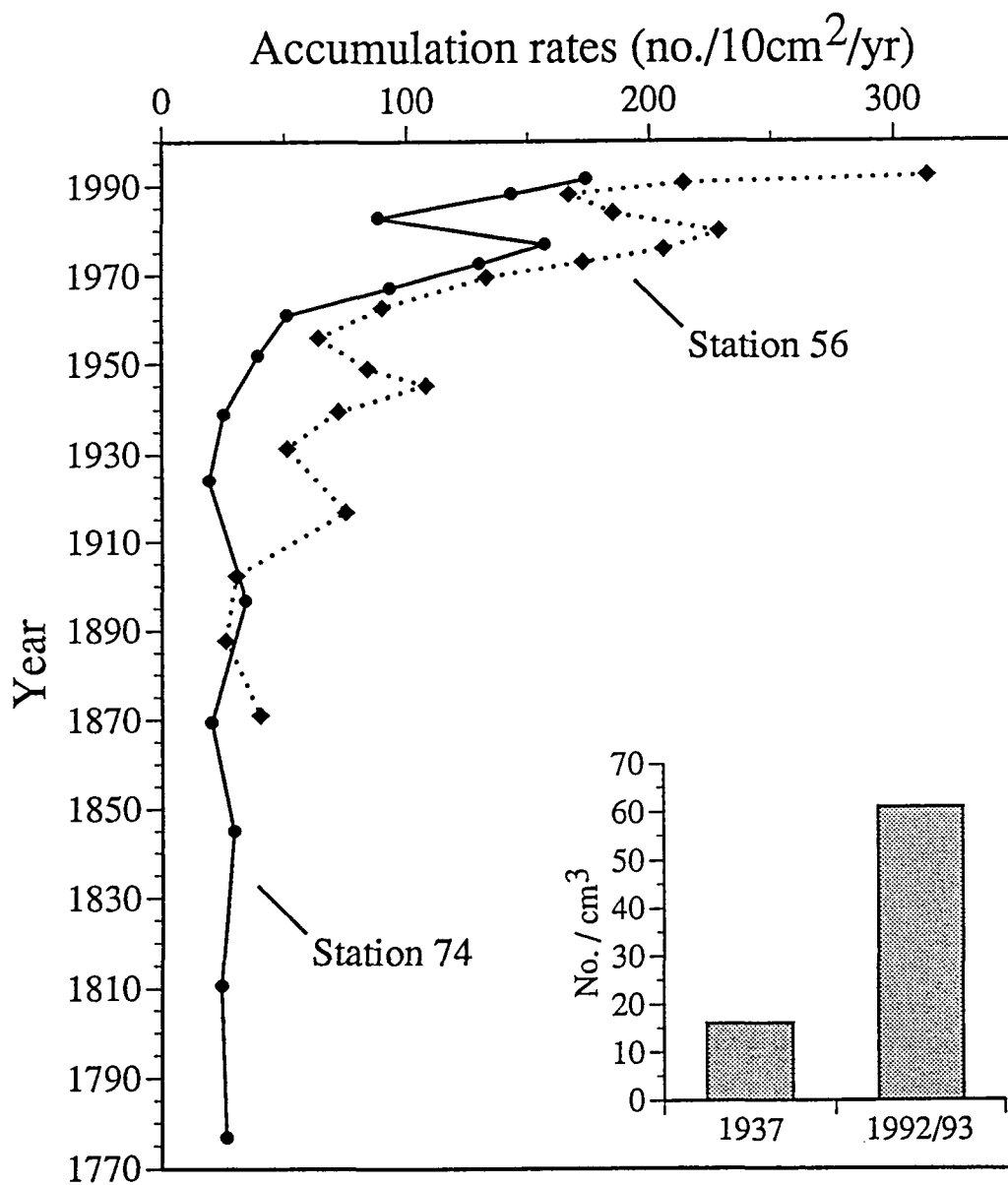


Fig. 3. Akkumulasjonshastigheten av døde agglutinerte former i kjernene fra stasjon 56 og 74. Histogrammene i nederste høyre hjørne viser den gjennomsnittlige konsentrasjonen av agglutinerte skall i overflateprøvene fra dypbassenget i 1937 og 1992/93 (data fra Alve, 1994b).

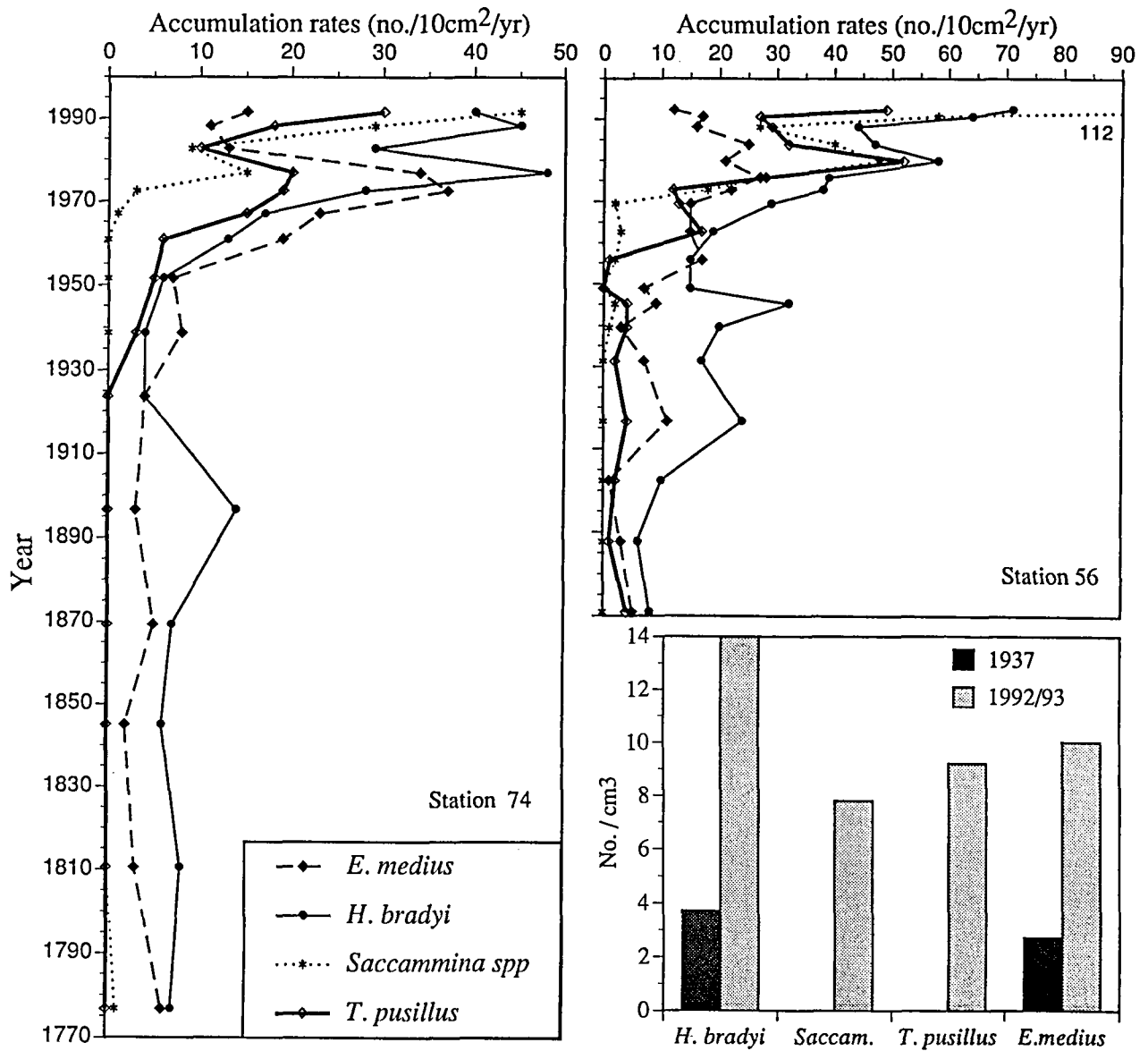


Fig. 4. Akkumulasjonshastigheten av de 4 hyppigst forekommende døde agglutinerte formene i kjernene fra stasjon 56 og 74. Histogrammene i nederste høyre hjørne viser deres gjennomsnittlige konsentrasjon i overflateprøvene fra dypbassenget i 1937 og 1992/93 (data fra Alve, 1994b).

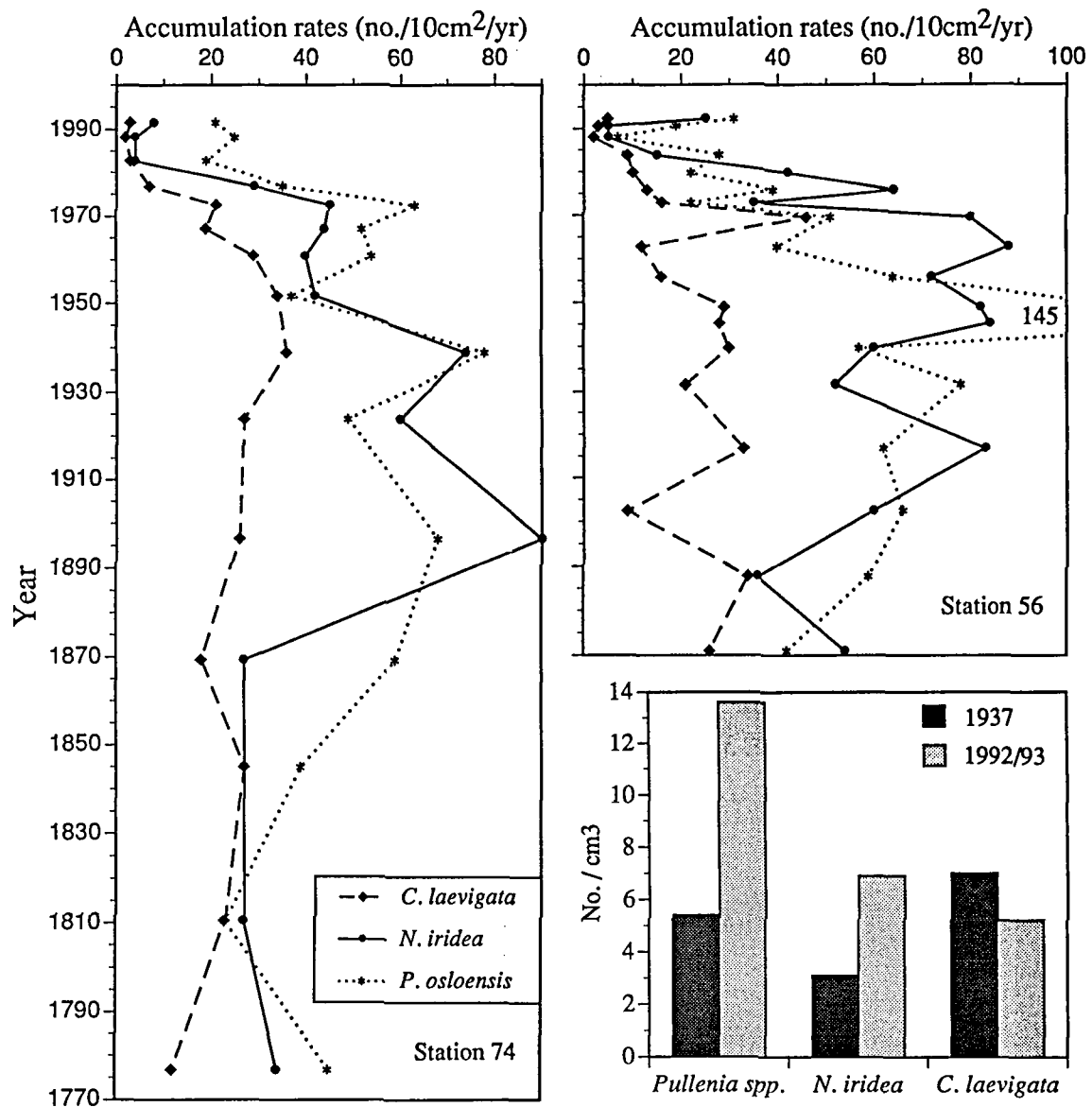


Fig. 5. Akkumulasjonshastigheten av de 3 hyppigst forekommende døde kalkformene i kjernene fra stasjon 56 og 74. Histogrammene i nederste høyre hjørne viser deres gjennomsnittlige konsentrasjon i overflateprøvene fra dybbassenget i 1937 og 1992/93 (data fra Alve, 1994b).

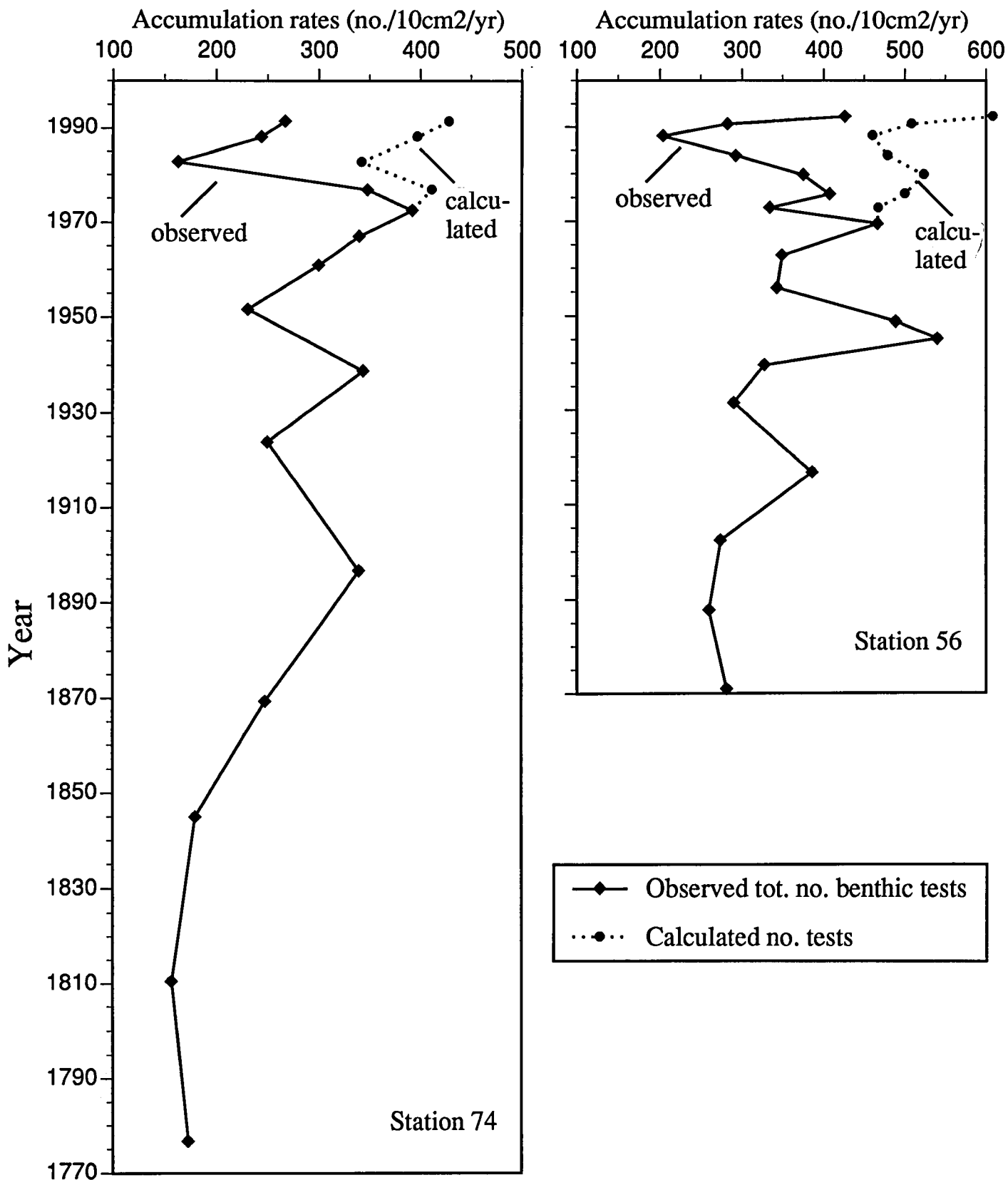


Fig. 6. Akkumulasjonshastigheten av tomme skall i kjernene fra stasjon 56 og 74. Den stiplede linjen viser hva akkumulasjonshastigheten hadde vært etter 1970 hvis det ikke hadde foregått noen kalkopløsning og under forutsetning av at produksjonen av kalkskall har vært konstant fra 1870.

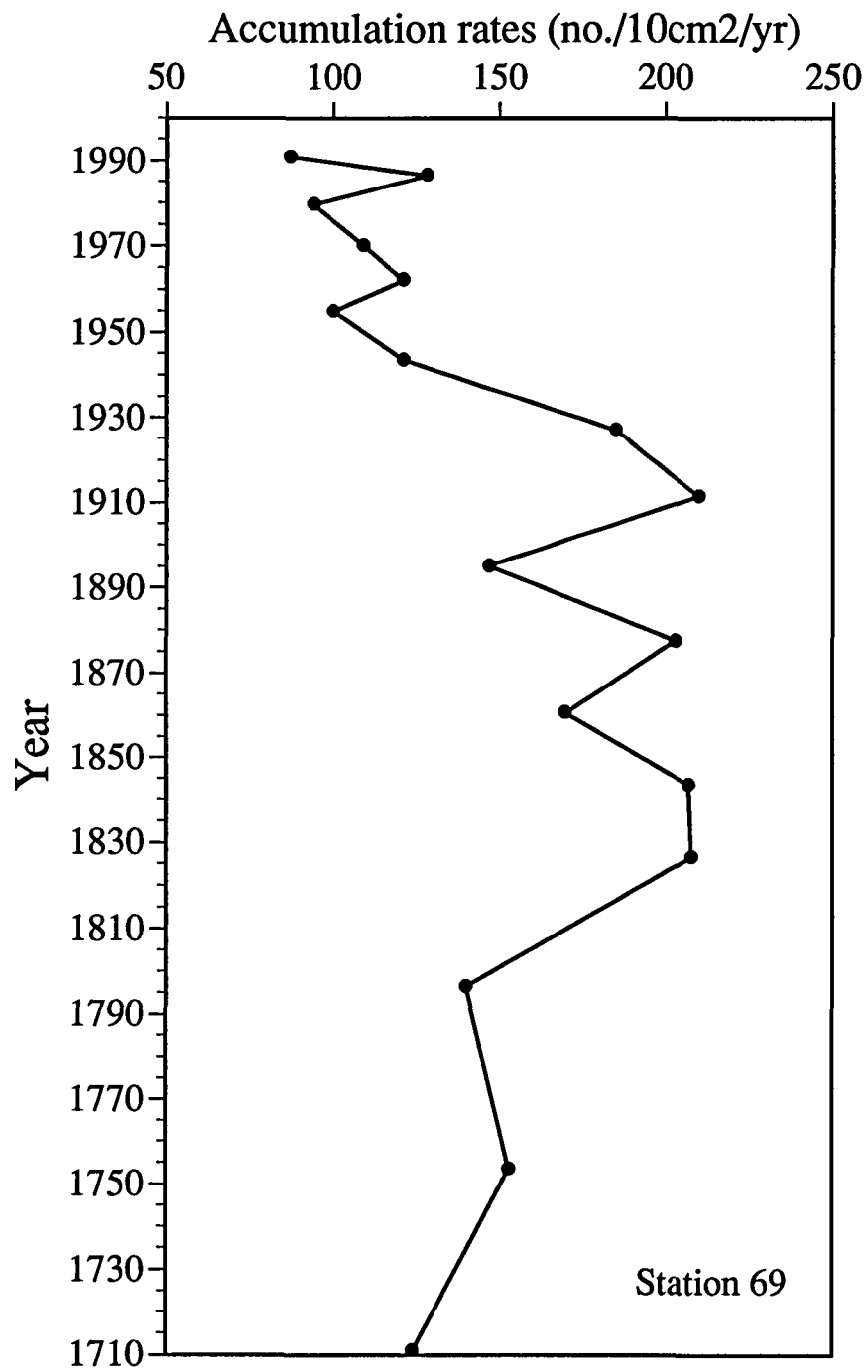


Fig. 7. Akkumulasjonshastigheten av tomme skall i kjerne 69.

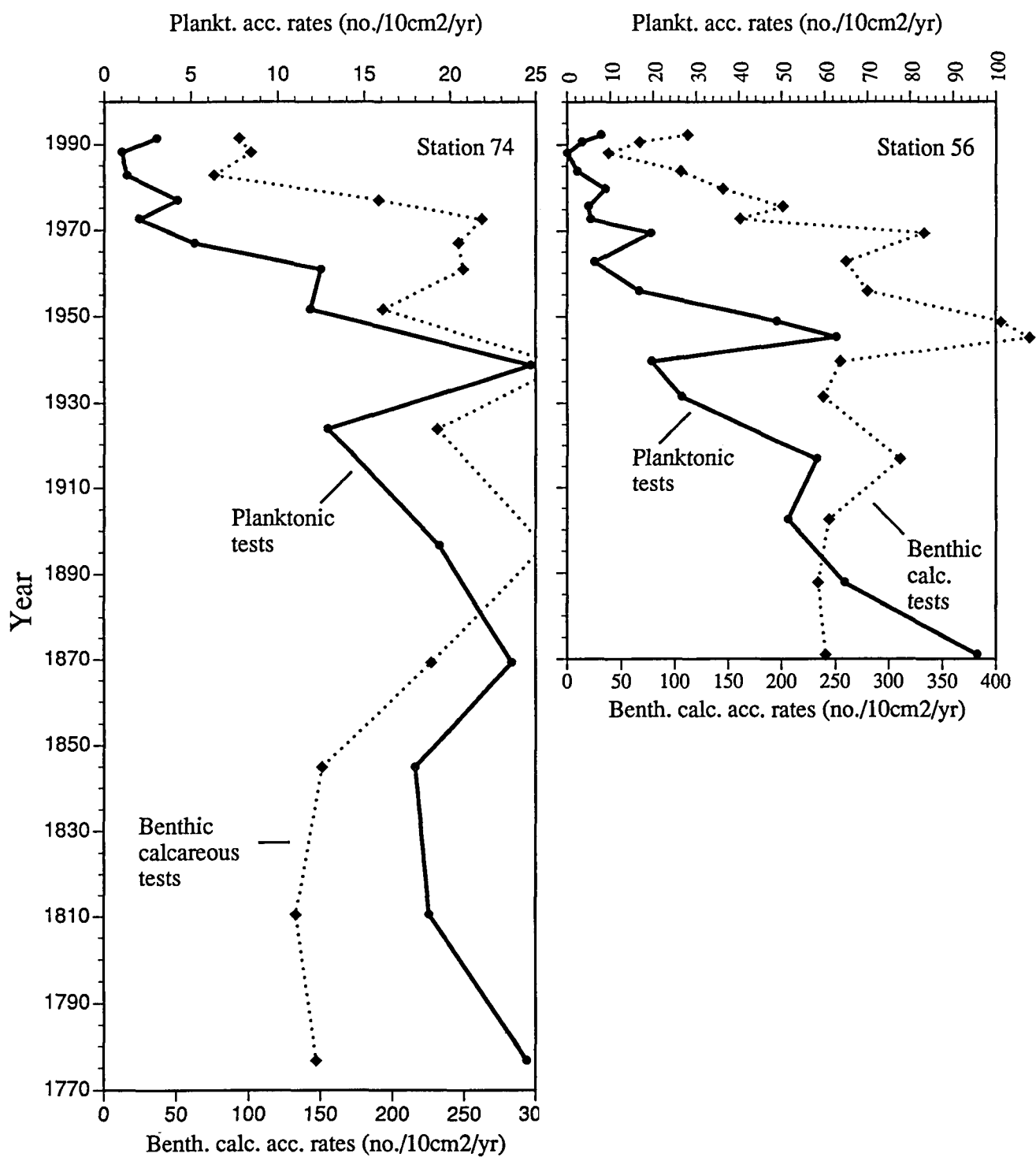


Fig. 8. Akkumulasjonshastigheten av planktoniske skall og benthiske kalkskall i kjernene fra stasjon 56 og 74.

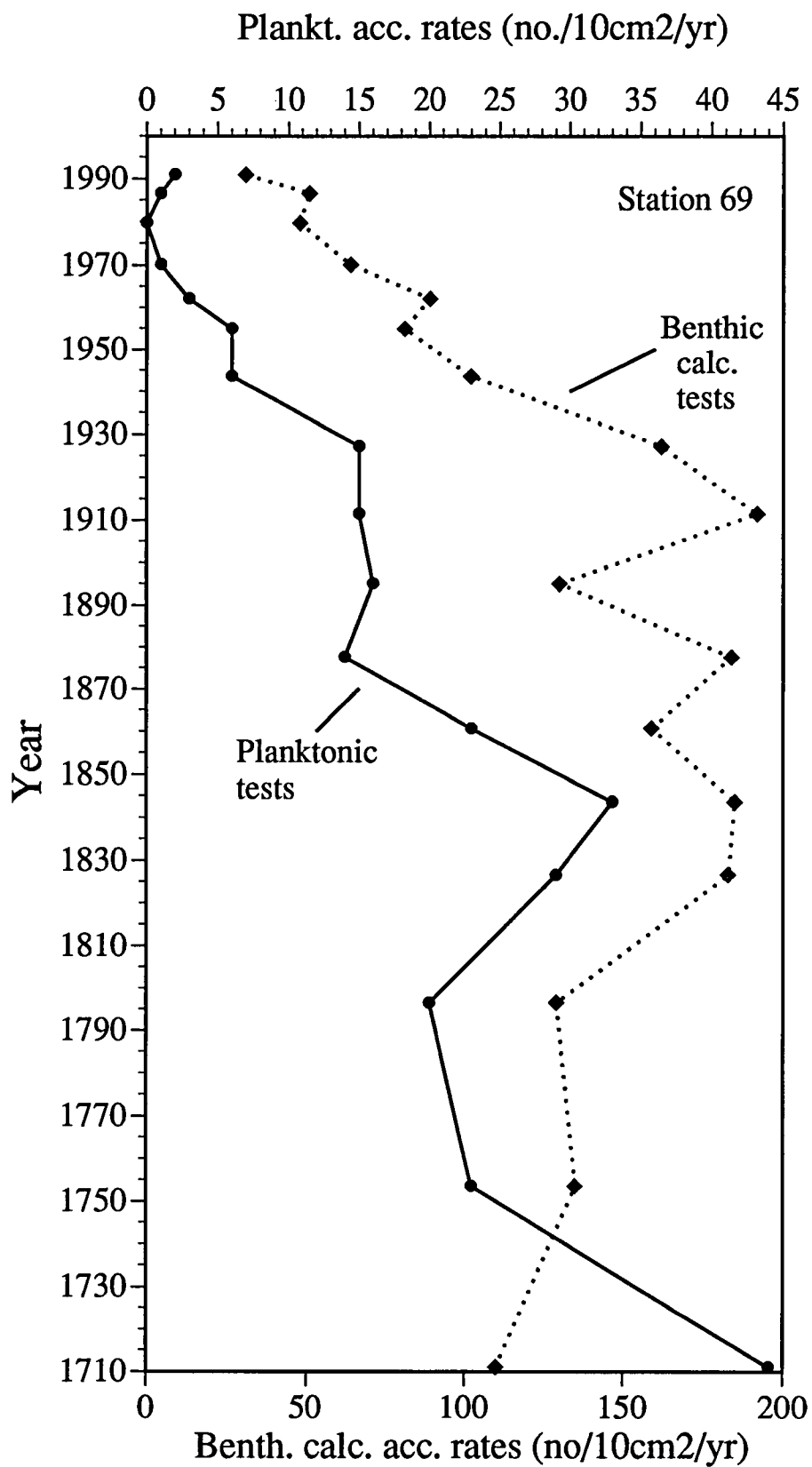


Fig. 9. Akkumulasjonshastigheten av planktoniske skall og benthiske kalkskall i kjernen fra stasjon 69.

Station	Year	Latitude (°N)	Longitude (°E)	Depth (m)	Core length (cm)
40	1992	58° 21.31'	09° 37.52'	647	55
56	1993	58° 09.28'	09° 17.39'	652	37
69	1993	58° 05.20'	08° 56.98'	640	35
71	1993	58° 12.10'	08° 42.36'	313	45
74	1993	58° 01.39'	08° 49.99'	595	35
77	1994	57° 51.48'	09° 10.04'	188	29

Tabell 1. Kjernesens stasjonsnummer, prøvetakningsår, posisjon, vanddyb og lengde.

Core 56, live individuals

Depth (cm)	0.0-0.5	0.5-1.0	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
<i>R. micacea</i>	3				N.D.		
<i>H. bradyi</i>	1				N.D.		
<i>Triloculina sp.</i>	2				N.D.	1	
<i>Fissurina sp.</i>	1				N.D.		
<i>P. subcarinata</i>		1			N.D.		
<i>G. auriculata</i>		1			N.D.		
<i>P. osloensis</i>				1	N.D.		1
<i>S. fusiformis</i>				1	N.D.		
<i>E. vitrea</i>				1	N.D.		
<i>E. medius</i>				1	N.D.		
<i>B. skagerrakensis</i>					N.D.	1	
<i>Saccammina sp.</i>					N.D.	1	
No. live/10 cm ³	176	40	0	32	N.D.	56	13

Core 71, live individuals

Depth (cm)	0.0-0.5	0.5-1.0	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
<i>T. tenuissima</i>	4	1			N.D.		
<i>C. laevigata</i>	2				N.D.		
<i>E. medius</i>	2	2			N.D.		
<i>R. micacea</i>	1	1			N.D.		
<i>P. osloensis</i>	1				N.D.		1
<i>H. bradyi</i>	1	1			N.D.		
<i>R. trochamminiforme</i>	1				N.D.		
<i>L. goesi</i>	1	4			N.D.		
<i>T. gracillima</i>	1				N.D.		
<i>H. balthica</i>		1			N.D.	1	
<i>G. auriculata</i>			1		N.D.		
<i>S. fusiformis</i>				1	N.D.		
<i>C. lobatulus</i>				1	N.D.		
<i>B. marginata</i>					N.D.		1
No. live/10 cm ³	515	256	32	60	N.D.	36	69

Tabell 2. ATP-data. Antall levende individer av ulike arter i de øvre 6 cm av kjernene fra stasjon 56 og 71.

Core 56, stained/10 cm³

Depth (cm)	0-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20
<i>Earlandamina</i>	5	7	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>H. bradyi</i>	20	10	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>H. guttifer</i>	15	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>R. micacea</i>	21	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>R. charoides</i>	15	9	9	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Saccamina spp</i>	7	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. skagerrakensis</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	3	2	0	0
<i>E. vitrea</i>	40	13	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
No. counted	227	100	46	18	8	17	11	8	3	4	11	11	0	0
Total no. in sample	227	100	46	18	8	17	11	8	3	4	11	11	0	0
Stained/10 cm ³	232	102	23	9	4	9	6	2	1	1	3	3	0	0
Cumulative %	49	70	80	84	86	90	92	94	94	95	98	100	100	100
% agglutinated	55	59	59	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0	0
Agglutinated/10 cm ³	127	60	14	3	3	4	2	<<1	0	<<1	0	0	0	0
No. spp	47	26	18	14	6	9	7	6	2	3	2	2	0	0

Tabell 3. Faunadata for de fargede individene i kjerne 56. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst én prøve er tatt med.

Core 69, stained/10 cm³

Depth (cm)	0-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-25	25-30	30-35
<i>E. medius</i>	12	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>H. membranaceum</i>	66	22	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>R. micacea</i>	8	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>R. charoides</i>	15	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. pusillus</i>	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. skagerrakensis</i>	0	0	0	1	0	0	2	3	9	13	24	61	8	2	4	2	1
<i>E. vitrea</i>	26	18	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>N. iridea</i>	15	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. osloensis</i>	16	17	2	1	2	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
No. counted	250	113	29	18	12	8	10	21	42	52	96	243	31	10	37	17	9
Tot. no. in sample	250	113	29	18	12	8	10	21	42	52	96	243	31	10	37	17	9
Stained/10 cm ³	255	115	15	9	6	4	5	5	11	13	24	62	8	3	4	2	1
% of total no. in core	25	11	3	2	1	1	1	2	4	5	10	24	3	1	4	2	1
Cumulative %	25	36	39	41	42	43	44	46	50	56	65	90	93	94	97	99	100
% agglutinated	56	46	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	-
Agglutinated/10 cm ³	144	53	5	5	1	0	1	0	<0,1	0	0	0	0	0	0	0	<0,1
No. species	39	26	16	11	7	3	5	3	5	2	1	3	1	3	3	1	2

Tabell 4. Faunadata for de fargede individene i kjerne 69. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst én prøve er tatt med.

Core 71, stained/10 cm³

Depth (cm)	0.0-0.5	0.5-1.0	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20
<i>E. medius</i>	140	27	8	9	6	8	10	2	1	0	0	1	0	0
<i>R. micacea</i>	65	55	7	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. tenuissima</i>	97	28	6	7	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>B. skagerrakensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	41	56	83	15
<i>B. marginata</i>	65	9	5	4	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>G. auriculata</i>	18	29	21	25	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. osloensis</i>	274	54	7	7	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0
<i>S. fusiformis</i>	0	11	16	6	2	3	3	3	3	2	0	0	0	1
No. counted	261	283	188	143	52	37	36	31	17	21	166	228	331	61
Total no. in sample	935	283	188	143	52	37	36	31	17	21	166	228	331	61
Stained/10 cm ³	954	299	96	74	27	19	19	8	4	5	42	58	84	16
% of total no. in core	37	12	7	6	2	1	1	1	1	1	7	9	13	2
Cumulative %	37	48	56	61	63	65	66	68	68	69	75	84	98	100
% agglutinated	45	48	32	29	33	-	-	-	-	-	<1	1	<1	2
Agglutinated/10 cm ³	421	139	31	21	9	9	11	3	1	1	0	1	<1	<1
No. species	27	27	30	17	12	9	8	8	7	8	4	3	5	3

Core 71, stained %

Depth (cm)	0-0,5	0,5-1	1-2.	2-3.	3-4.	4-5.	5-6.	6-8.	8-10.	10-12.	12-14.	14-16	16-18	18-20
<i>E. medius</i>	15	9	9	12	23	43	56	26	12	5	0	1	0	2
<i>R. micacea</i>	7	19	7	4	6	0	0	0	6	0	0	0	0	0
<i>T. tenuissima</i>	10	10	6	10	2	5	6	6	6	0	0	0	0	0
<i>B. skagerrakensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	43	98	97	99	95
<i>B. marginata</i>	7	3	5	5	2	11	6	3	0	0	0	0	0	0
<i>G. auriculata</i>	2	10	22	34	37	11	0	0	0	5	0	0	0	0
<i>P. osloensis</i>	29	19	7	9	8	0	6	16	6	0	1	1	0	0
<i>S. fusiformis</i>	0	4	16	8	6	14	17	32	59	29	0	0	0	3

Tabell 5. Faunadata for de fargede individene i kjerne 71. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst én prøve er tatt med.

Core 74, stained/10 cm³

Depth (cm)	0-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20
<i>H. bradyi</i>	16	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>H. membranaceum</i>	15	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. skagerrakensis</i>	0	0	1	1	1	5	1	1	28	50	38	40	33	242
<i>E. vitrea</i>	56	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>N. iridea</i>	40	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. osloensis</i>	16	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. subcarinata</i>	5	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. fusiformis</i>	4	10	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
No. counted	220	48	19	17	5	11	2	7	113	198	151	159	131	956
Total no. in sample	220	48	19	17	5	11	2	7	113	198	151	159	131	956
Stained/10 cm ³	224	49	10	9	3	6	1	2	29	50	38	40	33	243
% of total no. in core	11	2	1	1	0	1	0	0	6	10	7	8	6	47
Cumulative %	11	13	14	15	15	16	16	16	22	31	39	47	53	100
% agglutinated	39	17	-	-	-	-	0	-	0	0	0	0	0	0
Agglutinated/10 cm ³	87	8	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
No. species	34	13	12	10	5	2	1	3	4	1	2	2	4	4

Tabell 6. Faunadata for de fargede individene i kjerne 74. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst én prøve er tatt med.

Core 40, dead %

Depth (cm)	0-2	8-10	30-32	53-55
<i>E. medius</i>	5	4	3	0
<i>H. bradyi</i>	12	6	4	4
<i>Saccammina spp</i>	11	0	0	0
<i>T. pusillus</i>	14	0	2	0
<i>B. skagerrakensis</i>	4	1	2	15
<i>C. laevigata</i>	2	13	7	8
<i>N. iridea</i>	3	15	13	17
<i>P. osloensis</i>	6	12	13	13
<i>S. fusiformis</i>	1	4	8	8
No. counted	257	252	271	240
Dead/cm ³	77	78	267	124
% agglutinated	66	21	27	11
Stained/cm ³	3	0	N.D.	N.D.
% planktonics	0,8	7,1	9,5	22,6

Tabell 7. Faunadata for tomme skall i kjerne 40. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

Core 56, dead/10cm2/yr

Depth (cm)	0-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-24	24-28	28-32	32-37
<i>Earlandammia</i>	6	8	17	10	13	28	16	4	7	4	9	24	5	4	12	5	2	4
<i>E. medius</i>	12	17	16	25	21	27	22	15	15	17	7	9	3	7	11	1	3	5
<i>H. bradyi</i>	71	64	44	47	58	39	38	29	19	15	15	32	20	17	24	10	6	8
<i>Saccammina spp.</i>	112	58	27	40	48	28	18	2	3	2	0	2	1	0	0	0	0	0
<i>T. pusillus</i>	49	27	29	32	52	28	12	13	17	1	0	4	4	2	4	2	1	4
<i>C. laevigata</i>	5	3	2	9	10	13	16	46	12	16	29	28	30	21	33	9	34	26
<i>N. iridea</i>	25	5	5	15	42	64	35	80	88	72	82	84	60	52	83	60	36	54
<i>P. osloensis</i>	31	19	7	28	22	39	22	51	40	64	113	145	57	78	62	66	59	42
<i>S. fusiformis</i>	2	1	2	2	6	7	7	16	20	14	16	50	26	20	21	13	16	27
No. counted	278	243	270	253	250	274	247	256	261	275	268	250	250	284	311	257	282	260
Dead/cm3	128	84	76	120	154	143	83	126	122	132	117	105	121	136	160	98	97	140
% agglutinated	74	76	82	64	61	51	52	29	26	19	17	20	22	18	19	11	10	14
Stained/cm3	22	10	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
% planktonics	2	1	0	1	2	1	2	4	2	5	9	10	6	8	13	16	20	25
Tests/10cm2/yr	426	282	204	292	375	407	334	466	349	343	489	540	327	290	386	274	260	281
Calc./10cm2/yr	112	67	38	106	145	201	161	333	260	280	405	432	255	239	311	244	234	241
Aggl./10cm2/yr	314	214	167	185	229	206	173	133	90	64	84	108	72	51	75	30	26	40
Plankt./10cm2/yr	8	3	0	2	9	5	5	19	6	17	49	63	20	27	58	51	65	96

Core 56, dead %

Depth (cm)	0-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-24	24-28	28-32	32-37
<i>Earlandammia</i>	1	3	9	4	4	7	5	1	2	1	2	4	2	1	3	2	1	2
<i>E. medius</i>	3	6	8	9	6	7	6	3	4	5	1	2	1	2	3	0	1	2
<i>H. bradyi</i>	17	23	21	16	16	9	11	6	5	4	3	6	6	6	6	4	2	3
<i>Saccammina spp.</i>	26	21	13	14	13	7	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. pusillus</i>	12	9	14	11	14	7	4	3	5	0	0	1	1	1	1	1	0	2
<i>C. laevigata</i>	1	1	1	3	3	3	5	10	3	5	6	5	9	7	9	3	13	9
<i>N. iridea</i>	6	2	2	5	11	16	11	17	25	21	17	16	18	18	22	22	14	19
<i>P. osloensis</i>	7	7	3	9	6	9	6	11	11	19	23	27	18	27	16	24	23	15
<i>S. fusiformis</i>	0	0	1	1	2	2	2	4	6	4	3	9	8	7	5	5	6	10

Tabell 8. Faunadata for tomme skall i kjerne 56. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

Core 69, dead data

Depth (cm)	0-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-25	25-30	30-35
Dead/cm3	76	112	88	96	92	93	142	171	162	128	171	145	177	177	120	131	106
% agglutinated	64	60	50	41	26	18	16	13	9	12	9	7	11	12	8	12	12
Stained/cm3	26	12	1	1	1	0	1	1	1	1	2	6	1	0	0	0	0
% planktonics	2	1	0	1	3	6	5	8	7	10	7	12	14	12	12	13	26
Dead/10cm2/yr	87	128	94	109	121	100	121	185	210	147	203	170	207	208	140	153	124
Calc/10cm2/yr	31	51	48	64	89	81	102	162	192	130	184	159	185	183	129	135	110
Aggl/10cm2/yr	55	76	47	45	32	18	19	23	19	17	19	11	23	25	11	18	15
Plankt/10cm2/yr	2	1	0	1	3	6	6	15	15	16	14	23	33	29	20	23	44

Tabell 9. Faunadata for tomme skall i kjerne 69. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

Core 71, dead/10 cm³

Depth (cm)	0-2	10-12	14-16	18-20	25-30
<i>E. medius</i>	2	5	3	2	0
<i>T. tenuissima</i>	10	1	1	1	0
<i>B. skagerrakensis</i>	2	9	11	3	1
<i>B. marginata</i>	1	3	4	5	2
<i>C. laevigata</i>	5	9	8	5	5
<i>N. iridea</i>	4	4	3	7	2
<i>P. osloensis</i>	17	20	17	24	8
<i>S. fusiformis</i>	5	4	4	7	3
No. counted	262	278	271	272	274
Dead/cm ³	90	195	190	224	151
% agglutinated	32	10	8	6	2
Stained/cm ³	33	1	6	2	N.D.
% planktonics	0.4	0.4	0.7	0.4	0.4

Core 71, dead %

Depth (cm)	0-2	10-12	14-16	18-20	25-30
<i>E. medius</i>	3	7	4	2	1
<i>T. tenuissima</i>	15	1	2	2	0
<i>B. skagerrakensis</i>	3	13	16	5	4
<i>B. marginata</i>	1	4	6	7	5
<i>C. laevigata</i>	8	13	11	7	17
<i>N. iridea</i>	6	5	4	10	6
<i>P. osloensis</i>	25	28	25	35	28
<i>S. fusiformis</i>	8	6	6	10	9

Tabell 10. Faunadata for tomme skall i kjerne 71. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

Core 74, dead/10cm2/yr

Depth (cm)	0-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	14-16	18-20	20-25	25-30	30-35
<i>E. medius</i>	15	11	13	34	37	23	19	7	8	4	3	5	2	3	6
<i>H. bradyi</i>	40	45	29	48	28	17	13	6	4	4	14	7	6	8	7
<i>Saccammina spp.</i>	45	29	9	15	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>T. pusillus</i>	30	18	10	20	19	15	6	5	3	0	0	0	0	0	0
<i>B. skagerrakensis</i>	10	33	29	59	68	56	60	21	16	10	46	33	6	5	7
<i>C. laevigata</i>	3	2	3	7	21	19	29	34	36	27	26	18	27	23	12
<i>N. iridea</i>	8	4	4	29	45	44	40	42	74	60	90	27	27	27	34
<i>P. osloensis</i>	21	25	19	35	63	52	54	37	78	49	68	59	39	23	45
<i>S. fusiformis</i>	9	9	5	8	6	8	4	11	16	9	13	10	7	9	10
No. counted	247	234	252	248	263	255	257	252	265	288	260	317	269	277	258
Dead/cm3	179	164	106,2	177	192	197	189	137	254	171	246	167	126	106	120
% agglutinated	65	59	54	45	33	28	17	17	7	8	10	8	16	15	15
Stained/cm3	22	5	1	1	0	1	0	0	3	5	4	24	N.D.	N.D.	N.D.
% planktonics	1	0	1	1	1	2	4	5	7	5	5	9	9	11	12
Tests/10cm2/yr	267	244	163	348	392	340	300	231	344	250	340	248	180	157	173
Calc./10cm2/yr	93	101	76	190	262	246	249	193	319	231	306	227	151	133	147
Aggl./10cm2/yr	174	143	88	157	130	93	51	39	25	19	34	20	29	24	26
Plankt./10cm2/yr	3	1	1	4	2	5	12	12	25	13	19	24	18	19	24

Core 74, dead %

Depth (cm)	0-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	14-16	18-20	20-25	25-30	30-35
<i>E. medius</i>	6	5	8	10	10	7	6	3	2	2	1	2	1	2	3
<i>H. bradyi</i>	15	18	18	14	7	5	4	3	1	2	4	3	3	5	4
<i>Saccammina spp</i>	17	12	6	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. pusillus</i>	11	7	6	6	5	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>B. skagerrakensis</i>	4	14	18	17	17	16	20	9	5	4	13	13	3	3	4
<i>C. laevigata</i>	1	1	2	2	5	5	10	15	11	11	8	7	15	15	7
<i>N. iridea</i>	3	2	2	8	11	13	13	18	22	24	27	11	15	17	20
<i>P. osloensis</i>	8	10	12	10	16	15	18	16	23	20	20	24	22	15	26
<i>S. fusiformis</i>	3	4	3	2	2	2	1	5	5	3	4	4	4	6	6

Tabell 11. Faunadata for tomme skall i kjerne 74. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.

Core 77, dead %			
Depth (cm)	0-1	1-2	20-25
<i>E. scabrus</i>	7	6	7
<i>T. sagittula</i>	9	8	9
<i>C. laevigata</i>	2	9	12
<i>E. albiumbilicatum</i>	6	1	7
<i>E. excavatum</i>	14	17	13
<i>S. fusiformis</i>	12	18	17
No. counted	253	261	272
Dead/cm ³	988	609	386
% agglutinated	30	32	23
Stained/cm ³	40	17	N.D.
% planktonics	1,5	2,7	6,3

Tabell 12. Faunadata for tomme skall i kjerne 77. Kun arter som utgjør >5% av faunaen i minst to prøver er tatt med.