

27422

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 224

**Foraminiferfaunaen i en del sedimentkjerner
fra indre Oslofjord**

*The Foraminiferal Fauna in some Cores
from inner Oslo Fjord*

Av
DAG RISDAL

Med 7 tekstfigurer, 13 diagramer og 1 tabell

OSLO 1963
UNIVERSITETSFORLAGET



64
174

55 (486)

*Redaktør for
Norges geologiske undersøkelses publikasjoner:
Statsgeolog
Fredrik Hagemann*

INNHOOLD

Forord	5
Innledning	5
Det undersøkte området	7
Topografi	7
Hydrografi og biologi	10
Innsamling og behandling av materialet	14
Stasjoner for prøvetagning	14
Prøvetagningsmetodikk	15
Behandling av materialet	15
Diskusjon og feilkilder	17
Kjernebeskrivelser	19
Kjerne 1	19
— 2	25
— 3	28
— 4	32
— 5	34
— 6	37
— 7	39
— 8	43
— 9	43
— 10	46
— 11	48
— 12	50
— 13	54
Diskusjon og konklusjoner	57
Område I: Drøbaksundet — kjerne 13	59
Område II: Vestfjorden — kjernene 7—12	59
Område III: Havneområdet — kjernene 2—6	64
Område IV: Bunnefjorden — kjerne 1	66
Systematisk del	68
Summary	83
Litteraturliste	85
Tabell 1	90

FORORD

Dette arbeidet er utført i nær tilknytning til den pågående for-
rensningsundersøkelse i Oslofjorden under ledelse av Norsk institutt
for vannforskning, med siv. ing. H. Munthe-Kaas som prosjektleder.
De bearbejdede sedimentkjerner er innsamlet i løpet av 1961–62 ved
hjelp av Universitetets forskningskutter «Gunnar Knudsen». De hy-
drografiske analyser er utført ved Norsk institutt for vannforskning
av tekniker L. Berglind, mens de sedimentologiske og kjemiske under-
søkelser er foretatt ved Norges geotekniske institutt av cand. real. J.
Moum. Foraminifermaterialet har jeg bearbejdet på Institutt for geo-
logi i samråd med professor dr. L. Størmer. Dessuten har jeg hatt an-
ledning til å drøfte hydrografiske og biologiske forhold i Oslofjorden
med førsteamanuensis dr. E. Føyn, universitetslektor F. Beyer og fru
J. Indrehus, alle ved Institutt for marin biologi, avd. A, Oslo, og cand.
real. O. Skulberg ved Norsk institutt for vannforskning. Førstekon-
servator R. W. Feyling-Hanssen ved Paleontologisk museum har gitt
råd under det systematiske studium. Videre fikk jeg sommeren 1962
anledning til å besøke konservator B. Christiansen ved Tromsø museum,
som tidligere har arbeidet med recente foraminiferer i Oslofjorden.
Maskinskrivingen og tegnearbeidet er utført av personalet ved Institutt
for geologi.

Selve arbeidet er utført med midler fra Norges Almenvitenskapeli-
ge Forskningsråd, men også Norsk institutt for vannforskning har
ydret betydelig økonomisk støtte for undersøkelsen. Omkostningene
av overfor nevnte undersøkelser ved Norges geotekniske institutt, ble
delvis dekket av dette institutt selv. Norges Geologiske Undersøkelse
har forestått trykningen av arbeidet.

Til alle som her er nevnt, og til alle som på andre måter har hjulpet
meg, vil jeg få rette min hjerteligste takk.

INNLEDNING

Geomorfologisk sett danner Oslofjorden en fortsettelse av Skagerak
i form av en ca. 100 km lang innbuktning av den skandinaviske
halvøy. I ytre del av Oslofjorden, syd for Drøbak, er det god vannut-
veksling med Skagerak, så vel ved overflaten som i dypere lag. I indre
del av fjorden, nord for Drøbak, er det derimot mere eller mindre

stagnerende forhold i dypere lag, på grunn av fjordbunnens ujevne topografi med terskler og mellomliggende bassenger, samt vannmassenes lagdeling. Derved blir vannutvekslingen både med de ytre deler av fjorden og selve overflatelaget delvis hindret. Det er videre blitt antatt at stagnasjonsgraden i de indre deler av fjorden i løpet av de siste desennier ytterligere er forøket ved de sekundære virkninger av kloakkforurensningen fra Oslo by. Den tiltagende mengde organiske stoffer og mineralske gjødselstoffer, som tilføres fjorden ved kloakken fra bykjernen, fremmer produksjonen av fyttoplankton i de øvre vannmasser i sommerhalvåret, som igjen betinger en stor zooplanktonbestand. Når så planktonet dør og synker ned mot bunnen, finner det sted en betydelig økning av detritusinnholdet i bunnsedimentene, som på sin side vil kunne danne næringsgrunnlaget for en stor populasjonstetthet av benthoniske organismer. En fortsatt akkumulasjon av døde organismer på bunnen vil imidlertid bidra til å medføre forråtnelse og stagnasjon, ved at det oppløste oksygenet i de nedre vannmasser forbrukes under nedbrytningsprosessen av det organiske materialet, hvorved det blir lavt eller til dels manglende oksygeninnhold, med utvikling av hydrogensulfid. I dette miljøet kan det dannes sorte jernsulfider og det tilsvarende sedimentlag som avleires blir sort. Det oksygenfattige eller hydrogensulfidholdige bunnmiljø vil medføre en sterkt redusert eller totalt fraværende benthosfauna. Bunnforholdene i de forskjellige deler av indre Oslofjord vil bl. a. være betinget av bunn-topografien, de lokale hydrografiske forhold, plantenæringsstoffer og deres sykluser, avstanden fra kloakkutløpene i havneområdet og fyttoplanktonproduksjonen i de øvre vannlag.

Den nåværende tilstand nær og ved bunnen kan beskrives ved hjelp av *fysisk-kjemiske* og *biologiske* indikasjoner. Dette arbeidet har, ved siden av studiet av de nåværende forhold ved bunnen av indre Oslofjord, vært siktet mot å undersøke den gradvise forandring og utvikling av miljøforholdene ved bunnen i forskjellige deler av fjorden i løpet av de siste ca. hundre år.

Som en indikatorgruppe er de benthoniske *foraminiferer* forsøkt benyttet. Foraminiferene er for det første små, og opptrer vanligvis i store mengder på sjøbunnen, så man kan arbeide med dem populasjonstatistisk. For det annet er de mere eller mindre ømfintlige overfor sedimenttypen og økologiske faktorer i kontaktvannet ved bunnen som temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold og bunnlagets næringsstofftilførsel. For det tredje har de fleste foraminiferarter et fast skall, så

de kan oppbevares i sedimentene etter at de er avleiret. Foraminiferfaunaens sammensetning og variasjon i suksessive lag i en sediment-søyle vil således kunne avspeile de miljøforandringer som har funnet sted ved bunnen i løpet av det tidsrom det tilsvarende sedimentlag er avsatt, enten de er betinget av naturlige eller sivilisatoriske faktorer. Undersøkelsen er basert på 13 korte sedimentkjerner tatt på forskjellige lokaliteter og dyp i indre del av Oslofjorden. Det innsamlede materialet er bearbeidet etter følgende prinsipper:

- 1) Foraminiferfaunaen er undersøkt i suksessive lag innen kjernene, korrelert med sedimentets farge i de tilsvarende nivåer.
- 2) Foraminiferinnholdet i topplagprøvene i hver av sedimentkjernene er analysert med hensyn på den totale og levende fraksjon, sammenholdt med dypet og hydrografiske data i kontaktvannet ved bunnen der kjernene ble tatt.

Målet har således vært å studere og sammenligne den historiske utvikling av foraminiferfaunaen, samt den arts- og mengdemessige fordeling av den nålevende fauna i forskjellige områder av indre Oslofjord. Resultatet av dette studium er videre sett i sammenheng med Oslofjordens forurensningstilstand.

DET UNDERSØKTE OMRÅDET

Vi skal i det følgende kort betrakte enkelte trekk ved de topografiske, hydrografiske og biologiske forhold i indre del av Oslofjorden.

Topografi.

Brøgger (1886) inndeler Oslofjorden i fire topografiske områder på grunnlag av submarine rygger eller terskler. Her skal bare omtales de to innerste områder, nemlig Drøbaksundet og indre Oslofjord, innenfor Drøbak, som herved er undersøkt. Fig. 1 viser et oversiktskart over hele Oslofjorden, der det skraverte feltet representerer det indre, undersøkte området, mens fig. 2 fremstiller den bathygrafiske fordeling av den submarine topografi innen dette området. Fig. 3 fremstiller et dybdesnitt gjennom de dypeste deler eller renner i den tilsvarende del av fjorden. I Drøbaksundet, syd for Drøbak, er det et dyp på ca. 200 m. Ved Drøbak er den vestre halvdel av sundet sper-

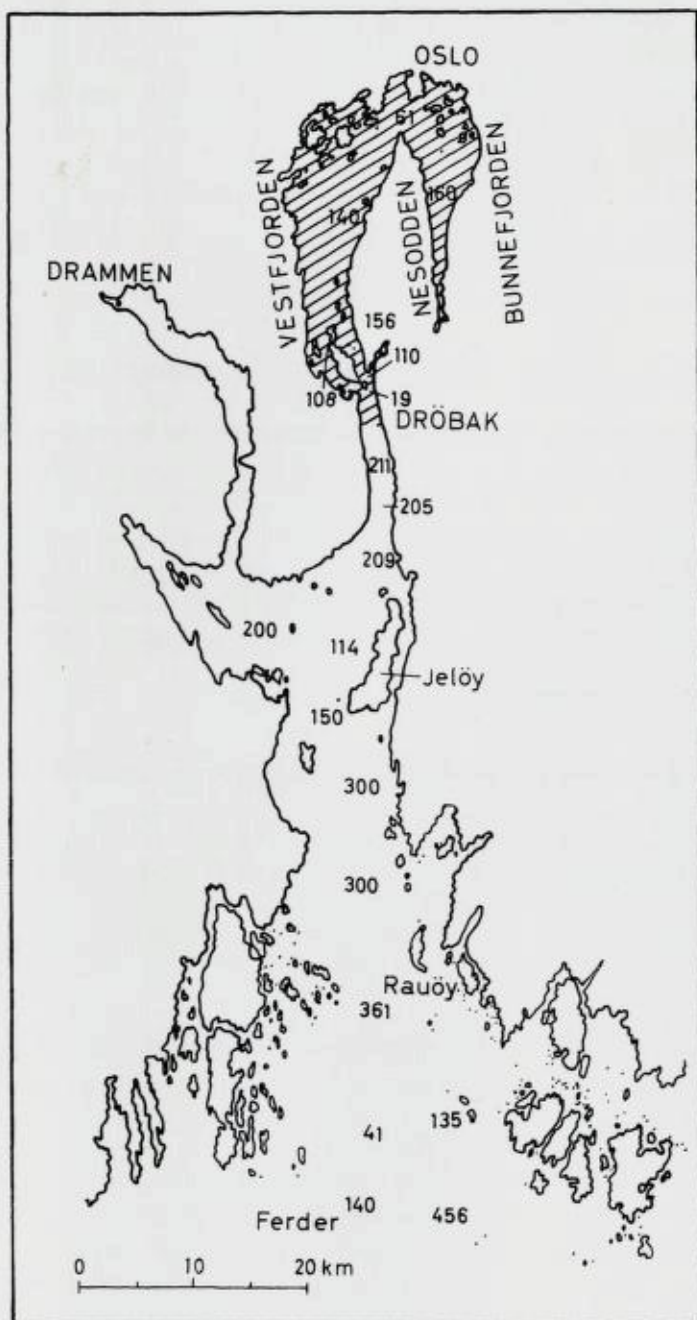


Fig. 1. Oslofjorden, det undersøkte området skravert. Dyp i meter.
 The Oslo Fjord, the investigated area hatched. Depths in metres.

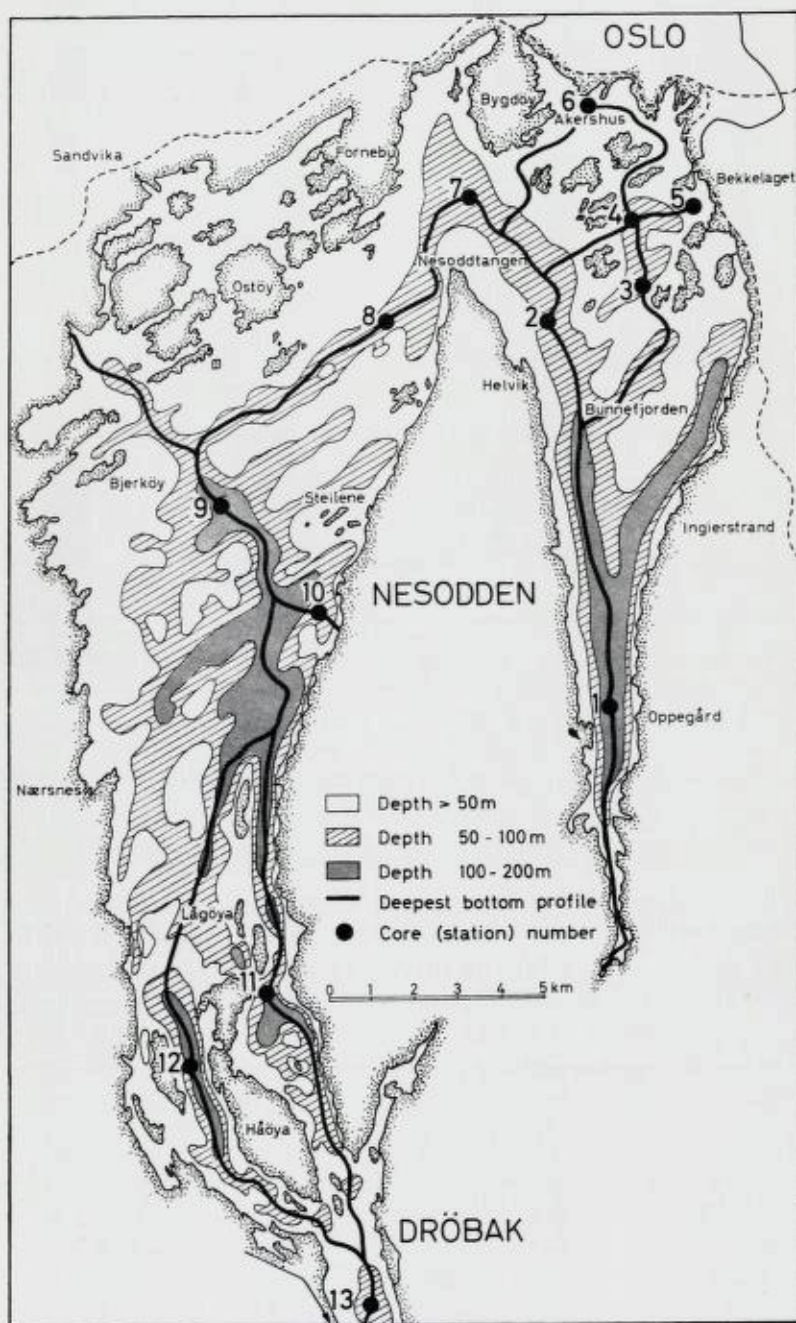


Fig. 2. Indre del av Oslofjorden med stasjonenes beliggenhet.
 (Etter Norsk institutt for vannforskning.)
 The inner part of the Oslo Fjord showing position of stations.

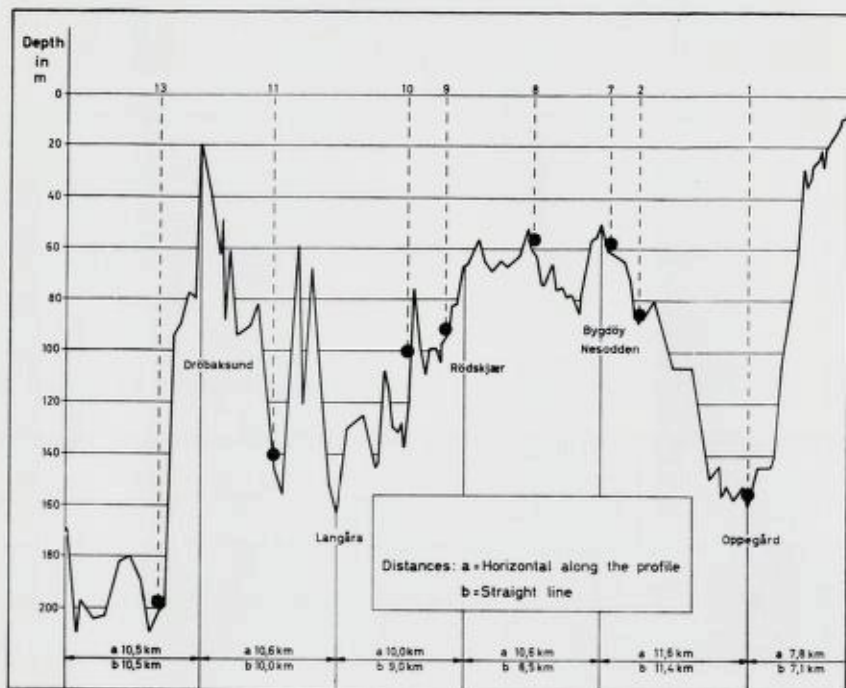


Fig. 3. Bunnprofil langs dypeste del av indre Oslofjord. Stasjoner angitt.
(Etter Norsk institutt for vannforskning.)

*Profile of the bottom along the deepest part of the inner Oslo Fjord.
Stations indicated.*

ret av en jeté som rekker nesten opp til overflaten (Braarud og Ruud, 1937, s. 37). Den østre del er grunnnet opp av Drøbaktersklen, hvis største dyp bare er ca. 19,5 m (Beyer, 1956, s. 1047). Innenfor Drøbaksundet er det to store bassenger, Vestfjorden og Bunnfjorden, begge med dyp ned til 150 m. Disse bassenger er igjen adskilt av en ca. 50 m dyp terskel mellom Nesodden og Bygdøy.

Hydrografi og biologi.

Av grunnleggende undersøkelser over Oslofjordens hydrografiske forhold kan nevnes bl. a. Hjort og Gran (1900), Gran og Gaarder (1918), Braarud og Ruud (1937). En del hydrografiske data finnes også hos Sundene (1953). Dessuten er Oslofjordens hydrografi, i sammenheng med kloakkforurensningen fra Oslo by, behandlet i en rekke

større eller mindre artikler, bl. a. av Braarud (1945), Beyer og Føyn (1951), Braarud (1954, 1955), Beyer (1956), Beyer og Føyn (1956) og Føyn (1958). Endelig kan nevnes at Christiansen (1958, s. 7–14) har sammenstillet en oversikt over de hydrografiske forhold i Oslofjorden.

Karakteristisk for indre Oslofjord er bl. a. det forhold at det ikke er noen store elver som har avløp, men kun små elver som Akerselva, Lysakerelva, Sandvikselva og Askerelva, mens de to store elvene, Dramselva og Glomma begge munner ut utenfor Drøbaksundet. Dermed blir det ikke noen betydelig transport av ferskt eller brakt overflatevann ut fjorden fra indre del, med den følge at det heller ikke blir noen jevn innadgående kompensasjonsstrøm i dypere vannlag. Forurensningsmaterialet som føres med disse små elver ut i fjorden blir derfor relativt lite fortynnet når det kommer ut i Oslo havneområde (Braarud, 1945, s. 220).

Et annet karakteristisk trekk ved Oslofjorden er den ubetydelige tidevannsforskjellen, som normalt kun er ca. 24 cm. Vindforholdene kan imidlertid ha en betydelig innflytelse så vel på tidevannstanden som på kompensasjonsstrømmene i midlere og dypere vannlag. Braarud og Ruud (1937) har vist hvordan det er god overensstemmelse mellom sydlig vind i fjorden og høy vannstand i havneområdet, og omvendt ved nordlig vind. Når vannmassene i overflaten drives inn eller ut fjorden i overensstemmelse med de fremherskende vindretninger, vil man i dypere lag kunne registrere kompensasjonsstrømmer i motsatte retninger. Ved nordlige vinder, som oftest forekommer i vinterhalvåret, vil det således kunne strømme inn oksygenrikt vann fra ytre Oslofjord inn over Drøbakersklen til Vestfjorden, og iblant videre over terskelen mellom Nesodden og Bygdøy til de dypere lag i Bunnefjorden (Beyer og Føyn, 1951). På grunn av jordrotasjonen, avbøyes de innadgående strømmer til høyre og følger østsiden av fjorden. Når disse vannmasser strømmer inn i indre del av Oslofjorden, vil de eldre bunnlag i Vestfjorden og Bunnefjorden løftes opp og føres ut fjorden. På denne måten skjer utvekslingen og dermed fornyelsen av vannmassene i indre del av Oslofjorden, men blir delvis hindret i visse områder på grunn av øyer og andre topografiske barrierer (Braarud, 1945, s. 230). På slike steder svikter oksygentilførslen og følgen blir oksygenmangel.

Ved siden av at Drøbakersklen og terskelen mellom Nesodden og Bygdøy hindrer så vel tidevann som vindstrømmer å gjøre seg særlig

gjeldende i dypere lag i indre Oslofjord, og dermed virker som barrierer for den horisontale vannutvekslingen (Beyer og Føyn, 1956, s. 32), vil det såkalte sprangsjiktet som finnes i fjorden, virke som en effektiv barriere mot vertikale utvekslinger i dypere deler. Dette sjiktet har sammenheng med saltholdighetens fordeling i vannmassene (Føyn, 1958). Over hele fjorden er det et markert overflatelag med relativt liten saltholdighet og liten spesifikk vekt. Dette er skilt fra det salte, tunge bunnvannet ved et tynt vannlag, sprangsjiktet, der den spesifikke vekt øker meget raskt mot dypet. Dette sjiktet ligger vanligvis på omkring 10 meters dyp (Beyer, 1956, s. 1049).

Oksygentilførselen til de frie vannmasser i fjorden kan enten skje ved direkte opptagelse fra luften til det øverste vannlag, eller ved frigjøring under fotosyntesen hos fytoplankton ved hjelp av dagslyset. Det siste vil derfor være begrenset til den øvre, produktive sone (lys-sonen). Oksygenet kommer således i det store og hele bare overflatelaget til gode, da sprangsjiktet, som overfor nevnt, hindrer fri vannutveksling med dyplagene.

Den store mengde organiske stoffer, fosfater og nitrater, som tilføres indre Oslofjord fra byens kloakker via elver, renseanlegg eller direkte kloakkutløp (se fig. 4), danner et viktig næringsgrunnlag for en meget stor fytoplanktonbestand (Braarud, 1945). Fytoplanktonet gir på sin side et godt beite for zooplanktonet (Wiborg, 1940). Den store planktontetthet, sammen med den store konsentrasjon av suspenderte partikler og oppløste organiske stoffer i overflatelaget, som følge av forurensningen, bevirker at ca. 99 % av dagslyset absorberes i de øverste to-tre meter innerst i fjorden (sml. Braarud, 1945, s. 222). Når planktonet dør og synker ned mot bunnen, forbruker det store mengder oksygen fra de omgivende vannlag under de bakterielle nedbrytningsprosesser. Da oksygenet taes fra de vannlag som ikke blir fornyet ovenfra ved vertikal sirkulasjon, men kun sjelden fornyes ved horisontal innstrømning fra ytre Oslofjord, blir følgen den at det som regel i de dypere deler av Bunnefjorden og til dels også i Vestfjorden er mangel på oksygen og utvikling av hydrogensulfid. Den forverring av fjordens tilstand som her er antydnet, er ansett å stå i mere eller mindre direkte sammenheng med overgangen til moderne vannklosetter i 1920- og 1930-årene (Braarud, 1945 og 1954.)

Den tiltagende stagnasjonsgrad i indre Oslofjord har også ført til geografiske forskyvninger av bunnfaunaen. Broch (1935) viste, på grunnlag av undersøkelser i begynnelsen av trettiårene, at den samlede

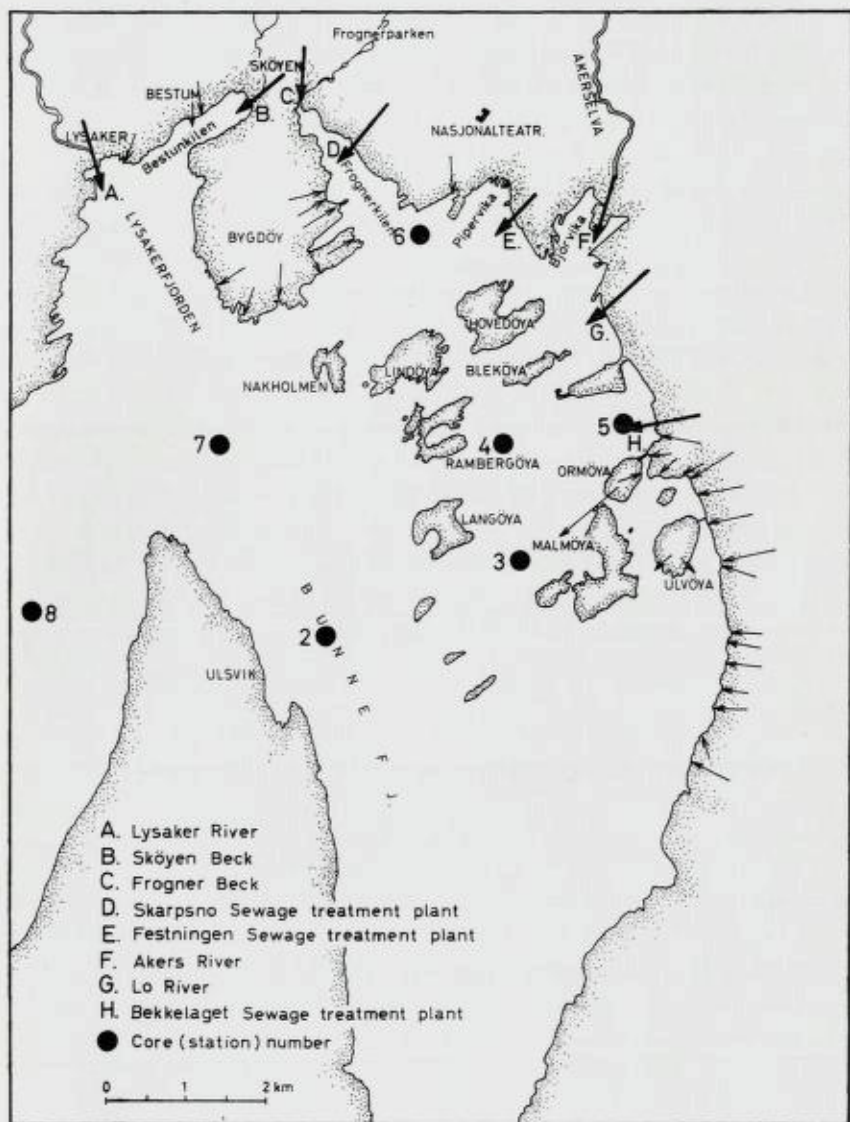


Fig. 4. Oslo havneområde med stasjonenes beliggenhet. Tykke piler angir forurensningskilder A til H, tynne piler andre kilder.
(Etter Oslo komm. vann- og kloakkvesen.)

Oslo Harbour Region showing position of stations. Thick arrows indicate pollution sources A to H, thin arrows other sources.



bestand av bunndyr var meget større på rekefelter innenfor Drøbak (Gråøyrenna og Digerud) enn utenfor, et forhold han tilskrev den rikelige næringstilførsel på innsiden. Forurensningen var på denne tid sannsynligvis ikke verre enn at gjødslingen hadde en gunstig virkning på bunnfaunaen, i hvert fall så pass langt ute fra Oslo havneområde. Senere undersøkelser av bunnfaunaen på inn- og utsiden av Drøbakter-sklen har vist at den nå er fattigere innenfor enn utenfor terskelen, både når det gjelder arter og mengde (Beyer og Føyn, 1956, s. 36).

Av tidligere undersøkelser over den recente foraminiferfauna i Oslofjorden bør nevnes et større arbeide av Kiær (1900), der forfatteren angir de opptredende foraminiferarter ved enkelte stasjoner i fjorden. Av nyere dato skal kort omtales en undersøkelse av Christiansen (1958), der de agglutinerende foraminiferer (sandskallforaminiferer) fra forskjellige områder i Drøbaksundet er behandlet. Mens Christiansen har undersøkt foraminiferenes opptreden i forhold til temperatur, saltholdighet, dyp og bunnforhold, har nærværende undersøkelse tatt mere sikte på å undersøke forholdet til forurensningen og dens virkninger, både regionalt innen fjorden og historisk. Denne undersøkelsen omfatter dessuten både agglutinerende arter og kalkskallararter.

INNSAMLING OG BEHANDLING AV MATERIALET

Stasjoner for prøvetagning.

Fig. 2 viser et kart over de stasjoners beliggenhet der det ble tatt sedimentkjerner for foraminiferundersøkelsen. Da undersøkelsen er utført i samarbeide med Norsk institutt for vannforskning, er kjernene tatt fra en del av de stasjoner som benyttes ved de rutinemessige hydrografiske tokter av dette instituttet. Kjernene er til dels tatt i de dypeste deler av de renner og bassenger som ble undersøkt (fig. 3), da stagnasjonen sannsynligvis vil være mest utpreget nettopp her (sml. Sjøstedt, 1935).

Da det dessuten har vært av interesse å få koordinert foraminiferundersøkelsen med tilsvarende undersøkelser som for tiden pågår med hensyn på andre invertebratgrupper, ble det også tatt kjerner fra lokaliteter der disse studier er påbegynt, bl. a. Gråøyrenna og Elle.

Stasjonene der sedimentkjernene ble tatt, er nummerert med fortløpende tall 1-13 fra Bunnefjorden til Elle i Drøbaksundet. (Nøy-

aktige posisjoner for disse stasjoner finnes hos Norsk institutt for vannforskning). Kjernene og diagramnumrene er angitt ved tilsvarende tall som stasjonsnumrene.

Prøvetagningsmetodikk.

Det ble tatt sedimentkjerner på mellom 10 og 40 centimeters lengder ved hjelp av et enkelt rørlodd (Lundquist, 1923). Rørloddet er av samme type som ble benyttet av Høglund (1947) ved foraminiferundersøkelsene i Gullmarfjord og Skagerak, og av Christiansen (1958) i Drøbaksundet. Hos Christiansen (1958, s. 20, 21) finnes en skjematisk figur av rørloddet, samt en beskrivelse av dens funksjonsmekanisme under prøvetagningen. I stedet for glassrør, ble det ved denne undersøkelsen benyttet akrylrør. Disse var blitt gjennomboret på langs av en rad med små porer, som var tettet med gummiskiver. Når røret med sedimentkjernen var kommet opp på dekk, ble sedimentets farge i de forskjellige nivåer av kjernen notert (sml. Sverdrup, Johnson, Fleming, 1942, s. 968). Videre ble det straks tatt vannprøver for hydrografiske analyser (saltholdighet og oksygen) fra vannsøylen umiddelbart over sedimentkjernens overflate (sml. Sjøstedt, 1935). Dette ble gjort ved at kanylen på en medisinsprøyte ble stukket inn gjennom det av akrylrørets porer som ble liggende nærmest over sedimentoverflaten i kjernen etter prøvetagningen. En del av vannet fra denne kontaktvannsonen 2–3 cm over sedimentet ble således suget inn i medisinsprøyten, deretter overført på små glass og tilsatt kjemikalier (Gaarder, 1916). Bunntemperaturen ble målt ved hjelp av et vendetermometer. Alle hydrografiske data er vist i tab. 1, s. 90.

Foruten sedimentkjernene for selve foraminiferstudiene, ble det ved enkelte stasjoner tatt noen parallellkjerner for undersøkelse av organisk innhold, sulfidinnhold og kornstørrelsesfordeling. Resultatene er utgitt i en egen rapport fra Norges geotekniske institutt (1962).

Behandling av materialet.

I laboratoriet ble sedimentkjernenes lengder målt og deretter kuttet opp i suksessive små sylindere. Oppkuttingen foregikk ved at et metallstempel ble ført inn i akrylrøret nedenfra som presset sedimentkjernen oppover i røret. I toppen av akrylrøret ble det plasert en sedimentkjerne-kutter (Phleger, 1960 a, s. 24, 25), som kuttet av små sylindere med én centimeters tykkelse. Da akrylrørets indre diameter var ca.

4,4 cm, svarer dette til en sedimentflate på ca. 15,20 cm² og et sedimentvolum i våt tilstand for samtlige prøver på ca. 15,20 cm³ (sml. Phleger 1960 a, s. 36, 37).

Topplagprøvene fra hver av kjernene, bestående av foraminiferene i den aller øverste centimeter av slammet i kjernene, ble tilsatt konserveringssprit, for at protoplasmaet i de eventuelt levende foraminifer-individer ved innsamlingsstidspunktet kunne bli konservert (Phleger, 1960 a, s. 32 og 36). Mengdeforholdet mellom den levende og totale (levende pluss døde) fraksjon av foraminiferer i topplagprøvene ble senere undersøkt ved hjelp av fargestoffet «Rose Bengal» (Walton, 1952).

De øvrige sedimentsylindre fra kjernene ble etter oppkuttingen tørret i tørkeskap, deretter ble tørrvekten bestemt. De fleste av prøvene veide omkring 10 g.

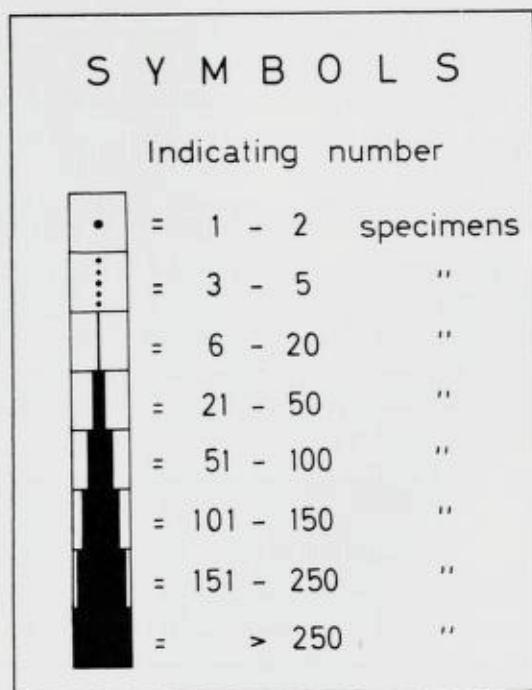


Fig. 5. Symbolforklaring. (Skala etter *Feyling-Hansen*, 1958 b.)

Legend.

Den videre behandling av disse prøvene ble foretatt i overensstemmelse med den mikropaleontologiske teknikk som er benyttet ved studiet av senkvartære foraminiferer (Feyling-Hanssen, 1958 b). Foraminiferinnholdet i hver annen sylinder fra kjernene ble analysert gjennom et binokularmikroskop, hvorved artenes navn og hyppighet ble registrert. Deretter ble faunaen fra prøvene innen hver kjerne plottet inn på et vertikalfordelingsdiagram. De forhold det er tatt hensyn til ved artenes innbyrdes plassering på diagrammene, er nevnt av Risdal (1962, s. 70). I stedet for de symboler som er benyttet for artenes hyppighet av Feyling-Hanssen (1958 b), er bredden på rektanget i de respektive ruter på diagrammene benyttet som mål for hyppigheten (fig. 5), dog med samme inndelingsskala som hos nevnte forfatter. Det totale antall arter og individer som ble observert i de undersøkte prøver, er vist ved to kurver til høyre på diagrammene. På vertikalfordelingsdiagrammene er det til venstre påført en fargesøyle, svarende til sedimentets farge like etter prøvetagningen i de forskjellige nivåer innen kjernen.

Diskusjon og feilkilder.

Et spørsmål av fundamental betydning under studiet av benthoniske foraminiferer er, i hvilken grad en rørloddprøve fra en biotop (stasjon) gir et representativt bilde av faunaen innen et større område omkring selve prøvetagningsstedet. Studier av problemet, utført av Høglund (1947, s. 11–13) og Christiansen (1958, s. 74, 75), viser at en rørloddprøve er representativ for faunaen i vedkommende område med hensyn på de vanlige opptredende arter, derimot ikke på de sjeldne. Phleger (1960 b, s. 273) og Shifflett (1961) har vist at foraminiferetettheten kan variere meget innen korte avstander. I tilfellet det var spørsmål om å påvise og kartlegge fordelingen av alle opptredende foraminiferarter i det undersøkte området, ville det ha nødvendiggjort studiet av en helt annen størrelsesorden av antall kjerner. Dessuten måtte det da ha blitt tatt sledeprøver eller prøver med andre typer redskaper, for at også de langstrakte foraminiferarter av for eksempel slekten *Rhabdammina* kunne bli innsamlet (sml. Høglund, 1947, s. 14). I tillegg måtte det ha blitt samlet inn stener og forskjellige arter av bunndyr og alger, for at også de sessile foraminiferer kunne ha blitt studert. Da hensikten med denne undersøkelsen først og fremst har vært å få en oversikt over forurensningen og dens sekundære virk-

ninger på foraminiferfaunaen, har jeg imidlertid funnet det tilstrekkelig å betrakte og bearbeide de vanlige arter som opptrer på bløt slambunn, der prøvene kunne taes ved hjelp av rørloddet. Van Voorthuysen (1960 b, s. 295) har dessuten påpekt at foraminiferbestanden innen forskjellige bunntyper som regel er langt den største på slambunn, rik på organiske næringsstoffer.

Ved studier av foraminiferer, så vel som ved andre mikroorganismer, kan det, på grunn av de mange muligheter for transport i levende og død tilstand av disse organismer, lett kunne oppstå faunale blandinger (Phleger, 1954, s. 606; Jones, 1958; Phleger 1960 b, s. 295; Van Voorthuysen, 1960 b). Under prøvetagningen ble således lokaliteter i eller nær ved bratte skråninger, der muligheten for ras er stor, i størst mulig grad unngått. En viss kontroll over denne feilkilde med hensyn på faunale blandinger er gitt i og med at den prosentvise fraksjon av levende foraminiferer i topplagprøvene er undersøkt (Phleger, 1960 a).

Da prøvetagningsmetodikken og den videre behandling av materialet ved denne undersøkelsen er overensstemmende med den som ble benyttet av Høglund (1947, s. 6—14), vil jeg bare henviser til denne forfatters diskusjon av metodikken. Her skal det bare tilføyes at sedimentkjernene ble noe sammenpresset og forkortet mens de ble skjøvet oppover i akrylrørene ved hjelp av metallstempleet. Av denne grunn kan det antall centimeter for kjernenes lengder som er anført på vertikalfordelingsdiagrammene lengst til venstre, være mellom 0,5 og 3 cm mindre enn de opprinnelige lengder av kjernene.

Videre skal det forhold påpekes, at topplagprøvene i hver av kjernene ikke er helt sammenlignbare med de øvrige prøver i kjernene. Antallet arter og individer er sannsynligvis blitt noe for små i topplagprøvene, noe som henger sammen med flere forhold. For det første på grunn av at den øverste sedimentprøve var vannrik og lite konsolidert. For det annet kunne det være litt mindre sedimentmateriale i den øverste prøve, i forhold til de underliggende, som følge av at bunnflaten der kjernene ble tatt ikke alltid var horisontal, men noe skråstilt. Denne skråstillingen ble beholdt i akrylrørene, men ble til en viss grad utjevnet mens kjernene ble presset oppover i rørene. For det tredje fantes det store mengder detritus- og ekskrementpartikler i topplagprøvene, da disse ikke var behandlet med hydrogenperoksyd som de øvrige, tørkede prøver i kjernene (sml. Feyling-Hanssen, 1958 b, s. 37). Av den grunn kunne det iblant være vanskelig å utskille alle foraminifer-individene fra det øvrige materialet i disse prøvene. Phleger (1960 a,

s. 33—36) har diskutert opptellingsmetodikken ved foraminiferanalyser og antyder en feilprosent på 10, ved opptellingen av prøvene. I denne sammenheng skal det også påpekes at det iblant var meget vanskelig å konstatere om foraminiferindividene etter behandlingen med «Rose Bengal» virkelig inneholdt protoplasma eller ikke, da dette kunne være blandet sammen med de fremmede partikler (sml. Christiansen, 1958, s. 25). Omvendt kan tomme foraminiferskall inneholde bakterier eller andre mikroorganismer som lar seg farge av «Rose Bengal» (Phleger, 1960 a, s. 32, 33).

Når det gjelder beskrivelsen av sedimentets farge, skal det presiseres at dette kun ble foretatt visuelt, etter subjektivt skjønn. En feilkilde i denne sammenheng, som man ikke kan se bort fra, er den, at mens kjernene ble presset oppover i akrylrøret, kunne noe av det perifere materialet fra det øverste laget bli hengende igjen på den indre vegg av røret, som følge av friksjonen, og dermed bli avsatt lengre nede på kjernen og farge denne del på overflaten.

Endelig skal det nevnes et par feilkilder i forbindelse med de hydrografiske analyser, særlig med hensyn på oksygenfaktoren. Under transporten av rørloppet med akrylrøret ned mot bunnen, strømmet det hele tiden vann gjennom røret. Sannsynligvis fant det da sted livlig turbulens og blanding av vannmassene i røret, slik at det vannlaget som til slutt ble liggende umiddelbart over sedimentoverflaten, hvorfra det ble tatt ut vannprøver, kom til å inneholde en litt større oksygenkonsentrasjon enn den som i virkeligheten var i kontaktvannlaget nær bunnen. Dessuten kan det muligens ha blitt tilført noe oksygen til analysevannet fra luften under utsugningen ved hjelp av medisinsprøyten og den videre overføring av vannet på oksygenflaskene.

KJERNEBESKRIVELSER

Kjerne 1.

Stasjon: Bunnefjorden, utenfor Oppedgård (fig. 2 og 3). Dyp 150 m. Kjernens opprinnelige lengde 28 cm. Innsamlet 8. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen der kjernen ble tatt, kan leses av tab. 1, mens foraminiferfaunaens variasjon innen kjernen er vist på diagr. 1. Det fremgår av artskurven på diagrammet, at artsantallet i kjernens prøver er relativt lite og ligger stort sett i et intervall mellom 10 og 20. Individkurven viser at de fleste sedimentprøver



Diagram 1. Symbolforklaring i fig. 5.
For explanation of symbols see fig. 5.

i nedre del av kjernen, under ca. 10 cm fra toppen, inneholder et lite antall foraminiferer. Med unntagelse av prøven i 18 centimeters dyp er antallet mindre enn 100. I den del av kjernen som svarer til et dyp av mellom ca. 12 og 6 cm under topplaget, viser imidlertid individkurven en meget markert økning, med et maksimum på ca. 450 individer 6 cm under kjernens topplag. Artsantallet i tilsvarende dyp er 19.

Av foraminiferarter som særlig viser en sterk økning med hensyn på hyppighet, i denne del av kjernen, kan nevnes *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis* og *Adercotryma glomeratum*. Dessuten opptrer *Trochammina cf. intermedia* og *Globobulimina turgida* temmelig plutselig og markert på henholdsvis 8 og 6 centimeters dyp i kjernen. (Av de nevnte arter er *Adercotryma glomeratum* og *Trochammina cf. intermedia* agglutinerende, de tre øvrige er kalkskallformer.)

Fra det nivå i kjernen som svarer til et dyp av 6 cm under overflaten og opp til selve topplaget finner det sted en sterk reduksjon av foraminiferfaunaen, så vel når det gjelder antall arter som individer. I løpet av dette intervallet går artsantallet ned fra 19 til 5, individantallet fra 450 til 9. Denne reduksjon av faunaen synes videre å foregå parallelt med en overgang fra aerobe til anaerobe miljøbetingelser i de dypere deler av Bunnefjorden, hva som indikeres av sedimentets fargeomslag fra grått til sort ved omkring 5,5 cm fra toppen (sml. Sverdrup, Johnson og Fleming, 1942, s. 967, 968).

Ved nærmere studium av de enkelte arters opptrøden og hyppighet i øvre del av diagrammet, viser det seg at *Adercotryma glomeratum*, *Cassidulina laevigata*, *Trochammina cf. intermedia* og *Globobulimina turgida* avtar i relativ hyppighet og opphører å eksistere på et noe tidligere stadium enn *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis*. Dette forhold synes å indikere at de to sistnevnte arter er noe mindre følsomme overfor oksygenfaktoren enn de øvrige nevnte arter. I topplagprøven ble det, som nevnt, kun observert 9 foraminiferindivider, der bl. a. *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis* var representert. De opptrødende individer ble behandlet med «Rose Bengal» (Walton, 1952), uten noen fargereaksjon, hvilket skulle tyde på at ingen av foraminiferene var levende ved innsamlingstidspunktet.

Når det så gjelder selve tolkningen av de her nevnte faunavariasjoner innen sedimentkjernen, må det presiseres at det er meget vanskelig å fastslå hvor meget skyldes naturlige faktorer og hvor meget er betinget av forurensningen, og de derav følgende sekundære virk-

ninger. På grunn av Bunnefjordens topografiske forhold, som et dypt basseng, avstengt av en terskel mellom Bygdøy og Nesodden (fig. 3), er de naturlige betingelser i seg selv til stede for stagnerende forhold (sml. Strøm, 1936.) Som nevnt av Beyer og Føyn (1951, s. 294) må det forutsettes spesielle hydrografiske betingelser for at en utveksling av vannmassene i dypere lag i det hele tatt skal kunne finne sted.

Det fremgår av nedre del av vertikalfordelingsdiagrammet (diagr. 1), som muligens svarer til en avsetningsperiode før eventuelle virkninger av sivilisatoriske faktorer hadde begynt, at faunaen er relativt fattig. Men fra et dyp av 12 cm i kjernen og opp til 6 cm inntre det så en sterk økning av foraminifertettheten, som synes å finne sted umiddelbart foran og under en overgang fra aerobe til anaerobe bunnforhold. Det er da i første omgang nærliggende å betrakte denne faunaoppblomstringen i sammenheng med en økende næringsstofftilførsel mot bunnen i form av organisk detritus. At det må ha funnet sted en økning av næringsstoffmengden på bunnen er neppe tvilsomt, ut fra det generelle biologiske prinsipp, at det innen den totale populasjon i en biotop alltid vil være en større eller mindre grad av konkurranse om den tilgjengelige næring, både innen de enkelte arter og mellom de forskjellige arter. I følge Semb Johansson (1959) vil det således med tiden innstille seg en likevekt mellom de forskjellige organismer i biotopen, som bl. a. er avhengig av næringstilførslen. Videre har Broch (1935, s. 32) og Sverdrup, Johnson og Fleming (1942, s. 1012) påpekt sammenhengen mellom tilførslen av organiske næringsstoffer og det antall organismer (individer) som kan leve på bunnen. Det samme er påpekt spesielt for foraminiferenes vedkommende av bl. a. Van Voorthuysen (1960 b, s. 295). Av interesse i denne sammenheng er en undersøkelse av Watkins (1961) fra et kloakkforurenset område i California, der forfatteren påviste at foraminifertettheten pr. gram tørr sediment økte med opp til 2–3 ganger det normale i området nær kloakkuttømningsstedet. Videre ble det vist, i følge undersøkelsen til Watkins (1961), at de *agglutinerende* foraminiferer hadde særlig affinitet til vannet i det forurensete området. Nå viste det seg også at i kjernen fra Bunnefjorden var to av de dominerende arter i øvre del agglutinerende, nemlig *Adercotryma glomeratum* og *Trochammina cf. intermedia*. I denne sammenheng kan det nevnes at den agglutinerende arten *Adercotryma glomeratum*, ved kulturstudier utført av Christiansen (pers. medd., 1962), har vist seg hovedsakelig å ernæres av dødt, organisk detritus. På den annen side må

det påpekes at detritusinnholdet i sedimentene vil kunne være direkte eller indirekte utslagsgivende for hele foraminiferbestanden, ikke bare de rene detrituspisere (sml. Bradshaw, 1961, s. 96). Det viser seg for eksempel at foraminiferarten *Bulimina marginata*, som i følge Christiansen (pers. medd., 1962), i virkeligheten er en rovform, som ernærer seg av andre foraminiferer, også viser en sterk økning med hensyn på hyppighet i øvre del av kjernen.

Ved det tidsrom som svarer til et nivå av ca. 6 cm under sedimentkjernens topp, der individkurven viser et maksimum og artsantallet er 19, må det ha vært tilstrekkelig oksygen til stede for denne fauna. Den faunareduksjon som inntrådte umiddelbart etter sedimentfargens omslag fra grått til sort, må derfor sannsynligvis kunne tilskrives en overgang til mere eller mindre anaerobe forhold ved bunnen.

Som helhet betraktet synes det altså å ha funnet sted en økning av foraminifertettheten, på grunn av en generell økning av næringsstoffmengden, inntil et visst stadium, nemlig ved overgangen fra en aerob til anaerob tilstand. Deretter har foraminifertettheten avtatt meget hurtig, på grunn av en reduksjon eller total mangel på oksygen i det omgivende bunnvann, som følge av den forråtnelse som har inntrådt. Bradshaw (1961, s. 98) antyder at et stort overskudd av organiske næringsstoffer også kan virke skadelig overfor foraminiferene, på grunn av de store bakteriekonsentrasjoner som opptrer ved forråtnelse.

I hvilken grad de her antydde variasjoner av næringsbetingelsene og oksydasjonsforholdene i dypere deler av Bunnefjorden, som på sin side har influert på den totale foraminiferbestand, er betinget av naturlige vekslinger i fjorden som helhet, eller skyldes forandringer i avrenningsområdet for Oslofjorden på grunn av menneskelig virksomhet, er på nåværende tidspunkt ikke mulig å avgjøre. Dertil kreves en rekke videre undersøkelser av forskjellige næringsstoffers sykluser i fjorden, bl. a. fosfater, og deres innvirkning på fytoplanktonproduksjonen i de øvre vannmasser. Dessuten påpeker Strøm (1936) at landhevningen og et kjølig, fuktig klima vil kunne bidra til å fremme stagnerende forhold.

Et sentralt spørsmål i forbindelse med klargjøringen av de her nevnte årsakskomplekser ville være å få tidfestet den påviste overgangen fra aerob til anaerob tilstand, som faller sammen med foraminifertetthetens maksimum. Så lenge sedimentasjonshastigheten i Bunnefjorden ikke er undersøkt og aldersforholdet således ikke er klarlagt,

kan det nevnes at Strøm (1936) har studert en borkjerne fra Drammensfjorden, der det ble påvist 639 vekslende lag i en 70 centimeters kjerne. Da lagene ble antatt å representere årslag, svarer dette til en sedimentasjonshastighet av størrelsesorden 1 cm pr. 10 år. Overført på vårt problem fra Bunnefjorden, der det øvre, sorte lag var ca. 5,5 cm, skulle dette svare til en tilnærmet alder av 50 år. På den annen side er det mulig at sedimentasjonshastigheten i dypeste del av Bunnefjorden er noe større enn i Drammensfjorden, bl. a. på grunn av Bunnefjordbassengets relative bratte skråninger (sml. fig. 3). I så fall vil det nevnte foraminifermaksimum ha inntrådt noe senere — eventuelt innenfor de siste to-tre desennier. Den markerte foraminiferoppblomstringen, som fremgår av diagrammet, kan da muligens ha en viss indirekte sammenheng med innføringen av moderne vannklosetter i Oslo kommune i 1920- og 1930-årene (sml. Braarud, 1945), mens den derpå følgende uttynning av foraminiferfaunaen i øvre del av kjernen muligens kan sees i forbindelse med de oksygenfattige perioder i Bunnefjordens dypere deler i 1940- og 1950-årene (Beyer og Føyn, 1951; Braarud, 1954; Føyn, 1958). Det må imidlertid taes forbehold overfor det som her er antydnet, inntil resultatene av andre undersøkelser fra Oslofjorden foreligger.

Foreløbig er det foretatt svært få kulturstudier med hensyn på å få klarlagt de enkelte foraminiferarters toleranse og kritiske verdier overfor oksygenfaktoren. Men selv om det ved grundigere studier skulle vise seg at gruppen som helhet er relativt lite ømfintlig overfor lave oksygenverdier (sml. Pokorný, 1958, s. 125), er det vanskelig å kunne anta at de kan leve under ekstremt oksygenfattige miljøbetingelser, slik at den levende bestand vil forsvinne ved overgangen til anaerobe bunnforhold (sml. Brongersma-Sanders, 1957, s. 959).

Som det fremgår av tab. 1, ble oksygeninnholdet i kontaktvannet i Bunnefjorden den 8. oktober 1962 funnet å være hele 2,9 mg/l. Denne relativt høye verdi hadde sannsynligvis sammenheng med den betydelige innstrømningen av oksygenrikt vann som fant sted i løpet av det meste av sommerhalvåret 1962 (Beyer, pers. medd.). Til tross for dette relativt høye oksygeninnhold ble det, som nevnt, ikke funnet levende foraminiferer i topplagrprøven fra sedimentkjernen, selv om enkelte av artene muligens ville kunne greie å oppholde seg i biotoper ved slike oksygenverdier (Bradshaw, 1961). På den annen side beveger de benthoniske foraminiferer seg langsomt (Cushman, 1948, s. 8), så at når bestanden i et område først er forsvunnet, vil det kunne ta

en viss tid før en nyetablering vil kunne finne sted. De observerte, døde eksemplarer kan således ha blitt tilført området ved strømmer eller nedrasning (Jones, 1958; Van Voorthuysen, 1960 b).

Kjerne 2.

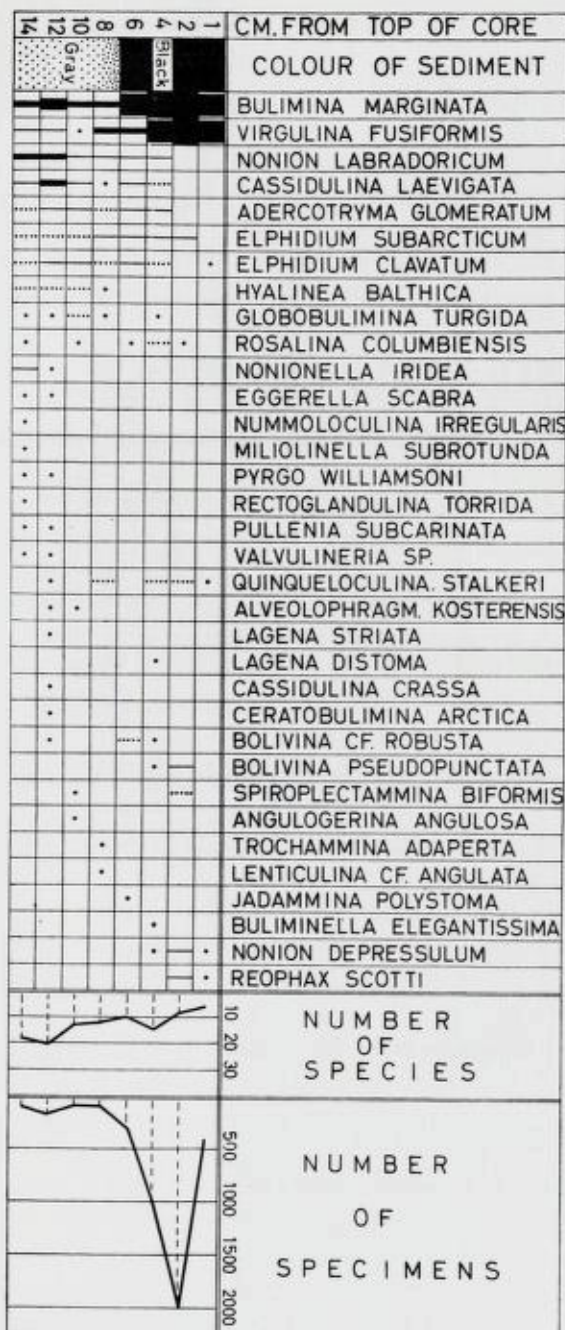
Stasjon: Bunnefjorden, mellom Ulsvik og Husbergø (fig. 2, 3 og 4). Dyp 88 m. Kjernens opprinnelige lengde 16,5 cm. Innsamlet 8. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen kan leses av tab. 1, mens foraminiferfaunaens fordeling innen kjernen er vist på diagr. 2.

Som helhet betraktet er antallet foraminiferarter i de fleste av kjernens prøver relativt lite. Det største artsantall på 20, ble funnet i nedre del av kjernen i 12 centimeters dyp. Som det videre fremgår av diagrammet, viser artsantallet i prøvene en avtagende tendens mot toppen av kjernen. I selve topplagprøven ble det kun observert 6 arter.

Kurven for individantallet på diagrammet viser derimot store svingninger. Individantallet er relativt lite og konstant i prøvene i nedre del av kjernen, med kun ca. 125 individer pr. prøve. Fra og med prøven i 6 centimeters dyp og oppover i kjernen, viser individantallet en meget sterk økning og når opp i et maksimalt antall av omkring 2000 i prøven som representerer intervallet 1–2 cm fra selve toppen av kjernen. Dette maksimum faller innenfor den del av sedimentkjernen som var sort (sml. fargekolonnen til venstre på diagrammet). Den sterke individøkningen som finner sted i øvre del av kjernen, er helt og holdent betinget av de to artene *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis*, som i 2 centimeters nivået er representert ved henholdsvis ca. 530 og 1400 eksemplarer. De øvrige arter til sammen utgjør bare ca. 70 eksemplarer. I topplagprøven, derimot, er individantallet gått ned til ca. 440. Dog skal det her henvises til diskusjonen i innledningen, s. 18, der det ble påpekt at opptellingen av foraminiferene i kjernens topplagprøve kan være forbundet med flere feilkilder, slik at individantallet her ikke er helt sammenlignbart med antallene i de nedre prøver i kjernen.

Av topplagprøvens foraminiferindivider viste hele 77 % fargereaksjon ved behandlingen med «Rose Bengal». Dog må det også her sies at for mange av foraminiferenes vedkommende var fargereaksjonen



CORE 2 - ULSVIK - DEPTH 88 m.

Diagram 2. Symbolforklaring i fig. 5.
For explanation of symbols see fig. 5.

meget svak og utydelig, slik at denne prosentverdien muligens er blitt noe for høy.

Når det gjelder selve tolkningen av faunavariasjonen innen kjernen, sammenholdt med sedimentets farge, kan vi bare komme med noen antydninger, og for øvrig henviser til diskusjonen i forbindelse med kjerne 1 fra Bunnefjorden (s. 21 f.).

Artsantallets avtagende tendens oppover i kjernen, og individantallets sterke økning fra 6 centimeters nivået og oppover, kan tyde på at en eller flere av miljøfaktorene i området, der kjernen er tatt, etter hvert begynner å anta ekstreme verdier (sml. Ekman, 1953, s. 183). Mens altså noen arter, bl. a. *Nonion labradoricum*, *Cassidulina laevigata* og *Adercotryma glomeratum* avtar i hyppighet, for til slutt helt å forsvinne, opptrer de to foran nevnte arter *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis* med en enorm hyppighet. Da sedimentets farge i tilsvarende nivå i kjernen er sort, tyder dette på at det er oksygenfaktoren som er utslagsgivende (Sverdrup, Johnson, Fleming, 1942, s. 968). De arter som er mest ømfintlige overfor lavt oksygeninnhold i bunnvannet, vil først forsvinne, mens de mere eury-oxybionte arter vil være mere utholdende (Økland, 1955, s. 21). Dessuten vil de sistnevnte, på grunn av eliminasjon av de øvrige arter, og dermed mindre konkurranse om næringsstoffene, kunne opptre i meget stort antall. Det har sannsynligvis i det hele tatt vært meget rikelig med næringsstoffer for de få arter som har kunnet oppholde seg i området, muligens som en følge av virkningene av kloakkforurensningen (sml. Broch, 1935). Som det fremgår av diagrammet, går det totale individantall, som i alt vesentlig grad utgjøres av de to nevnte arter *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis*, sterkt tilbake i topplagprøven. At det likevel ikke var et ennu mindre antall enn ca. 450, og at omkring hele 77 % av faunaen syntes å ha vært levende ved innsamlingen (oktober 1962), kan muligens ha sammenheng med det forhold at de innadgående strømmer med oksygenrikt vann i fjorden bøyes mot høyre (Beyer og Føyn, 1951, s. 296). Disse strømmer vil kunne avbøyes rundt Nesoddtangen og inn i sundet mellom Nesodden og Husbergø, der kjernen ble tatt. Det skulle derfor, i det store og hele, kunne være et noe større oksygeninnhold i dypere vannlag i dette området, enn for eksempel i dypere deler av Bunnefjorden og innenfor øyene i Oslo havneområde.

Om disse innadgående strømmer i midlere og dypere skikt kan tenkes å transportere foraminiferer inn fjorden, som så avsettes i om-

rådet, er et spørsmål for seg. Imidlertid viser den ujevne fordelingen av foraminiferfaunaen på diagrammet det her gjelder, både i horisontal og vertikal retning og den nære sammenheng mellom foraminifer-tettheten og sedimentets farge, at det neppe er noen foraminifertil-førsel av betydning ved hjelp av strømmer fra ytre Oslofjord.

Til slutt skal vi kort berøre det forhold at individmaksimumet for de to dominerende artene *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis* faller innenfor den øvre, sorte sone av sedimentkjernen. På grunn av de nevnte arters opptreden, er de sannsynligvis mere eller mindre eury-oxybionte, uten at det foreløpig er publisert noe i litteraturen angående deres kritiske verdier med hensyn på oksygenfaktoren. Disse arter har likevel neppe kunnet tilpasse seg et anaerobt hydrogensulfidholdig miljø. Det er derfor ikke urimelig å anta at mens disse artene levde og ble avsatt var det relativt lite, men dog tilstrekkelig oksygen for artenes eksistens i området. Sedimentmaterialet, som samtidig ble avsatt, har muligens for en stor del bestått av organisk detritus (sml. Braarud, 1945), som ved selve avleiringen på bunnen ikke har blitt fullstendig oksydert, som følge av det relativt lave oksygeninnhold i vannmassene som helhet (sml. Sverdrup, Johnson og Fleming, 1942, s. 1012). Det sedimenterte detritus kan så ha forbrukt den siste rest av oksygen i porevannet, inntil en anaerob tilstand var nådd, hvoretter det ble utvikling av hydrogensulfid og sorte jernsulfider (Sverdrup, Johnson og Fleming, 1942, s. 968).

Kjerne 3.

Stasjon: Sundet mellom Malmø og Langø (fig. 4 og 6). Dyp 72 m. Kjernens opprinnelige lengde ca. 19,5 cm. Innsamlet 8. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen der kjernen ble tatt, kan leses av tab. 1, mens foraminiferfaunaens variasjon innen kjernen er vist på diagr. 3. Den nedre halvdel av kjernen er meget rik på foraminiferer, både når det gjelder arter og individer. Imidlertid finner det sted en tydelig minkende tendens av arts- og individantallet oppover i kjernen, men med et fluktuerende forløp, som det fremgår av diagrammet. Mens det i nederste prøve i kjernen ble observert hele 37 foraminiferarter, var det bare 3 i topplagprøven. For individantallets vedkommende, ble det observert henholdsvis ca. 1600 og 100 i nederste og øverste prøve.

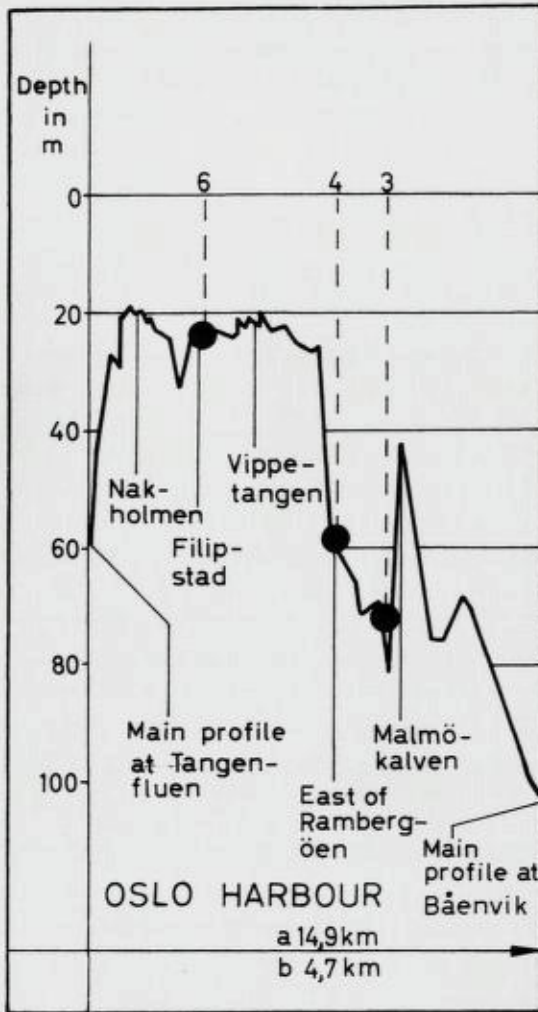


Fig. 6. Bunnprofil langs dypeste del av Oslo havn. Stasjoner angitt. Bokstavforklaring som på fig. 3. (Etter Norsk institutt for vannforskning.)

Profile of the bottom along the deepest part of Oslo Harbour. Stations indicated. Explanation of letters as in fig. 3.



De mest dominerende foraminiferarter i kjernen, hva hyppighet angår, er *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis*, *Hyalinea balthica* og *Cassidulina laevigata*, mens *Nonion labradoricum* også er relativt hyppig. Enkelte arter, som *Adercotryma glomeratum* og *Elphidium clavatum* kan også være relativt rikelig representert i noen av prøvene i nedre halvdel av kjernen. De øvrige observerte arter forekommer langt mindre hyppig, de fleste er sjeldne og viser kun en sporadisk oppreden.

I topplagprøven viste det seg at ca. 40 % av individene hadde vært levende ved innsamlingen, alle tilhørende arten *Bulimina marginata*. Av de to andre arter som ble observert i topplagprøven, *Virgulina fusiformis* og *Reophax scotti* (ikke avmerket på diagrammet), ble det kun funnet døde eksemplarer.

Som det videre fremgår av diagrammet, var det øverste, sorte sedimentlaget ca. 3,5 cm tykt. I denne sammenheng kan nevnes at Beyer (pers. medd.) fant et ca. 11 cm tykt, sort lag øverst i en kjerne som var blitt tatt i dypeste del av sundet mellom Malmø og Langø, i ca. 80 meters dyp. Det er derfor sannsynlig at den her analyserte foraminiferkjerner (diagr. 3) fra 72 meters dyp, ble tatt i en skråning, der altså det øverste, sorte sedimentlaget var noe mindre tykt enn tilfellet var på den mere jevne bunn i dypeste del av sundet.

Når det gjelder selve tolkningen av den faunistiske utvikling i sedimentkjernen, på grunnlag av vertikalfordelingsdiagrammet, er det meget vanskelig å slå fast noe med sikkerhet, så lenge ikke sedimentasjonshastigheten er kjent. Således må vi i det følgende nøye oss med noen antydninger.

Området der kjernen er tatt, ligger nær selve bykjernen, ikke langt fra forskjellige elve- og kloakktløp, samt Bekkelaget renseanlegg (fig. 4). Dette vil, for det første, kunne innebære at de sekundære virkninger av forurensningen på bunnfaunaen her vil gjøre seg spesielt gjeldende — også på grunn av områdets beliggenhet innenfor øyer og holmer, som derved delvis hidrer tilførslen av oksygenrikt vann (sml. Braarud, 1945). For det annet er det naturlig å anta at sedimentasjonshastigheten kan være relativt stor nettopp her, på grunn av slamtilførslen fra de nevnte utløp og kilder. Således er det mulig at sedimentkjernens lengde (19,5 cm), i tid bare svarer til de siste desennier, og ikke er tilstrekkelig lang til å representere hele foraminiferfaunaens historiske forløp i sammenheng med den tiltagende forurensning. Det er derfor mulig at den markerte reduksjonen av artsantallet på

diagr. 3, kombinert med den tilsvarende tendens med hensyn på individantallet (riktignok med et noe fluktuerende forløp), kan tolkes som en del av «sluttfasen» av foraminiferfaunaens opptreden i området, som en sekundær følge av forurensningen. Dog må det forbehold taes, at om sedimentasjonshastigheten i området med tiden kunne bli undersøkt, ville man med større sikkerhet kunne tyde den fauna-variasjon som er observert innen kjernen.

Kjerne 4.

Stasjon: Havneområdet, ca. 400 m øst for Rambergø (fig. 4 og 6). Dyp 61 m. Kjernens opprinnelige lengde ca. 16,5 cm. Innsamlet 8. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen er vist på tab. 1, mens foraminiferfaunaens fordeling i kjernen sees av diagr. 4.

Foraminiferinnholdet i de 7 undersøkte prøver i kjernen var meget fattig, både på arter og individer. Det største antall arter som ble funnet i noen prøve var 9, fra prøven i 2 centimeters dyp, mens det største individantallet ble funnet i prøven fra 4 centimeters dyp, med kun 100 individer. Dog viser kurvene for arts- og individantallet relativt store svingninger.

Når det gjelder de opptredende foraminiferarter i kjernens prøver, finner man ikke her, som i mange av de øvrige kjerner fra indre Oslofjord, den rike forekomst av *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis*. Derimot opptrer det en del agglutinerende gruntvannsarter, som *Eggerella scabra*, *Ammoscalaria runiana* og *Miliammina fusca*. På grunnlag av bathygrafiske studier i Gullmarfjord av Høglund (1947, s. 192), er *Eggerella scabra* mest hyppig på dyp mellom 15 og 20 m, sjelden på større dyp enn 60 m. *Ammoscalaria runiana* er, i følge Høglund (1947, s. 162), kun funnet i Gullmarfjord på dyp mellom 7 og 33 m. Endelig kan nevnes at *Miliammina fusca* i litteraturen er henregnet som en typisk gruntvannsform eller marskform (Lankford, 1959, s. 2077, 2079). Da de her nevnte foraminiferarter ved Rambergø er funnet på et dyp av 61 m, er det mulig de representerer en «displaced» fauna (Jones, 1958) og at de er ført ut på noe dypere vann enn de egentlig hører til, økologisk sett, enten ved ras eller strømmer. I denne sammenheng kan det nevnes at det i prøvene fra henholdsvis 6, 4 og 2 centimeters dyp i kjernen ble funnet en del sedimentmateriale i fin-grusfraksjonen.

Den fattige og spesifikke grunntvannsfauna i kjernen, kan muligens henge sammen med at kjernen har vært for kort til å representere hele den faunistiske utvikling eller forandring i sammenheng med en tiltagende forurensning i området, ved at sedimentasjonshastigheten kan ha vært stor på vedkommende sted. Sedimentkjernens foraminiferinnhold består hovedsakelig av grunntvannsarter, som ikke med sikkerhet kan sies å være av autochton opprinnelse, avsatt in situ, men snarere heller representerer en allochton, forflyttet fauna. Det markerte individmaksimum i 4 centimeters dyp kan derfor bety en akkumulasjon av foraminiferindivider, som følge av en eventuell utrasning fra grun- nere til dypere vann.

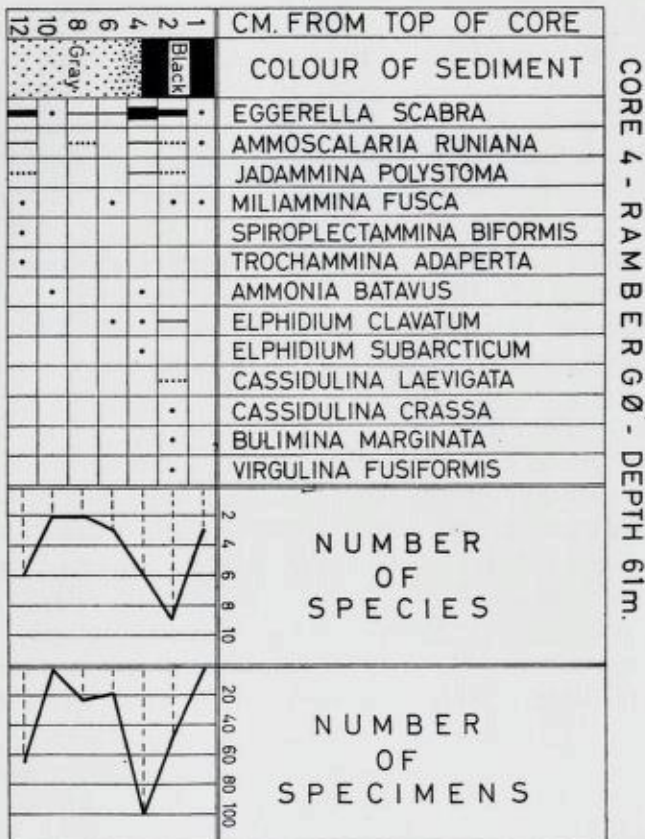


Diagram 4. Symbolforklaring i fig. 5.

For explanation of symbols see fig. 5.

Kjerne 5.

Stasjon: Bekkelaget, ca. 350 m fra land (fig. 4). Dyp 52 m. Kjernen opprinnelige lengde ca. 35 cm. Innsamlet 8. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen der kjernen ble tatt, er vist på tab. 1, mens foraminiferfaunaen i de forskjellige deler av kjernen fremgår av diagr. 5. På grunnlag av foraminiferenes fordeling, kan diagrammet deles i en undre del, svarende til intervallet mellom nivåene 32 og 18 cm, som representerer en yngre, recent fauna og en øvre del, fra 16 cm og opp til topplaget, som nærmest synes å bestå av eldre, senkvartære faunaelementer sammen med recente gruntvannsarter.

Vi skal først omtale faunaen i undre del av kjernen. Karakteristisk er her den sterke reduksjon av arts- og individantallet som finner sted fra prøve til prøve oppover i kjernen. Mens artsantallet i nederste prøve, svarende til nivået 32 cm, er 20, er det i prøven i 18 centimeters dyp bare 2. For individantallets vedkommende ble det observert henholdsvis 650 og 3 foraminiferindivider i de tilsvarende prøver. De mest dominerende arter er her, likesom i kjernen fra indre del av Bunnefjorden, *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis*, men også *Nonion labradoricum* er relativt hyppig i de to nederste prøver. Den successive utvikling av foraminiferfaunaen som finner sted i Bekkelagskjernen fra nivåene 32 til 18 cm, med sterk reduksjon av faunaen som helhet, synes å svare til den tendens som ble observert i kjernen fra indre del av Bunnefjorden, fra nivået 6 cm og opp til topplaget (sml. diagr. 1, og s. 21). Da denne faunareduksjonen i det store og hele faller sammen med sedimentfargens omslag fra grått til sort (sml. fargesøylen til venstre på diagr. 5), er det mulig å tolke denne som en siste fase av foraminiferfaunaens utdøden i området som følge av et sterkt redusert oksygeninnhold. Som tilfellet videre syntes å være innen kjerne 2 (s. 27), finner man også i Bekkelagskjernen det forhold, at mens en rekke arter kun opptrer i de nederste prøver, for deretter foreløpig å opphøre og forsvinne, er de to artene *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis* langt mere utholdende.

Mens kurvene for arts- og individantallet begge viser et minimum i et dyp av 18 cm under kjernens topplag, inntreter det så fra og med 16 centimeters dyp og oppover en relativt plutselig og markert økning av foraminiferinnholdet i prøvene, så vel når det gjelder arter som individer. Kurvene for arts- og individantallet viser dessuten et meget

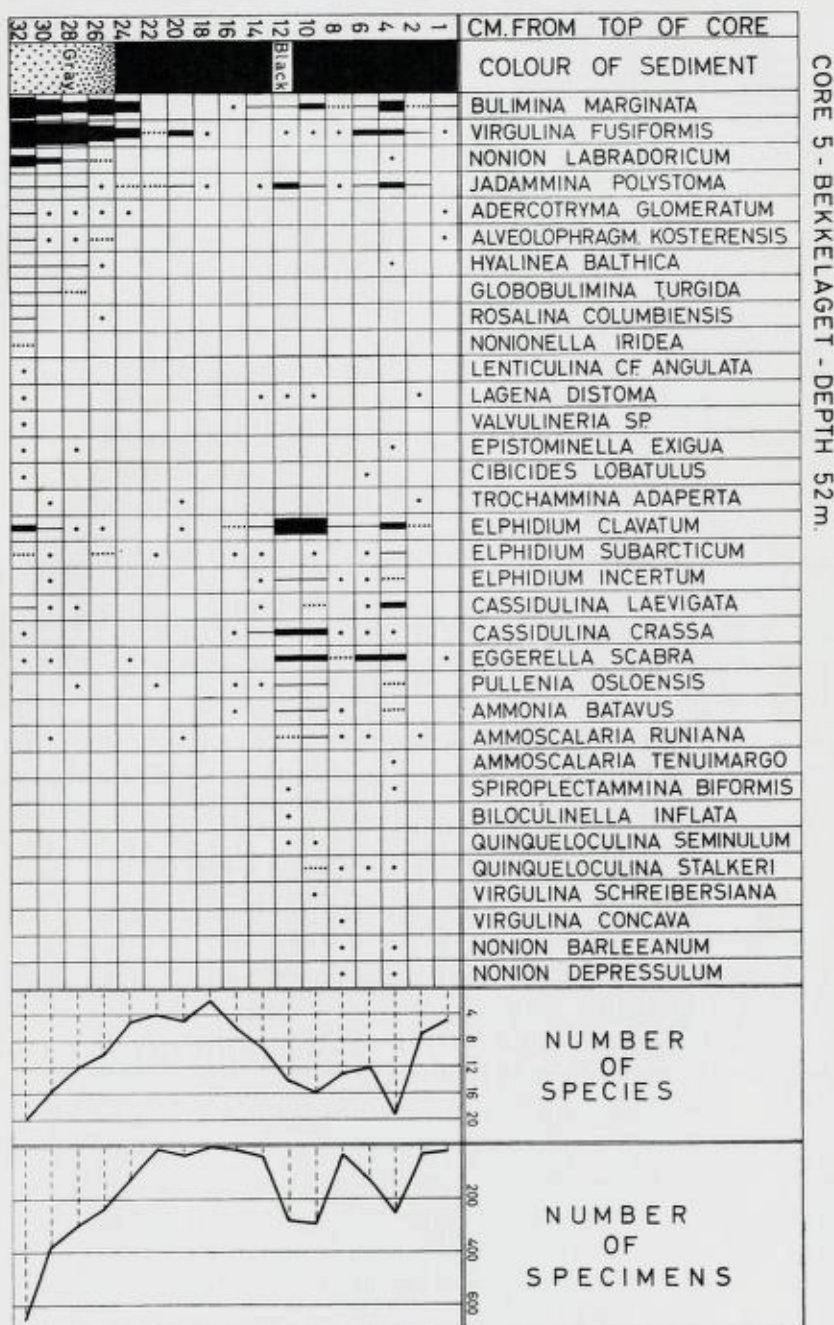


Diagram 5. Symbolforklaring i fig. 5.
For explanation of symbols see fig. 5.

uregelmessig forløp i øvre del av diagrammet, med to maksima, nemlig i nivåene 10–12 cm og 4 cm under toppen, med et mellomliggende minimum i nivået omkring 6–8 cm. Fra nivået 4 cm og opp til topplaget finner det igjen sted en markert reduksjon av faunaen. I topplagprøven ble det i alt funnet 5 arter, med til sammen 20 individer, som alle viste seg å være døde under testingen med «Rose Bengal».

I første omgang kunne de her nevnte faunafluktuasjoner tenkes å ha en mere eller mindre direkte sammenheng med bunnstrømaktiviteter, i form av innstrømninger av oksygenrikt vann og dermed følgende miljøforandringer ved bunnen. På den annen side synes visse indikasjon, både biologiske og mineralogiske, å tyde på at den her observerte foraminiferfauna er til dels av allochton opprinnelse, og står i forbindelse med utrasninger av eldre, kvartære leirmasser i området.

For det første kan det påpekes at mens kornstørrelsen for prøvene i intervallet 32 til 18 centimeters dyp lå i silt- og leirfraksjonen, ble det plutselig i prøvene fra kjernens dyp på 16 cm og oppover funnet sand- og gruspartikler, noen med lengder opp til 1,5 cm.

Når det gjelder selve foraminiferfaunaens sammensetning i øvre del av kjerne 5 fra Bekkelaget, må den sies å være meget uensartet, som nærmere må omtales. For det første er *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis* representert. Disse arter er meget hyppige i recente prøver i Oslofjorden, som det fremgår av nærværende undersøkelse, men de er likeledes også blant de hyppigste i de senkvartære avsetninger i Oslofjordområdet, særlig fra postglacial tid (Feyling-Hanssen 1954 a og b; 1958 a). Videre ble det i øvre del av Bekkelagskjernen funnet noen arter — *Elphidium clavatum*, *Elphidium incertum*, *Cassidulina crassa* og *Pullenia osloensis* — som er blant de hyppigst forekommende i de senkvartære avsetninger (Feyling-Hanssen, loc. cit.), men som ikke er særlig hyppige i recente prøver fra Oslofjorden. Endelig forekommer det noen recente gruntvannsarter i kjernen, nemlig *Eggerella scabra*, *Ammonia batavus* og *Ammoscalaria runiana* (sml. referanser i forbindelse med artslisten).

Den blandingsfauna som er karakteristisk for øvre del av kjernen fra Bekkelaget, kan tyde på at det ved et ras er blitt ført ut en del eldre, senkvartært materiale fra land på noe større dyp. Under materialtransporten over den grunnere sone (littoralsonen), kan det ha blitt ført med noen gruntvannsforaminiferer, som så er blitt avsatt på noe dypere vann sammen med de senkvartære sedimenter og foraminiferer. Uten at vi her skal gå nærmere inn på raset eller rasmekanismen, og

transporten av materialet ut på større dyp, kan vi bare antyde en mulig sammenheng med Bekkelagsraset i oktober 1953 (Feyling-Hanssen, 1954 b; Eide og Bjerrum, 1955; Eide, 1955).

Kjerne 6.

Stasjon: Havneområdet, ca. 300 m utenfor Filipstad (fig. 4 og 6). Dyp 25 m. Kjernens opprinnelige lengde 22,5 cm. Innsamlet 8. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen der kjernen ble tatt, kan leses av tab. 1, mens foraminiferfaunaens variasjon innen kjernen er vist på diagr. 6. Som helhet betraktet er faunaen i kjernen relativt fattig på arter og individer. De fleste av prøvene innen kjernen har et artsantall på mindre enn 15. Artsantallet avtar noe fra prøve til prøve i kjernens øvre del. I topplagprøven ble det således bare funnet 3 arter. Som det videre fremgår av kurven over individantallet på diagr. 6, er nedre del av kjernen fattig på individer, med kun ca. 100 individer i de to nederste analyserte prøver. Fra et dyp av ca. 16 cm under topplaget og oppover i kjernen, finner det så sted en sterk økning av individantallet, med et maksimum på omkring 870 i et nivå av ca. 10 cm under topplaget. Foraminifertettheten er med andre ord her nesten det 9-dobbelte av hva den var i de nederste prøver i kjernen. Fra nivået 10 cm og opp til selve topplaget, finner vi igjen en sterk reduksjon av individantallet, med kun 17 observerte individer i topplagprøven, hvorav 7 viste fargereaksjon med «Rose Bengal» (Walton, 1952). Oksygeninnholdet i kontaktvannet ble funnet å være 1,0 mg/l (tab. 1).

Den markerte individreduksjonen av foraminiferene i øvre del av sedimentkjernen fra Filipstad, faller til dels sammen med sedimentets fargeomslag fra grått til sort (sml. fargekolonnen til venstre på diagr. 6).

Av diagrammet fremgår at de to dominerende arter også her er *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis*, som til sammen utgjør den alt overveiende del av det totale individantall. Arter som *Hyalinea balthica*, *Nonion labradoricum* og *Elphidium clavatum* er også til dels hyppige, i hvert fall i noen av prøvene. Det ble også funnet en del eksemplarer av gruntvannsformer som *Eggerella scabra* og *Ammonia batavus*. I denne sammenheng kan nevnes at kjernen ble tatt på relativt grunt vann, 25 meters dyp, med en saltholdighet i bunnvannet på



CORE 6 - FILIPSTAD - DEPTH 25m.

Diagram 6. Symbolforklaring i fig. 5.
For explanation of symbols see fig. 5.

29,0 ‰ (tab. 1). (Opplysninger om de enkelte arters økologiske forhold finnes for øvrig i referansene i artslisten.)

Når det gjelder selve tolkningen av diagrammet, vil jeg henvide til den generelle innledende del av dette arbeidet, s. 7 f, og til beskrivelsen og diskusjonen av kjerne 1 (diagr. 1) fra Bunnefjorden, s. 19 f, da kurvene for arts- og individantallet synes å ha tilsvarende forløp som her. I Filipstadområdet synes det å ha funnet sted en markert økning av foraminifertettheten, muligens som en sekundær virkning av gjødselstofftilførselen fra kloakken, inntil et visst stadium, nemlig ved overgangen til en mere eller mindre utpreget anaerob tilstand, hvorved foraminiferfaunaen uttynnes, for til slutt nærmest å forsvinne, på grunn av oksygenreduksjonen. I denne sammenheng kan påpekes stasjonens nære beliggenhet med selve bykjernen, og dermed kloakkutløpene (fig. 4).

Kjerne 7.

Stasjon: Ytre Lysakerfjord, mellom Nesoddtangen og Bygdøy (fig. 2, 3 og 4). Dyp 60 m. Kjernens opprinnelige lengde 8,5 cm. Innsamlet 10. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen der kjernen ble tatt, kan leses av tab. 1. Sedimentkjernen som ble tatt i ytre Lysakerfjord var meget kort, og det ble således kun analysert 4 prøver av den. Det øverste sedimentlaget på to centimeter var brunt, resten av kjernen var grå. Foraminiferenes fordeling i kjernen er fremstilt på diagr. 7. Som det herav fremgår, er prøvene usedvanlig rike på foraminiferer, hva individantallet angår. Mens artsantallet i prøvene er noenlunde konstant, omkring 25, viser individantallet en relativt jevn og sterk økning fra 1850 i nederste prøve til et antall av hele 4670 i topplagprøven, svarende til et antall av omkring 467 individer pr. gram tørr sediment (sml. s. 16).

Den alt overveiende dominerende foraminiferart er *Bulimina marginata*, som i prøvene i 6, 4, 2 og 1 centimeters dyp, utgjorde henholdsvis ca. 72, 76, 66 og 74 % av den totale foraminiferfauna. I topplagprøven viste det seg at ca. 71 % av denne arts individer hadde vært levende ved innsamlingen (10. oktober 1962). Oksygeninnholdet ved dette tidspunkt ble funnet å være 2,3 mg/l (tab. 1).

Av andre dominerende arter må nevnes *Virgulina fusiformis*, *Cassidulina laevigata*, *Elphidium subarcticum*, *Adercotryma glomeratum*. Artene *Virgulina fusiformis* og *Adercotryma glomeratum* viser en



CORE 7 - YTRE LYSAKERFJORD - DEPTH 60m.

Diagram 7. Symbolforklaring i fig. 5.
For explanation of symbols see fig. 5.

markert økning i hyppighet fra prøve til prøve oppover i kjernen. Av agglutinerende arter, ved siden av *A. glomeratum*, som gjør seg mere eller mindre gjeldende i de to øverste prøver, kan nevnes *Alveolophragmium kosterensis*, *Spiroplectammina biformis*, *Ammodiscus gullmarensis*, *Textularia earlandi*, *Trochammina adaperata*, *Liebusella goësi* og *Reophax scotti*.

Når det så gjelder tolkningen av foraminiferfaunaens oppreden og utviklingen i området, på grunnlag av diagrammet, må det først påpekes at vi her kun har fått et relativt kort tidsrom representert, da kjernens opprinnelige lengde bare var ca. 8,5 cm. I alle prøvene ble det funnet kullrester og forskjellige slagpartikler, tydende på relativt ung alder av hele sedimentsøylen. Det som særlig karakteriserer kjernen, er som nevnt den enorme individrikdom, selv i nederste prøve, med henimot 2000 individer og med en sterk økning opp mot topplaget, der det ble beregnet å være ca. 4670 individer, svarende til et antall av omkring 467 individer pr. gram tørket sediment. Det kan i denne sammenheng nevnes at det innen den postglaciale foraminifer-sone F i Oslofjordområdet (sml. Feyling-Hanssen, 1957; Risdal, 1962), der man vanligvis finner den største foraminiferrikdom fra senkvartær tid, kun meget sjelden finner et antall på over 300 individer pr. gram tørket sediment (Feyling-Hanssen, pers. medd.). Den store foraminifertetthet vi har representert i ytre Lysakerfjord, har sannsynligvis sammenheng med rike næringsbetingelser i området. Det er videre mulig at foraminiferene, som helhet, kan ha en gjennomsnittlig lavere kritisk verdi med hensyn på oksygenfaktoren enn de fleste andre invertebratgrupper, og kan således holde seg lengre i området. Det er også påfallende at en rekke agglutinerende foraminiferarter opptrer og tiltar i hyppighet i øverste del av kjernen, hvilket svarer til det forhold som ble observert av Watkins (1961), ved sin foraminiferundersøkelse i et kloakkforurenset område i California. Som nevnt, s. 22, har Christiansen vist, at den agglutinerende arten *Adercotryma glomeratum* hovedsakelig ernærer seg av dødt, organisk detritus, og dette er nettopp en av de arter som viser en sterk tiltagende tendens oppover i kjernen (sml. diagr. 7).



CORE 8 - FLASKEBEKK - DEPTH 62m.

Diagram 8. Symbolforklaring i fig. 5.
For explanation of symbols see fig. 5.

Kjerne 8.

Stasjon: Vestfjorden, vest for Flaskebekk, Nesodden (fig. 2, 3). Dyp 62 m. Kjernens opprinnelige lengde 12,5 cm. Innsamlet 10. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen kan leses av tab. 1. Kjernen hadde øverst et brunt sedimentlag på ca. 1,5 cm, mens resten av kjernen var grå. Foraminiferfaunaens fordeling innen kjernen er vist på diagr. 8. Som det herav fremgår, viser artsantallet en økning i øvre lag. Særlig karakteristisk er dessuten den jevne økningen av individantallet oppover kjernen, fra et antall av 121 individer i 10 centimeters dyp, til et maksimum på ca. 1100 i 2 centimeters dyp i kjernen, mens antallet i topplagprøven er gått ned igjen til ca. 1050. (På grunn av et uhell kunne foraminiferene i topplagprøven ikke la seg teste med «Rose Bengal».)

De mest dominerende blant kalkskallartene er *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis* og *Elphidium subarcticum*, mens *Adercotryma glomeratum* er den hyppigste blant de agglutinerende arter. For øvrig finner det sted, likesom ved kjerne 7, en tilsynekomst og økning av en del andre agglutinerende arter i det øverste laget, bl. a. *Ammodiscus gullmarenensis*, *Textularia earlandi*, *Alveolophragmium kosterensis* og *Reophax scotti*. Anrikningen av de agglutinerende arter oppover mot kjernens topplag, så vel som økningen av den totale foraminifertethet i Vestfjorden, er nærmere diskutert i forbindelse med kjerne 9.

Kjerne 9.

Stasjon: Vestfjorden, vest for Steilene (fig. 2 og 3). Dyp 90 m. Kjernens opprinnelige lengde 18 cm. Innsamlet 10. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen kan leses av tab. 1. Den 18 cm lange sedimentkjernen hadde øverst et brunt detrituslag på ca. 1 cm. Resten av kjernen var grå og homogen. Det ble kun tatt ut prøver for foraminiferanalyser fra den nederste centimeter i kjernen og fra de øverste ti centimetre, til sammen 7 prøver. Foraminiferfaunaen i disse analyserte prøver er vist på diagr. 9. Som det fremgår av diagrammet, var den nederste prøven i 16 centimeters dyp meget fattig. Det ble kun funnet 6 arter med til sammen 12 foraminiferindivider. Betrakter vi så foraminiferfaunaen og dens utvikling innen de ti øverste centimetre i kjernen, der prøvene i annen hver centimeter er analy-





Diagram 9. Symbolforklaring i fig. 5.
For explanation of symbols see fig. 5.

sert, finner vi som en tydelig tendens at arts- og individantallet øker — særlig aller øverst. Mens artsantallet er 8 i prøven i 10 centimeters dyp, er det hele 25 i topplagprøven. Individantallet i de to tilsvarende prøver er henholdsvis ca. 100 og 2300. Denne økningen er ikke jevn, men gjør seg særlig sterkt gjeldende innen de to øverste centimetre. Nær $\frac{2}{3}$, eller nærmere bestemt 66,9 % av foraminiferindividene i topplagprøven, ble funnet å ha vært levende ved innsamlingen.

I det følgende skal vi kort omtale noen av foraminiferartenes opp-treden. De to mest dominerende arter i kjernens prøver er kalkskall-artene *Bulimina marginata* og *Cassidulina laevigata*, som begge viser en økning oppover i kjernen. Av andre kalkskallararter, som viser en mere eller mindre sterk tiltagende tendens i øvre del, kan nevnes *Nonion labradoricum*, *Virgulina fusiformis*, *Hyalinea balthica* og *Elphidium clavatum*. Det som imidlertid er særlig karakteristisk ved foraminiferfaunaen i kjernen, er den relativt plutselige og til dels meget sterke økningen av en rekke agglutinerende foraminiferer i topplagprøven, bl. a. *Adercotryma glomeratum*, *Alveolophragmium kosterensis*, *Recurvoides trochamminiforme*, *Textularia earlandi*, *Verneuilina media*, *Trochammina* cf. *quadriloba*, *Reophax subfusiformis*, *Ammodiscus gullmarenensis* og *Ammoscalaria tenuimargo* (sml. diagr. 9).

Så langt selve beskrivelsen. Når det så gjelder å tolke dette for kjernen så karakteristiske fenomen, som ved andre kjerner fra Vestfjorden, at en rekke agglutinerende foraminiferarter opptrer relativt plutselig og tilar i hyppighet, kan det til dels henge sammen med det forhold at flere av disse arter har en noe mere skjør skallbygning enn kalkskallartene og vil følgelig lettere kunne destrueres eller oppløses i sedimentene etter at avleiringen har funnet sted. Da en eventuell diagenetisk destruksjon av foraminiferindividene må antaes å tilta med tidsfaktoren og dypet i sedimentene, samtidig med at den sannsynligvis vil ha en selektiv karakter med hensyn på foraminiferskallenes konsistens, vil dette i seg selv kunne være en naturlig forklaring på anrikningen av de agglutinerende former mot topplaget.

Men som nevnt flere andre steder i dette arbeidet, har økningen av agglutinerende foraminiferer, så vel som den totale individøkning i sin helhet, sannsynligvis sammenheng med en tiltagende mengde næringsstoffer på bunnen. Så pass langt fra havneområdet som det her dreier seg om, synes altså miljøbetingelsene å ha en gunstig virkning på foraminiferfaunaen like opp mot topplaget i kjernen, slik at vi ikke får den individreduksjonen i øvre del, som tilfellet var innen kjernene

fra havneområdet og Bunnefjorden. Mens vi for eksempel i kjerne 6 (diagr. 6) fra Filipstad hadde et individmaksimum i 10 centimeters dyp, og i kjerne 1 (diagr. 1) fra Bunnefjorden et maksimum i 6 centimeters dyp, med deretter reduksjoner, finner vi altså i kjerne 9 fra Vestfjorden den største foraminiferrikdom i topplaget. Til sammenligning kan nevnes at oksygeninnholdet i kontaktvannet der denne kjerne ble tatt, var 4,5 mg/l, altså større verdi enn ved de andre nevnte stasjoner (sml. tab. 1).

Kjerne 10.

Stasjon: Vestfjorden, utenfor Båtbuktodden (fig. 2 og 3). Dyp 102 m. Kjernens opprinnelige lengde 18 cm. Innsamlet 10. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen der kjernen ble tatt, kan leses av tab. 1. Den 18 cm lange sedimentkjernen hadde øverst et brunt detrituslag på ca. 2 cm. Den øvrige del av kjernen var homogen og grå. Det ble kun tatt ut prøver for foraminiferanalyser fra den nederste centimeter i kjernen og fra de øverste seks centimetre, til sammen 5 prøver (diagr. 10). Det viste seg nemlig å være en svært ubetydelig forskjell på foraminiferfaunaen i 16 og 6 centimeters dyp i kjernen, som det vil fremgå av diagrammet. Betrakter vi imidlertid foraminiferfaunaen og dens utvikling innen de seks øverste centimetre av kjernen, finner vi derimot tydelige forskjeller, som til dels kan følges fra prøve til prøve. Artsantallet viser her en svak økning. Mens antallet er 18 i 6 centimeters dyp, er det 24 i topplagprøven. Individantallet viser en meget sterk økning i det tilsvarende intervall. Fra å være omkring 200 i 6 centimeters dyp, når det opp i et antall av ca. 1100 i øverste prøve, hvorav ca. 50 % av faunaen ble funnet å ha vært levende ved innsamlingstidspunktet.

Av kalkskallarter, som særlig gjør seg gjeldende og som viser en mere eller mindre sterk økning i øvre del av kjernen, må nevnes *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis*, *Cassidulina laevigata*, *Nonion labradoricum* og *Elphidium subarcticum*. Men det som er ennu mere karakteristisk, er den plutselige og meget markerte oppblomstringen av en rekke agglutinerende arter, først og fremst *Adercotryma glomeratum* og *Alveolophragmium kosterensis*, men også av *Trochammina* cf. *quadriloba*, *Ammodiscus gullmarenensis*, *Eggerella scabra*, *Recurvoides trochamminiforme*, *Reophax subfusiformis*, *Textularia ear-*



CORE 10 - BÅTBUKTODDEN - DEPTH 102 m

Diagram 10. Symbolforklaring i fig. 5.
For explanation of symbols see fig. 5.

landi og *Ammoscalaria tenuimargo*. For diskusjon av foraminiferfaunaen i kjerne 10, henvises til diskusjonen i forbindelse med foregående kjernebeskrivelse (kjerne 9).

Kjerne 11.

Stasjon: Digerud, øst for nordlige del av Haaøy (fig. 2 og 3). Dyp 142 m. Kjernens opprinnelige lengde 21,5 cm. Innsamlet 10. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen der kjernen ble tatt, sees av tab. 1. Foraminiferfaunaens variasjon innen kjernen er vist på diagr. 11. Som helhet betraktet er det en meget rik foraminiferfauna i kjernen fra Digerud, både når det gjelder arter og individer. Artsantallet er i de fleste av prøvene mellom 25 og 30, med et maksimum på 36 i prøven 4 cm under toppen av kjernen. Individantallet i nedre del av kjernen er omkring 200 i hver av prøvene, men når opp i et antall av ca. 870 i prøven i 4 centimeters dyp. I topplagprøven er antallet omkring 540, hvorav ca. 77,6 % av faunaen viste fargereaksjon og har vært levende under innsamlingen. Det ble funnet levende eksemplarer av alle observerte foraminiferarter fra Digerud. Oksygeninnholdet i kontaktvannet ved innsamlingstidspunktet var 6,1 mg/l (tab. 1).

Av de mest hyppig forekommende arter i kjernen fra Digerud, kan nevnes *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis*, *Cassidulina laevigata*, *Hyalinea balthica*, *Astrononion gallowayi*, *Angulogerina angulosa* og *Nonion labradoricum*. I øverste del av kjernen er også *Bolivina* cf. *robusta*, *Elphidium subarcticum* og den agglutinerende arten *Adercotryma glomeratum* hyppig. De fleste av de overfor nevnte arter har sitt individmaksimum i 4 centimeters dyp i kjernen.

På grunnlag av foraminiferene og deres variasjon innen kjernen, kan det synes som om miljøbetingelsene har holdt seg mere eller mindre konstante i løpet av det tidsrom som svarer til sedimentavsetningen. Vi finner ikke her faunistiske indikasjoner på ekstreme bunnforhold, med relativt lavt oksygeninnhold sammen med store næringsstoffmengder, som tilfellet var ved enkelte stasjoner i havneområdet. I stedet for et enormt stort individantall, med dominans av noen meget få arter i kjernene fra slike steder, har vi i kjernen fra Digerud kun et middels stort individantall, men til gjengjeld et meget stort artsantall, dog uten at noen få, spesielle arter gjør seg gjeldende i særlig



Diagram 11. Symbolforklaring i fig. 5.
For explanation of symbols see fig. 5.

grad. Sannsynligvis er det stort sett rikelig oksygentilførsel til området ved Digerud, da de innadgående strømmer som trenger inn over Drøbakttersklen, avbøyes mot høyre og følger østsiden av fjorden (Beyer og Føyn, 1951, s. 296). Dessuten blir vannmassene i Digerudområdet, på grunn av de topografiske forhold kombinert med strømmen i området, liggende som i en bakevje, med derav følgende tendens til horisontal sirkulasjon. Derved finner det sted blanding og gjennomluftning av vannmassene (Beyer, pers. medd.).

Den tiltagende foraminifertetthet i øverste del av kjernen (diagr. 11), med et arts- og individmaksimum i 4 centimeters dyp, henger sannsynligvis sammen med en økning av næringsstoffmengden på bunnen.

Nå viste Broch (1935), på grunnlag av undersøkelser i 1930-årene, at den totale populasjonstetthet av bunndyr på innsiden av Drøbakttersklen, bl. a. ved Digerud, var langt større enn på utsiden av denne terskel — et forhold han tilskrev den store næringsstoffmengde i området, som en indirekte følge av forurensningen. Den økende foraminifertetthet i øvre del av sedimentkjernen fra Digerud, om enn ikke særlig markert, kan muligens også sees i sammenheng med dette årsaksforhold. På den annen side kan det heller ikke utelukkes at svingninger i bunnfaunabestanden, deriblant også foraminiferene, kan være betinget av naturlige vekslinger av næringsforholdene i denne del av fjorden.

Kjerne 12.

Stasjon: Gråøyrenna (fig. 2 og 7). Dyp 110 m. Kjernens opprinnelige lengde 20 cm. Innsamlet 10. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen der kjernen ble tatt, sees av tab. 1, mens foraminiferfaunaen i kjernen er vist på diagr. 12. Som det fremgår av diagrammet er foraminiferfaunaen i kjernen fra Gråøyrenna som helhet betraktet relativt fattig på arter og individer. Artsantallet i prøvene er noenlunde konstant gjennom hele kjernen, nemlig omkring 20. Individantallet, derimot, varierer noe innen de forskjellige deler av kjernen. Antallet er størst i øvre del, med opp til 350 individer i prøven som ligger i 6 centimeters dyp. I topplagprøven var det observerte antallet omkring 120, men er sannsynligvis noe for lite og ikke helt sammenlignbart med de øvrige prøver i kjernen (s. 18). Ca. 80 % av foraminiferindividene i topplagprøven syntes å vise fargereaksjon under behandlingen med «Rose Bengal».

De mest dominerende foraminiferarter i kjernen, særlig i øvre del, er *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis* og *Cassidulina laevigata*. (Dog er deres hyppighet i kjernen på langt nær så stor som innen enkelte kjerner fra indre deler av fjorden.) Et annet karakteristisk trekk i øvre del av kjernen fra Gråøyrenna, er den relativt rike representasjon av agglutineende foraminiferarter, ialt omkring ni i antall, mens

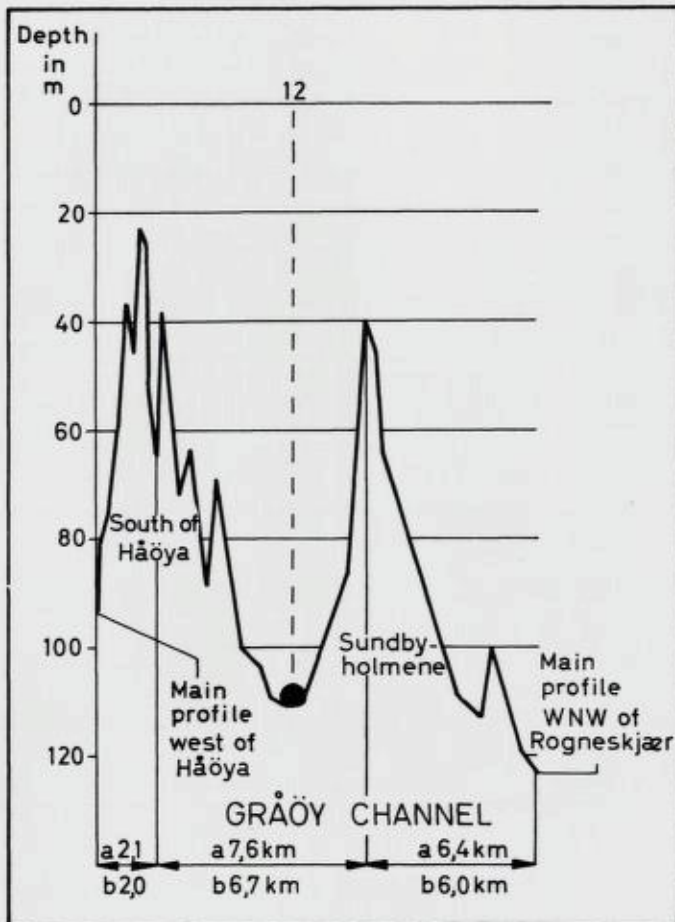


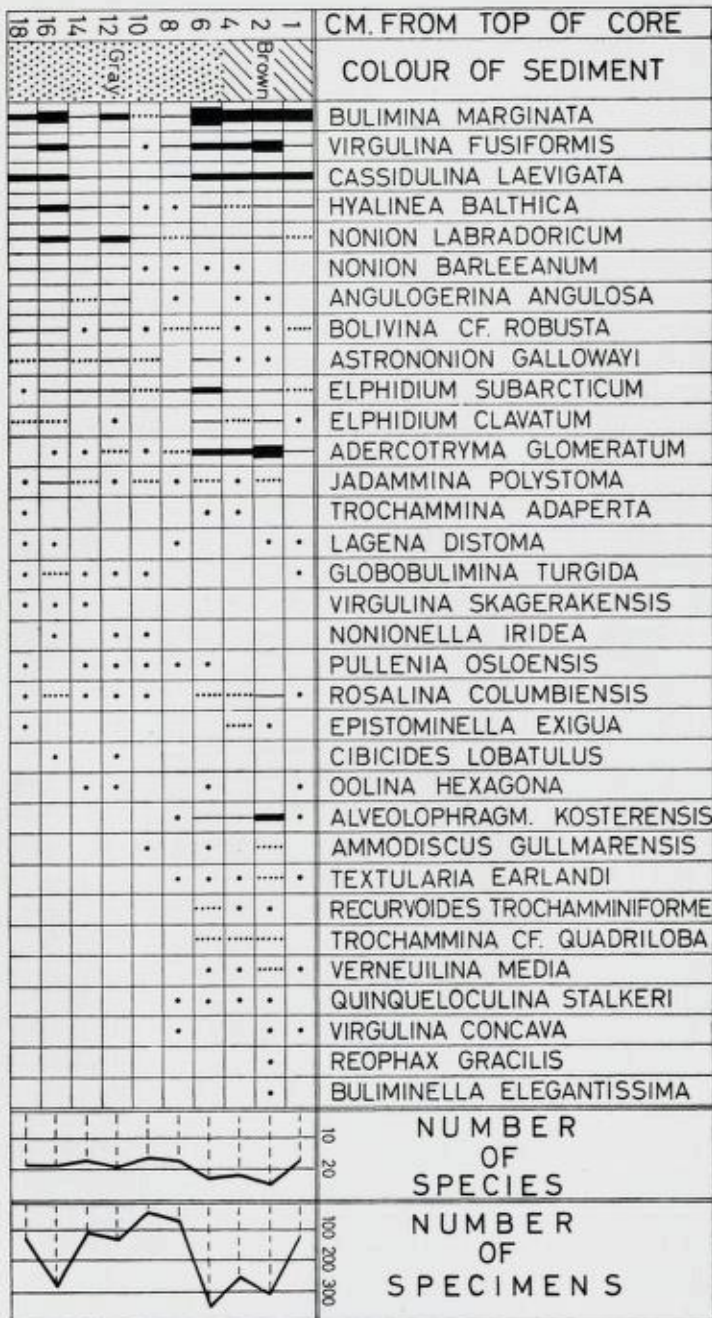
Fig. 7. Bunnprofil gjennom dypeste del av Gråøyrenna. Stasjonen angitt. Bokstavforklaring som på fig. 3. (Etter Norsk institutt for vannforskning.)
Profile of the bottom through the deepest part of the Gråøy Channel. Station indicated. Explanation of letters as in fig. 3.

det kun er to i nederste prøve. Særlig gjør *Adercotryma glomeratum* seg gjeldende i øvre del, men til dels også *Alveolophragmium kosterensis*.

Sammenlignet med foraminiferfaunaen i kjernen fra Digerud (diagr. 11), er faunaen langt fattigere i kjernen fra Gråøyrenna. Mens det i Digerudkjernen stort sett var omkring 30 arter i hver av prøvene, er det kun ca. 20 pr. prøve i kjernen fra Gråøyrenna. Mens det maksimale individantall i kjernen fra Digerud var 870 (4 centimeters dyp), er det tilsvarende tall 350 (6 centimeters dyp) i kjernen fra Gråøyrenna. Denne tydelige forskjellen, med hensyn på foraminiferfaunaen, må sannsynligvis kunne tilskrives flere faktorer. Som nevnt s. 50, finner det i Digerudområdet (østre løp) sted en relativt rikelig tilførsel av oksygen med strømmer fra ytre Oslofjord, samt en gjennomluftning av vannmassene. Gråøyrenna, derimot, representerer et mere eller mindre avstengt basseng, liggende mellom to terskler — Drøbaktersklen i syd og en terskel ved Sundbyholmene i nord (sml. bathygrafisk snitt, fig. 7). Da Gråøyrenna dessuten ligger mot vest, finner det sannsynligvis heller ikke sted noen betydelig oksygentilførsel ved innadgående strømmer fra ytre del av fjorden, da disse strømmer følger østsiden av fjorden (Beyer og Føyn, 1951, s. 296). Dessuten sperrer jetéen ved Kaholmen av innløpet til Gråøyrenna fra syd (Braarud og Ruud, 1937, s. 37).

Den relativt fattige foraminiferfauna i kjernen fra Gråøyrenna, synes videre å indikere at det er mindre gode næringsbetingelser i dette området, enn for eksempel i østre løp ved Digerud (s. 50). Dette kan muligens henge sammen med forskjellig strømkraft i de to områder (løp) og dermed også næringstilførsel.

En annen faktor som kan tenkes å influere på foraminiferbestanden i Gråøyrenna, er det antall større invertebratdyr som beiter på foraminiferene (sml. Christiansen, 1958, s. 76). Denne faktor vil kunne gjøre seg gjeldende i begge retninger, enten ved at oksygeninnholdet er tilstrekkelig stort til at slike predatorarter vil kunne leve der og ernære seg av foraminiferer, eller omvendt, at disse arter må trekke seg ut av området, som følge av en gradvis reduksjon av oksygeninnholdet i de dypere vannlag, men likevel stort nok for foraminiferbestanden, som dermed vil kunne øke. I hvilken grad de her nevnte forhold har hatt betydning i Gråøyrenna, vil måtte være et åpent spørsmål inntil det er foretatt grundige studier (både felt- og kulturstudier) av dette spesielle problem.



CORE 12 - GRÅØYRENNÅ - DEPTH 110m.

Diagram 12. Symbolforklaring i fig. 5.
For explanation of symbols see fig. 5.

Kjerne 13.

Stasjon: Drøbaksundet, utenfor Elle klokke (fig. 2 og 3). Dyp 190 m. Kjernens opprinnelige lengde 19 cm. Innsamlet 10. oktober 1962.

De hydrografiske data ved bunnen kan leses av tab. 1. Det ble ikke foretatt noen temperaturobservasjon ved Elle den 10/10-1962, men ifølge Christiansen (1958, s. 13) er det på større dyp enn 100 meter i Drøbaksundet, kun observert temperaturer under $7,5^{\circ}$ C. Diagr. 13 viser en oversikt over sedimentets farger og foraminiferenes fordeling innen kjernen. Som det sees, er artsantallet i kjernens prøver stort, og varierer mellom 21 og 33. Det relativt store artsantall kan sees i sammenheng med bunnvannets store saltholdighet og høye oksygeninnhold (sml. tab. 1 og Christiansen, 1958, s. 12, fig. 5). Av de opptredende foraminiferarter, er én art, *Bolivina* cf. *robusta* hyppigere enn alle de andre til sammen (se individkurvene til høyre på diagr. 13). Av andre relativt hyppige arter, kan nevnes *Cassidulina laevigata*, *Hyalinea balthica*, *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis* (nedre del), *Globobulimina turgida*, *Nonion burleeanum* og *Pullenia bulloides* (øvre del). De øvrige opptredende arter fremviser en langt mindre hyppighet.

Hva som særlig er karakteristisk for foraminiferfaunaen innen kjernen fra Elle, er de markerte svingninger av individantallet. Et nærmere studium av de tre individkurvene på diagrammet, vil vise at de sterke svingninger av kurven for det totale individantall hovedsakelig er betinget av det fluktuerende forløp av individkurven for *Bolivina* cf. *robusta* (den stiplede kurve på diagrammet). I nederste prøve i kjernen er denne arten representert ved ca. 700 individer, mens i prøven i 2 centimeters dyp kun ved ca. 100 individer. I topplagprøven er antallet gått opp igjen til ca. 330 individer.

I kjernens topplagprøve viste nesten samtlige av de opptredende arter seg å ha vært levende ved innsamlingen. Av det totale antall individer på ca. 620 i denne prøve, viste 81,7 % fargereaksjon ved behandlingen med «Rose Bengal» (Walton, 1952), mens innen arten *Bolivina* cf. *robusta* viste 79,5 % av individene fargereaksjon og har vært levende ved innsamlingen.

Som det tydelig fremgår av diagrammet over faunaen i kjernen fra Elle, det vil si utenfor Drøbakerskjen, finner vi her en helt annen prosentvis fordeling av de enkelte faunakomponenter enn i kjernene innenfor denne terskel. For det første finner vi ikke her den utpregede

dominans i øvre del av de to artene *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis*, som var så karakteristisk for mange av kjernene i indre del av fjorden. Heller ikke finner vi her noen særlig rik opptreden mot topplaget av den agglutinerende arten *Adercotryma glomeratum*. På den annen side finner vi, som nevnt, i kjernen fra Elle en utpreget dominans av kalkskallarten *Bolivina cf. robusta*.

De her nevnte forskjeller med hensyn på faunasammensetningen på inn- og utsiden av Drøbactersklen har sannsynligvis sammenheng med flere faktorer. For det første kan nevnes de bathymetriske forskjeller. Mens de fleste av kjernene innenfor Drøbak var tatt på dyp mindre enn 100 meter, er kjernen fra Elle tatt på ca. 200 meters dyp. Ifølge Høglund (1947, s. 270) er *Bolivina cf. robusta* en dypvannsart, funnet i Skagerak, med maksimal hyppighet på mellom 300 og 500 meters dyp. For det annet er vannmassene på utsiden av Drøbactersklen godt utluftet (Christiansen, 1958, s. 13). Oksygeninnholdet i kontaktvannet over kjernen fra Elle, ble den 10/10-1962 funnet å være hele 8,6 mg/l. Således finner vi ikke her de ekstreme miljøbetingelser, med lavt oksygeninnhold og høyt næringsinnhold, som tilfellet var ved en del stasjoner i indre Oslofjord.

Hva som imidlertid betinger de store individvariasjoner av *Bolivina cf. robusta* innen kjernen fra Elle, må foreløpig sies å være et åpent spørsmål, inntil det er foretatt nærmere studier av denne artens økologiske forhold. De markerte svingninger av individkurvene innen kjernen fra Elle, kan imidlertid ha sammenheng med vekslinger av de hydrografiske forhold (bl. a. strømkraften) og dessuten variasjoner av sedimentasjonshastigheten (sml. Lankford, 1959). Dette indikeres bl. a. ved at individkurven for *Bolivina cf. robusta*, samt den for alle de øvrige arter, synes å ha et noenlunde parallelt forløp (diagr. 13). Christiansen (1958, s. 75) mener at det lave foraminiferantallet i dypeste del av Drøbaksundet har sammenheng med stor sedimentasjonshastighet i området. Den høye prosent levende foraminiferindivider i topplagprøven, som ble funnet ved denne undersøkelsen, kan også tyde på relativt stor sedimentasjonshastighet i området (sml. Lankford, 1959).

DISKUSJON OG KONKLUSJONER

Som nevnt under innledningen har målsettingen med dette arbeidet bl. a. vært å studere og sammenligne den nålevende foraminiferfauna i forskjellige områder av indre Oslofjord i forhold til miljøbetingelsene, samt å beskrive foraminifersamfunnenes spesifikke preg og kronologiske variasjon i de tilsvarende områder i løpet av de siste de-sennier eller det siste århundre. Det må imidlertid påpekes at det antall sedimentkjerner og prøver som er blitt undersøkt, ikke på langt nær dekker den størrelsesorden som den overfor nevnte målsetting ville kreve. De fleste av kjernene viste seg dessuten å være for korte, slik at eventuelle eldre periodiske svingninger av foraminiferfaunabestanden ikke er kommet med.

En svakhet ved undersøkelsen er også det forhold at sedimentasjons-hastigheten i Oslofjordens forskjellige områder ikke er kjent. Dermed vil de enkelte sedimentkjerner, selv om de var like lange, sannsynligvis representere noe forskjellige tidsrom, alt etter stasjonenes beliggenhet. Det nærværende arbeidet må derfor kun bli betraktet som en foreløbig innføring i problemene og må sees som et ledd innen den større forurensningsundersøkelse som for tiden pågår i Oslofjorden.

For oversiktens skyld kan vi skille mellom årsakskomplekser, som enten hver for seg eller i kombinasjon med andre, betinger foraminiferfaunaens spesifikke preg og forekomst i forskjellige områder av Oslofjorden, samt innen deler av kjernene, som følger:

1. Lokale topografiske og hydrografiske forhold, eller vekslinger av en eller flere naturlige miljøfaktorer innen det tidsrom som svarer til sedimentsøyens avsetning.
2. Sekundære virkninger av de forandringer som har funnet sted innen avrenningsområdet (nedslagsfeltet) til Oslofjorden, som en følge av menneskets virksomhet. Hermed er også innbefattet effektene av kloakkforurensningen fra Oslo by og omgivende tettbebyggelser.
3. Forskyvninger av likevektsforholdet mellom rovformer (predatorarter) og foraminiferbestanden, som en følge av en eller flere av de overfor nevnte faktorer.
4. Interne, sykliske svingninger av en eller flere foraminiferarter, ved at forplantningen kan være årstidsbundet.
5. Selektiv nedbrytning eller oppløsning av det ytre skall hos enkelte

arter umiddelbart etter at forplantningen har funnet sted, eller ved diagenese i post-mortal tilstand i sedimentene.

6. Foraminifertettheten pr. volumenhet sediment i de enkelte sedimentkjerner eller deler av dem, kan være betinget av de lokale sedimentasjonshastigheter og deres variasjoner.

Alle de her nevnte faktorer vil sannsynligvis kunne gjøre seg gjeldende i større eller mindre grad innen de forskjellige deler av det undersøkte området. Den relative betydning av de enkelte faktorer vil imidlertid bli mere klarlagt etter at det er foretatt grundige kulturstudier av de enkelte foraminiferarter og deres forhold til miljøbetingelsene, spesielt oksygenfaktoren, og dessuten at de post-mortale skallprosesser er nærmere undersøkt. (For interesserte henvises til litteraturen, bl. a. Bradshaw, 1955, 1961; Jarke, 1961; Richter, 1961.) Videre vil det være nødvendig, for å kunne oppnå en økende forståelse av de faktorer som har influert på foraminiferenes utbredelse i Oslofjorden (i tid og rom), å studere forhold som reproduksjonsrate, veksthastighet og levealder hos foraminiferer (sml. Moore, 1958), samt undersøke sammenhengen mellom individtetthet og biomasse (sml. Thorson, 1957). Under tolkningen av foraminiferdiagrammene og ved sammenfatningen av konklusjonene, har jeg derfor latt enkelte alternativer stå mere eller mindre åpne, inntil de her antydde problemkomplekser er nærmere studert og resultatene av andre undersøkelser fra Oslofjorden kan bli vurdert inn i sammenhengen.

På grunnlag av Oslofjordens topografi og hydrografiske forhold, samt den arts- og mengdemessige fordeling av foraminiferfaunaen i de undersøkte sedimentkjerner, synes det å være mulig, ved det tidspunkt kjernene ble tatt (oktober 1962), å kunne inndele Oslofjorden i følgende fire regionaløkologiske områder (sml. fig. 2 og 3):

- I Drøbaksundet, med kjerne 13.
- II Vestfjorden, med kjernene 7-12.
- III Havneområdet, med kjernene 2-6.
- IV Bunnefjorden, med kjerne 1.

I det følgende vil vi oppsummere og diskutere spesifikke trekk ved foraminifersamfunnene og deres variasjoner innen kjernene fra disse områder.

Område I: Drøbaksundet — kjerne 13.

(For den mere detaljerte beskrivelse og diskusjon av kjerne 13 fra Elle, Drøbaksundet, henvises til s. 54 og diagr. 13.)

Studiet av foraminiferfaunaen i denne ene kjerne fra Drøbaksundet ble spesielt foretatt med henblikk på sammenligning med faunaen innenfor Drøbactersklen. Som nevnt s. 56 er vannmassene i Drøbaksundet godt utluftet, og vi kan sannsynligvis betegne miljøet på utsiden av Drøbactersklen for mere utpreget marint enn på innsiden av denne terskel.

Hva foraminiferfaunaen angår, var artsantallet i prøvene relativt stort, nemlig omkring 30. Det totale individantall varierte meget oppover kjernen, muligens på grunn av svingninger av de hydrografiske og sedimentologiske forhold, men nådde ikke opp i ekstremt høye verdier i noen av prøvene, som tilfellet kunne være innenfor Drøbactersklen.

Av de opptredende foraminiferarter ble det kun funnet middels eller liten hyppighet av de tre arter som viste slik en markert og til dels sterk oppblomstring i den øvre del av kjernene som var tatt innenfor Drøbactersklen, nemlig *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis* og *Adercotryma glomeratum*. På den annen side ble det i kjernen fra Drøbaksundet funnet et meget stort individantall av den mere utpregede dypvannsarten *Bolivina* cf. *robusta*, som derimot ikke var særlig representativ innenfor Drøbactersklen.

Det er neppe mulig å trekke videre konklusjoner før det er foretatt studium av flere sedimentkjerner fra dette området.

Område II: Vestfjorden — kjernene 7—12.

Området, som omfatter stasjonene der disse kjerner er tatt (fig. 2), ligger på innsiden av Drøbactersklen, men derimot utenfor den mere utpregede forurensningssone i selve havneområdet (sml. Braarud, 1945). (For de mere detaljerte beskrivelser og diskusjoner av foraminiferfaunaene innen hver av kjernene, henvises til de enkelte kjernebeskrivelser.)

Alle kjernene fra denne del av fjorden hadde øverst et brunlig detrituslag, med tykkelse på mellom ca. 1 og 4 cm, og med et underliggende grått sedimentlag (sml. Høglund, 1947). En undersøkelse av enkelte parallellkjerner fra området, utført ved Norges geotekniske institutt, viste at det undre grå lag bestod av leire.

Det som særlig karakteriserer foraminiferfaunaen i dette området er den store individrikdom, som på den ene side synes å tilta fra kjerne til kjerne innover fjorden og som på den annen side viser en til dels meget sterk økende tendens fra prøve til prøve oppover i kjernene.

I kjernene fra de respektive stasjoner ble det funnet følgende verdier for de totale individantall i henholdsvis nederste og øverste prøve:

St. 12, Gråøyrenna:	134— 118.
St. 11, Digerud:	267— 536.
St. 10, Båtbuktodden:	168—1115.
St. 9, Vestfjorden:	12—2287.
St. 8, Flaskebekk:	121—1050.
St. 7, Ytre Lysakerfjord:	1850—4670.

I tillegg til dette må nevnes at de oppgitte tall for de øverste prøver (topplagprøvene) sannsynligvis er noe for små (sml. s. 18).

Som det fremgår av tallkolonnen, ble det funnet en særdeles stor individrikdom i øvre del av kjernen fra ytre Lysakerfjord (nærmest havneområdet), der det ble beregnet å være omkring 4670 individer, som ville svare til et antall på ca. 467 individer pr. gram tørket sediment (sml. s. 16). Som påpekt s. 41, er det innen de senkvartære, marine sedimentavsetninger i Oslofjordområdet sjelden funnet en større foraminifertetthet enn 300 individer pr. gram tørket sediment.

Av dominerende kalkskallarter i disse kjernene, må først og fremst nevnes *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis*, *Cassidulina laevigata* og *Elphidium subarcticum*. Den alt overveiende dominerende blant disse er *Bulimina marginata*, som eksempelvis i kjerne 7 utgjorde over 70 % av den totale fauna i de fleste av prøvene.

De aller fleste kalkskallarter som ble observert i kjernene, er også til dels rikelig representert i de sen- og postglaciale, marine leiravsetninger i Oslofjordområdet (sml. Feyling-Hanssen, 1954 a). Agglutinerende arter, derimot, som gjennomgående er sjelden observert i disse eldre, senkvartære leiravsetninger fra Oslofjordområdet, viser imidlertid en til dels meget rik oppblomstring mot topplaget av kjernene. Det gjelder i særlig grad arten *Adercotryma glomeratum*, men også en rekke andre arter tilhørende agglutinerende slekter innen familiene Reophacidae, Ammodiscidae, Lituolidae, Textularidae, Trochamminidae og Verneulinidae opptrer øverst i flere av kjernene.

Det fenomen at en rekke agglutinerende foraminiferarter viser en relativt plutselig tilsynekomst og økning i øvre del av kjernene, kan

henge sammen med flere faktorer. For det første kan det nevnes at flere av disse artene har en noe mere skjør skallbygning (som regel bestående av sammenkittede sandkorn) enn kalkskallartene, og vil følgelig lettere kunne destrueres eller oppløses i sedimentene etter at avleiringen har funnet sted. Da en eventuell diagenetisk oppløsning av slike foraminiferindivider må antas å tilta med tiden og dypet i sedimentene, vil dette i seg selv kunne være en forklaring på anrikningen av agglutinerende former mot topplaget. Det er dessuten mulig at det for noen av de agglutinerende arters vedkommende, finner sted en nedbrytning av morindividene etter at forplantningen har funnet sted, slik at man bare vil kunne finne disse arter representert i det øverste detrituslag (Christiansen, pers. medd.).

For det annet er det flere forhold som indikerer at økningen av agglutinerende arter og individer, så vel som den totale individøkning i sin alminnelighet, både kronologisk sett innen kjernene og regionalt sett innen området, henger sammen med en generell forandring av miljøbetingelsene, først og fremst en økning av det organiske detritusinnhold i bunnsedimentene (Broch, 1935).

I hvilken grad denne økningen av organisk detritus i området, som altså direkte eller indirekte synes å betinge en langt større foraminiferetetthet, er forårsaket av naturlige forandringer (vekslinger) i fjorden (sml. Strøm, 1936), eller av forurensningseffektene fra Oslo by (sml. Broch, 1935; Braarud, 1945; Beyer og Føyn, 1951), eller ennu mere omfattende, betinget av det siste århundredes endringer i Oslofjordens totale avrenningsområde, er et problemkompleks for seg, som vil kunne vurderes på et senere tidspunkt når det foreligger flere undersøkelser og data.

I denne sammenheng kan det imidlertid nevnes at Watkins (1961), har foretatt en undersøkelse i et kloakkforurenset område i California, og fant der at foraminifertettheten pr. gram tørr sediment økte med opp til to-tre ganger det normale i nærheten av uttømningsstedet for kloakken. Ved siden av dette viste han at de agglutinerende foraminiferer hadde affinitet til vannet omkring uttømningsområdet.

Det er mulig at en del agglutinerende arter, i sin alminnelighet, hovedsakelig ernærer seg av organisk detritus og derfor viser en markert økning mot de områder der det finnes rikelig med detritus. Dette har ved kulturstudier vist seg å være tilfellet for bl. a. arten *Adercotryma glomeratum* (s. 22), som viser en økende tendens både innover fjorden og oppover i kjernene (sml. diagr. 7-12). På den annen side må det



påpekes at detritusinnholdet i sedimentene er direkte eller indirekte utslagsgivende for hele foraminiferbestanden, ikke bare detrituspisere. Det viser seg for eksempel at kalkskallarten *Bulimina marginata*, som sannsynligvis er den mest dominerende art i Oslofjorden i dag, er en predatorart, som ernærer seg av andre foraminiferer (s. 23).

Når det så gjelder tidfestingen av den begynnende oppblomstringen av den totale foraminiferbestand, berører vi det vanskeligste punktet ved hele saken, da vi som tidligere nevnt ikke kjenner sedimentasjonshastigheten ved de enkelte stasjoner der kjernene er tatt. Som en generell tendens kan vi imidlertid anta at sedimentasjonshastigheten er størst nær land og dessuten i nærheten av havneområdet, der slam og kloakk føres ut. Den avtar så sannsynligvis utover i de sentrale deler av fjorden.

Ut fra diagrammene over kjernene (12-7), har jeg stilt opp en oversikt over det dyp i hver kjerne der foraminifertettheten synes å tilta:

Kjerne	12 : 8 cm
»	11 : 6 cm
»	10 : 6 cm
»	9 : 2 cm
»	8 : 10 cm
»	7 : 6 cm (Sannsynligvis dypere om kjernen hadde vært lenger.)

Angående stasjonen der kjerne 9 ble tatt, ligger den i den sentrale del av Vestfjorden (fig. 2), der sedimentasjonshastigheten må antas å være relativt liten. Kjerne 7 ble dessverre meget kort. Av den grunn har vi neppe nådd det dyp i sedimentet der individøkningen har begynt å gjøre seg gjeldende. Det ble i alle prøvene fra denne kjerne funnet kullrester og forskjellige slagpartikler tydende på en relativt ung alder av hele kjernen.

Som helhet betraktet er det nærliggende å anta at oppblomstringen av den agglutinerende foraminifergruppe, så vel som økningen av den totale foraminiferbestand, har sammenheng med en tiltagende mengde detritus i sedimentene (sml. Sverdrup, Johnson og Fleming 1942, s. 951, 1009 og 1012). Ved en eventuell senere undersøkelse av sedimentasjonshastigheten i Oslofjorden, vil man ha mulighet til å kunne avgjøre i hvilken grad denne økning av detritusinnholdet har sammenheng med sivilisatoriske faktorer, eksempelvis utbyggingen av moderne kloakksystem i 1920- og 1930-årene (sml. Braarud, 1945, s.

219). Broch (1935) mente at den store populasjonstetthet av forskjellige invertebratarter som ble påvist på innsiden av Drøbakersklen i begynnelsen av 1930-årene, hadde sammenheng med en stor nærings-tilførsel i dette området, som en følge av forurensningen.

Et sentralt problem som melder seg i forbindelse med foraminiferfaunaen i Oslofjorden, er de enkelte opptredende arters toleranse overfor oksygenfaktoren. Det er foreløpig foretatt få kulturstudier over dette problem, i hvert fall når det gjelder de dominerende foraminiferarter i Oslofjorden i dag. I følge Pokorný (1958, s. 125) er foraminiferene i sin alminnelighet ikke særlig ømfintlig overfor oksygenfaktoren. Først ved sterk oksygenmangel blir oksygenet en kritisk faktor. Van Voorthuysen (1951) påpeker i en undersøkelse av holocene sedimenter, at arter innen slektene *Haplophragmoides* og *Trochammina* er observert i brakkvannsavsetninger, tydende på lavt oksygeninnhold og høyt innhold av organisk materiale. Innen kjernene 7-12, som her diskuteres, og for øvrig andre kjerner fra indre Oslofjord, finner vi flere arter nettopp fra disse to nevnte slekter, om enn ikke alle er representert i hver enkelt kerne:

Adercotryma (= *Haplophragmoides glomeratum*)

Trochammina adaperata

Trochammina cf. *intermedia*

Trochammina cf. *quadriloba*

Oksygenverdiene i kontaktvannet under prøvetagningen ved de stasjoner det her gjelder (7-12), er gitt i tab. 1. Verdiene varierte mellom 6,1 mg/l ved Digerud (st. 11) til 2,3 ved ytre Lysakerfjord (st. 7). Ved sistnevnte stasjon viste det seg videre at ca. 71 % av individantallet hos *Bulimina marginata* fra topplagprøven har vært levende ved innsamlingen (s. 39). Nå har imidlertid Lankford (1959) vist, at den levende fraksjon av foraminiferer i et område ikke bare er avhengig av oksygenfaktoren, men også av sedimentasjonshastigheten. Hele problemet er således av komplisert natur.

En sammenligning av foraminiferfaunaen i kjernene fra Gråøyrenna (12) og Digerud (11), viser at den er rikere ved Digerud, både når det gjelder arter og individer — et forhold som muligens har sammenheng med miljøbetingelsene i de to områder. På grunn av topografiske og hydrografiske forskjeller, vil det kunne være mere strømkativitet og sirkulasjon i østre løp ved Digerud (s. 52), med derav følgende rikere næringsbetingelser og bedre oksygentilførsel enn i Gråøyrenna.

Område III: Havneområdet — kjernene 2—6.

(For den nærmere diskusjon av faunaen i de enkelte deler av havneområdet, henvises til de respektive kjernebeskrivelser).

Samtlige av de fem undersøkte sedimentkjerner fra dette området hadde ved innsamlingen et grått lag nederst og et sort lag på toppen. Tykkelsen av det øvre, sorte laget kunne variere meget fra kjerne til kjerne, som det vil fremgå av diagrammene 2—6. En undersøkelse av enkelte parallellkjerner fra havneområdet, utført ved Norges geotekniske institutt, viste at det undre grå lag bestod av leire — det sorte topplaget var sulfidholdig. Det grå sedimentlaget er derfor sannsynligvis avsatt under aerobe forhold, mens det øvre sorte laget representerer anaerobe betingelser i større eller mindre grad (Sverdrup, Johnson, Fleming, 1942, s. 968).

Vi skal så peke på enkelte trekk angående foraminiferfaunaen og dens opptreden innen kjernene fra havneområdet. I noen av kjernene finner vi den største individtetthet i det grå laget (diagr. 3, 5 og 6), ved overgangen mellom det grå og sorte lag (diagr. 4) eller maksimumet kan ligge i det sorte topplaget (diagr. 2). I kjernene 2 og 6 finner det sted en markert økning av foraminifertettheten inntil maksimumet er nådd, hvorefter tettheten avtar. Når det gjelder kjernene 3 og 5, finner vi de rikeste prøver helt nederst, og vi har derfor her bare fått den «avtagende fase» av individkurven representert. (Om disse kjernene hadde vært lengre, hadde vi muligens funnet større tettheter i dypere snitt). Individmaksimumets dyp i kjernene kan variere meget, fra ca. 2 cm i kjerne 2 til ca. 32 cm i kjerne 5 (sml. diagr. 2 og 5).

Mens det altså i kjernene 7—12 (diagr. 7—12) fra Vestfjorden ble funnet, som en tydelig tendens, en suksessiv økning av foraminifertettheten fra prøve til prøve oppover i kjernene, med individmaksima som regel liggende øverst i kjernene, finner vi i kjernene 2—6 fra havneområdet, individmaksima i dypere nivåer i kjernene, med deretter følgende reduksjon av tettheten oppover mot toppen. Den markerte reduksjon av foraminiferbestanden synes i større eller mindre grad å ha sammenheng med sedimentets fargeomslag fra grått til sort og står derfor sannsynligvis i forbindelse med en overgang fra aerobe til anaerobe miljøbetingelser ved bunnen (Sverdrup, Johnson og Fleming 1942, s. 968). Det er i så fall oksygenfaktoren som er den kritiske faktor og som bevirker denne utdøende tendens hos foraminiferene (sml. Brongersma-Sanders, 1957, s. 959). Oksygeninnholdet i kontakt-

vannet ved stasjonene i dette området ble i oktober 1962 funnet å variere mellom 0,5 mg/l (st. 5) til 2,1 mg/l (st. 2).

Som en tendens synes det altså som om det har funnet sted en økning av foraminiferbestanden inntil et visst stadium, sannsynligvis på grunn av rikere næringsbetingelser. Deretter har bestanden som helhet gått tilbake på grunn av oksygenmangel i de dypere lag (sml. diagr. 2 og 6). Uten at vi foreløpig har kjennskap til de enkelte arters toleranse overfor oksygeninnholdet, er det nærliggende å anta at de arter som er mest ømfintlige overfor oksygeninnholdet forsvinner først, mens andre arter synes å være mere utholdende. Dette siste gjelder i særlig grad de to kalkskallartene *Bulimina marginata* og *Virgulina fusiformis*. Det viser seg for eksempel i kjerne 2 (diagr. 2), at mens artsantallet som helhet avtar oppover i kjernen, øker individantallet enormt. Denne individøkningen er hovedsakelig bare betinget av de to nevnte arter. Dette forhold kan derfor muligens skyldes at de to arter møter mindre konkurranse (om ernæring og plass), når en rekke av de andre arter forsvinner. Når imidlertid et ytterligere fremskredet stadium av forråtnelse og oksygenreduksjon er nådd, synes samtlige arter til slutt å forsvinne (sml. diagr. 2, 3, 4, 5 (nedre del) og 6). Ved undersøkelsen av prosentverdiene av levende individer i topplagprøvene fra kjernene 2–6, viste det seg her ofte vanskelig å avgjøre om individene virkelig var levende eller ikke (sml. Christiansen, 1958, s. 25). Forholdene er nærmere diskutert under de enkelte kjernebeskrivelser.

Når det så gjelder spørsmålet om de primære årsaker til den økende grad av anaerobe forhold i dypere deler av Oslo havneområde (fig. 4), må det først og fremst påpekes at dette området omfatter den del av Oslofjorden der forurensningseffektene er antatt å gjøre seg mest gjeldende, både på grunn av den nære beliggenhet med forskjellige kloakkutløp og munnings av små elver som fører slam og forurensningsmateriale ut i havnen, og videre som en følge av at en del små øyer hindrer innadgående strømmer å trenge fritt inn i området (Braarud, 1945). Braarud (1945, s. 220) påpeker dessuten at de sydlige vinder i sommerhalvåret stuver overflatelagene sammen nettopp i dette området der forurensningen er sterkest, slik at vi her om sommeren finner en begrenset, men utpreget forurensningszone.

På den annen side kan vi heller ikke utelukke at forurensningseffektene bare utgjør en del av årsakssammenhengen. Som påpekt under det generelle avsnitt om Oslofjorden (s. 7–14), bidrar også de ge-

nerelle topografiske og hydrografiske forhold i fjorden til å fremme stagnerende forhold i dyplagene. Strøm (1936) har vist at det er stagnerende forhold også i en del fjorder uten nærliggende tettbebyggelser. Den relative betydning av de enkelte faktorer i dette årsaks-kompleks ville muligens kunne bli vurdert med større grad av sikkerhet om foraminiferfaunaen og dens variasjon, kombinert med et sedimentologisk studium, kunne bli studert i forskjellige deler av en fjord som er lite påvirket av sivilisatoriske faktorer, men hvor for øvrig de generelle topografiske og hydrografiske forhold er mest mulig identiske med forholdene i Oslofjorden.

Område IV: Bunnefjorden — kjerne 1.

Da det er gitt en relativt utførlig kommentar og diskusjon av foraminiferfaunaens forekomst og opptreden innen kjerne 1, s. 19–25, vil vi bare her kort oppsummere enkelte forhold.

Førløpet av det sedimentologiske fargeomslag og den faunistiske variasjon, svarer noenlunde til de forhold som ble observert i kjerne 6 fra Filipstad. Vi finner nederst et grått sedimentlag og et øvre sort topplag. Foraminifertettheten viser en økning oppover i øvre del av den grå sone, med et maksimum som faller sammen med fargeomslaget. Deretter finner det sted en markert reduksjon av foraminifertettheten mot topplaget. Da det neppe er foregått en omvandling fra sorte til grå sedimenter *in situ*, skjønt dette ikke kan utelukkes, er det nærliggende å anta at det grå sedimentlag ble avsatt i en periode med aerobe betingelser i dypere deler av Bunnefjorden — det sorte laget under mere eller mindre anaerobe, stagnerende betingelser. Det som altså synes å fremgå av diagr. 1, er at det i dypeste del i Bunnefjorden (150 m) har funnet sted en overgang fra aerobe til anaerobe betingelser, som har gjenspeilet seg både med hensyn på sedimentets farge og foraminiferfaunaens variasjon, med et individmaksimum ved overgangen.

Det er neppe mulig på nåværende tidspunkt (sommeren 1963) å uttale seg om årsakssammenhengen, da hverken sedimentasjonshastigheten eller naturlige svingninger av bunnmiljøbetingelsene i Bunnefjorden er kjent. Da kjernen som ble undersøkt kun var 28 cm lang, kan vi ikke utelukke at det har vært anaerobe betingelser og sorte lag i eldre perioder før det observerte sedimentlaget ble avsatt. Det må også foreløpig sies å være et åpent spørsmål i hvilken grad faktorer som land-

hevningen, temperaturvariasjoner og vekslinger i fytoplanktonproduksjonen, på den ene side, og forhold som skyldes forandringer i indre Oslofjords avrenningsområde, på den annen side, har bidratt til å fremme stagnerende bunnmiljø i dypere deler av Bunnefjorden.



SYSTEMATISK DEL

De systematiske kategoriene familier og slekter er plasert i overensstemmelse med Pokorný (1958), mens artene er behandlet i alfabetisk rekkefølge innen hver slekt.

Av plasshensyn er artenes synonymlister meget korte. På den annen side er det henvist til referanser som inneholder utførlige synonymlister. Ved referansene er det som regel kun referert til forfatternavnet. Leseren henvises derfor til litteraturlisten når øvrige opplysninger angående det refererte arbeidet ønskes.

Family REOPHACIDAE

Reophax gracilis (Kiaer, 1900)

- 1900 *Nodulina gracilis* Kiaer (part.) p. 24 (right figure).
1947 *Reophax gracilis* (Kiaer) — Høglund, p. 96, text-figs. 73, 74.
1958 — Christiansen, p. 55.

Reophax guttifera Brady, 1881

- 1881 *Reophax guttifera* Brady, p. 49.
1884 — Brady, p. 295, pl. 31, figs. 10—15.
1947 — Høglund, p. 90, text-figs. 65—68.
1958 — Christiansen, p. 54.

? *Reophax scotti* Chaster, 1892

- 1892 *Reophax scotti* Chaster, p. 57, pl. 1, fig. 1.
1900 *Nodulina gracilis* Kiaer (part.), p. 24 (left figure).
1947 ? *Reophax scotti* Chaster — Høglund, p. 94, text-fig. 72.
1958 — Christiansen, p. 54.

Reophax subfusiformis Earland, 1933

- 1933 *Reophax subfusiformis* Earland, p. 74, pl. 2, figs. 16—19.
1958 — Christiansen, p. 52.

A discussion of this species and its synonymies has been given by Christiansen (loc. cit.).

Family AMMODISCIDAE

Ammodiscus catinus Høglund, 1947

- 1947 *Ammodiscus catinus* Høglund, p. 122, pl. 8, figs. 1, 7; pl. 28, figs. 19—23; text-figs. 82—84, 105—107, 109.

1958 — Christiansen, p. 55.

Some of mine specimens seems to be more trochoid than those figured by Høglund (loc. cit.).

Ammodiscus gullmarensis Høglund, 1948

1947 *Ammodiscus planus* Høglund, p. 123, pl. 8, figs. 2, 3, 8; pl. 28, figs. 17, 18; text-figs. 85—89, 105, 106, 109.

1948 *Ammodiscus gullmarensis* Høglund, p. 46.

1958 — Christiansen, p. 56.

Miliammina fusca Brady, 1870

1929 *Quinqueloculina fusca* Brady — Cushman, p. 23, pl. 1, figs. 4a—c.

1959 *Miliammina fusca* (Brady)—Lankford, p. 2098, pl. 1, fig. 18.

Some specimens were found in core 4.

Family LITUOLIDAE

Haplophragmoides bradyi (Robertson, 1891)

1891 *Trochammina bradyi* Robertson, p. 388.

1942 *Haplophragmoides bradyi* (Robertson)—Nørvang, p. 6, fig. 1.

1947 — Høglund, p. 134, pl. 10, fig. 1; text-fig. 111.

1958 — Christiansen, p. 58.

Haplophragmoides membranaceum Høglund, 1947

1947 *Haplophragmoides membranaceum* Høglund, p. 136, pl. 10, fig. 5; text-fig. 114.

1958 — Christiansen, p. 59.

Only a few specimens were found in core 1 from Elle.

Adercotryma glomeratum (Brady, 1878)

1878 *Lituola glomerata* Brady, p. 433, pl. 20, figs. 1 a—c.

1884 *Haplophragmium glomeratum* (Brady)—Brady, p. 309, pl. 34, figs. 15—18.

1953 *Adercotryma glomeratum* (Brady)—Loeblich and Tappan, p. 26, pl. 8, figs. 1—4.

1958 — Christiansen, p. 60.

Frequent in upper parts in the cores from the West Fjord.

Alveolophragmium kosterensis (Høglund, 1947)

1947 *Labrospira kosterensis* Høglund, p. 147, pl. 11, fig. 4; text-figs. 130, 131.

According to Loeblich and Tappan (1953, pp. 28, 29), Høglund's *Labrospira* is a synonym of *Alveolophragmium* Stschedrina, 1936.

Recurvoides trochamminiforme Høglund, 1947

- 1947 *Recurvoides trochamminiforme* Høglund, p. 149, pl. 11, figs. 7, 8; pl. 30, fig. 23; text-fig. 120.
 1958 — Christiansen, p. 62.

This species corresponds very well to the description and figures given by Høglund (loc. cit.).

Ammoscalaria runiana (Heron-Allen and Earland, 1916)

- 1916 *Haplophragmium runianum* Heron-Allen and Earland, p. 224, pl. 40, figs. 15—18.
 1947 *Ammoscalaria runiana* (Heron-Allen and Earland)—Høglund, p. 162, pl. 9, figs. 23, 24; text-fig. 137.
 1958 — Christiansen, p. 63.

The species is found in the cores 4 and 5.

Ammoscalaria tenuimargo (Brady, 1882)

- 1947 *Ammoscalaria tenuimargo* (Brady)—Høglund, p. 154, pl. 9, figs. 16—22; pl. 31, fig. 2; text-figs. 133—136, 138, 139.
 1958 — Christiansen, p. 62.

Family TEXTULARIIDAE

Textularia earlandi (Phleger, 1952)

- 1933 *Textularia tenuissima* Earland, p. 95, pl. 3, figs. 21—30.
 1947 — Høglund, p. 176, pl. 13, fig. 1; text-figs. 154, 155, 161.
 1952 *Textularia earlandi* Phleger, p. 86, pl. 13, figs. 22, 23.
 1958 — Christiansen, p. 65.

Textularia skagerakensis Høglund, 1947

- 1947 *Textularia skagerakensis* Høglund, p. 183, pl. 13, fig. 3; text-fig. 157.
 1958 — Christiansen, p. 66.

Only a few specimens were found, which appears to fit the description and figures given by Høglund (loc. cit.).

Spiroplectammina biformis (Parker and Jones, 1865)

- 1947 *Spiroplectammina biformis* (Parker and Jones)—Høglund, p. 163, pl. 12, fig. 1; text-figs. 140, 141.
 1958 — Christiansen, p. 64.

Family TROCHAMMINIDAE

Trochammina adaperata Rhumbler, 1938

- 1938 *Trochammina squamata* Jones and Parker v. *adaperata* Rhumbler, p. 184, figs. 21—26.

- 1947 *Trochammina adaperia* Rhumbler—Høglund, p. 204, pl. 15, fig. 1; text-fig. 185.
 1958 — Christiansen, p. 69.

Trochammina cf. intermedia (Rhumbler, 1938)

- 1938 *Trochammina squamata intermedia* Rhumbler, p. 186, figs. 27 a, b.
 1947 *Trochammina intermedia* Rhumbler—Høglund, p. 206, pl. 16, fig. 1; text-fig. 188.

A great number of specimens, which seem to fit the description and figures given by Rhumbler (loc. cit.), were found in core 1 from the Bunne Fjord.

Trochammina cf. quadriloba Høglund, 1947

- 1947 *Trochammina pusilla* Høglund, p. 201, pl. 17, figs. 4a—c; text-figs. 183, 184.
 1948 *Trochammina quadriloba* Høglund, p. 46.
 1958 — Christiansen, p. 69.

Some specimens found, which seem to resemble the figures given by Høglund (loc. cit.).

Jadammina polystoma Bartenstein and Brand, 1938

- 1938 *Jadammina polystoma* Bartenstein and Brand, p. 381, figs. 1, 2, 3.

The specimens referred to *Jadammina polystoma* on the diagrams, have later been stated not belonging to this species, but might be decalcified specimens of another species.

Tritaxis conica (Parker and Jones, 1865)

- 1884 *Valvulina conica* Parker and Jones—Brady, p. 392, pl. 49, figs. 15, 16.
 1947 — Høglund, p. 187, pl. 14, fig. 1; text-figs. 170—172.
 1958 — Christiansen, p. 67.
 1960 *Tritaxis conica* (Parker and Jones)—Barker, p. 100, pl. 49, figs. 15, 16.

A few specimens were found in some of the cores.

Family VERNEUILINIDAE

Verneuilina media Høglund, 1947

- 1947 *Verneuilina media* Høglund, p. 184, pl. 13, figs. 7—10; pl. 30, fig. 21.
 1958 — Christiansen, p. 66.

Typical representatives of this species were met with.

Eggerella scabra (Williamson, 1858)

- 1858 *Bulimina scabra* Williamson, p. 65, pl. 5, figs. 136, 137, (*B. arenacea* on explanation of plate).
 1947 *Eggerella scabra* (Williamson)—Høglund, p. 191, pl. 13, figs. 12—14; text-figs. 162—165.
 1958 — Christiansen, p. 68.

It has been confirmed by dr. R. Todd, at U.S. National Museum, that my specimens are much more like *Eggerella scabra* (Williamson) than like *E. advena* (Cushman).

Liebusella goësi Høglund, 1947

1947 *Liebusella goësi* Høglund, p. 194, pl. 14, figs. 4—8; text-figs. 177—179.

1958 — Christiansen, p. 68.

Typical representatives of this species were met with.

Family OPHTHALMIDIIDAE

Cornuspira involvens Reuss, 1850

1884 *Cornuspira involvens* (Reuss)—Brady, p. 200, pl. 11, figs. 1—3.

1953 — Loeblich and Tappan, p. 49, pl. 7, figs. 4, 5.

There was found two specimens in the core from the Bunne Fjord.

Cornuspiroides foliaceus (Philippi, 1844)

1929 *Cornuspira foliacea* (Philippi)—Cushman, p. 79, pl. 20, figs. 3—5.

1931 *Cornuspiroides foliaceus* (Philippi)—Wiesner, p. 61.

1960 — Barker, p. 22, pl. 11, figs. 5, 6.

There was found one single specimen in the core from the Bunne Fjord.

Hauerinella inconstans (Brady, 1879)

1884 *Opbthalmidium inconstans* (Brady)—Brady, p. 189, pl. 12, figs. 5, 7, 8.

1929 — Cushman, p. 89, pl. 21, figs. 8—11.

1960 *Hauerinella inconstans* (Brady)—Barker, p. 24, pl. 12, figs. 5, 7, 8.

There was found two specimens in core 3.

Family MILIOLIDAE

Quinqueloculina agglutinata Cushman, 1917

1917 *Quinqueloculina agglutinata* Cushman, p. 43, pl. 9, fig. 2.

1953 — Loeblich and Tappan, p. 39, pl. 5, figs. 1—4.

There was found two specimens in core 9.

Quinqueloculina seminulum (Linnaeus, 1767)

1929 *Quinqueloculina seminulum* (Linnaeus)—Cushman, p. 24, pl. 2, figs. 1, 2.

This species was recorded in most of the cores.

Quinqueloculina stalker Loeblich and Tappan, 1953

1953 *Quinqueloculina stalker* Loeblich and Tappan, p. 40, pl. 5, figs. 5—9.

This species has been found in the upper part in most of the cores.

Sigmoilopsis schlumbergeri (Silvestri, 1904)

- 1929 *Sigmoilina schlumbergeri* Silvestri—Cushman, p. 49, pl. 11, figs. 1—3.
 1960 *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri)—Barker, p. 16, pl. 8, figs. 1—4.

Very rare.

Nummoloculina irregularis (D'Orbigny, 1839)

- 1839 *Biloculina irregularis* D'Orbigny, p. 67, pl. 8, figs. 20, 21.
 1929 *Nummoloculina irregularis* (D'Orbigny)—Cushman, p. 46, pl. 10, figs. 2, 3.

Triloculina oblonga (Montagu, 1803)

- 1803 *Vermiculum oblongum* Montagu, p. 522, pl. 14, fig. 9.
 1929 *Triloculina oblonga* (Montagu)—Cushman, p. 57, pl. 13, figs. 4, 5.

The specimens observed vary a great deal in its morphological features.

Triloculina trihedra Loeblich and Tappan, 1953

- 1953 *Triloculina trihedra* Loeblich and Tappan, p. 45, pl. 4, fig. 10.

A few typical specimens were found.

Miliolinella subrotunda (Montagu, 1803)

- 1803 *Vermiculum subrotundum* Montagu, p. 521.
 1929 *Triloculina circularis* Bornemann—Cushman, p. 58, pl. 13, figs. 6, 7; pl. 14, figs. 1, 2.
 1931 *Miliolinella subrotunda* (Montagu)—Wiesner, p. 107.

Few, small specimens were found.

Pyrgo williamsoni (Silvestri, 1923)

- 1953 *Pyrgo williamsoni* (Silvestri)—Loeblich and Tappan, p. 48, pl. 6, figs. 1—4.

The specimens found fit very well the description and figures given by Loeblich and Tappan (loc. cit.).

Pyrgoella sphaera (D'Orbigny, 1839)

- 1839 *Biloculina sphaera* D'Orbigny, p. 66, pl. 8, figs. 13—16.
 1884 — Brady, p. 141, pl. 2, figs. 4 a, b.
 1960 *Pyrgoella sphaera* (D'Orbigny)—Barker, p. 4, pl. 2, figs. 4 a, b.

The specimens found fit the figures given by D'Orbigny (loc. cit.).

Biloculinella inflata (Wright, 1902)

- 1902 *Biloculina inflata* Wright, Proc. Liverp. Geol. Soc. part 2, vol. 9, p. 183, pl. 8, figs. 1—4.

This species should be referred to the genus *Biloculinella* Wiesner (1931) because of the broad flat tooth extending from the base of the aperture.

Family NODOSARIIDAE

Dentalina advena (Cushman, 1923)

- 1923 *Nodosaria advena* Cushman, p. 79, pl. 14, fig. 12.
 1960 *Dentalina advena* (Cushman)—Barker, p. 132, pl. 63, fig. 1.

Only one single specimen was found — core 3.

Dentalina californica Cushman and Gray, 1946

- 1946 *Dentalina californica* Cushman and Gray, Contr. Cushman Lab. Foram. Res., vol. 22, p. 66, pl. 12, figs. 3—5.
 1950 — Cushman and McCulloch, p. 312, pl. 41, figs. 8—10.

Dr. R. Todd, at U.S. National Museum, has compared specimens of this species from the Oslo Fjord with the types of *Dentalina californica* Cushman and Gray.

Dentalina guttifera D'Orbigny, 1826

- 1826 *Nodosaria pyrula* D'Orbigny, p. 253, No. 13.
 1923 — Cushman, p. 69, pl. 16, figs. 1—4.
 1937 *Dentalina guttifera* D'Orbigny—Chapman and Parr, p. 60.
 1960 — Barker, p. 130, pl. 62, figs. 10—12.

A very few specimens were found.

Dentalina ittai Loeblich and Tappan, 1953

- 1953 *Dentalina ittai* Loeblich and Tappan, p. 56, pl. 10, figs. 10—12.

A few specimens were met with.

Lenticulina cf. *angulata* (Reuss, 1851)

- 1851 *Robulina angulata* Reuss, p. 154, pl. 8, fig. 6.
 1932 *Cristellaria angulata* (Reuss)—Heron-Allen and Earland, p. 392, pl. 12, figs. 22, 23.
 1954b *Lenticulina species*—Feyling-Hanssen, p. 191, pl. 1, figs. 11—13.

The diameter of the species of Reuss (loc. cit.) is stated to be 0,9—1,0 mm, as the species from the Oslo Fjord has a maximum diameter of only about 0,4 mm. Possibly the specimens found in my material should be considered as stunted forms of Reuss' species *Robulina angulata*.

Lenticulina rotulata (Lamarck)

- 1923 *Cristellaria rotulata* (Lamarck)?—Cushman, p. 108, pl. 22, fig. 2; pl. 28, figs. 1, 2.

Two specimens were found in the core from Digerud.

Rectoglandulina rotundata (Reuss, 1849)

- 1923 *Nodosaria rotundata* (Reuss)—Cushman, p. 63.
 1960 *Rectoglandulina rotundata* (Reuss)—Barker, p. 128, pl. 61, figs. 17—19.

Only one example but quite typical in the core from the Bunne Fjord.

Rectoglandulina torrida (Cushman, 1923)

- 1923 *Nodosaria (Glandulina) laevigata* D'Orbigny, var. *torrida* Cushman, p. 65, pl. 12, fig. 10.
 1960 *Rectoglandulina torrida* (Cushman)—Barker, p. 128, pl. 61, figs. 20—22.

A few specimens were found.

Lagena amphora Reuss, 1863

- 1863 *Lagena amphora* Reuss, p. 330, pl. 4, fig. 57.
 1950 — Cushman and McCulloch, p. 329, pl. 43, figs. 11—14.

A few specimens were met with.

Lagena distoma Parker and Jones Ms., Brady, 1864

- 1864 *Lagena distoma* Parker and Jones Ms. Brady, p. 467, pl. 48, fig. 6.
 1884 — Brady, p. 461, pl. 58, figs. 11—15.
 1923 — Cushman, p. 14, pl. 3, fig. 3.

There was found a few specimens.

Lagena elongata (Ehrenberg, 1844)

- 1923 *Lagena elongata* (Ehrenberg)—Cushman, p. 15, pl. 3, fig. 4.
 1960 — Barker, p. 116, pl. 56, figs. 27—29.

A few specimens were observed in core 3.

Lagena filicosta Reuss, 1863

- 1863 *Lagena filicosta* Reuss, p. 328, pl. 4, figs. 50, 51.

The specimens found appear to fit the description and figures given by Reuss (loc. cit.).

Lagena hispida Reuss, 1858

- 1863 *Lagena hispida* Reuss—Reuss, p. 335, pl. 6, figs. 77—79.
 1913 — Cushman, p. 13, pl. 4, figs. 4, 5; pl. 5, fig. 1.
 1960 — Barker, p. 116, pl. 57, figs. 1—4.

Lagena laevis (Montagu, 1803)

- 1803 *Vermiculum laeve* Montagu, p. 524.
 1953 *Lagena laevis* (Montagu)—Loeblich and Tappan, p. 61, pl. 11, figs. 5—8.

Rare.

Lagena nebulosa Cushman, 1923

- 1923 *Lagena laevis* (Montagu) var. *nebulosa* Cushman, p. 29, pl. 5, figs. 4, 5.
 1960 *Lagena nebulosa* Cushman—Barker, p. 114, pl. 56, fig. 12.

This species corresponds very well to the description and the figures given by Cushman (loc. cit.).

Lagena setigera Millett, 1901

- 1901 *Lagena clavata* (D'Orbigny) var. *setigera* Millett, p. 491, pl. 8, fig. 9.
 1950 *Lagena perlucida* (Montagu) var.—Cushman and McCulloch, p. 343, pl. 46, figs. 3, 4 (not *Vermiculium perlucidum* Montagu, 1803).
 1953 *Lagena setigera* Millett—Loeblich and Tappan, p. 66, pl. 11, figs. 23, 24.

This species corresponds very well to the figures given by Cushman and McCulloch (loc. cit.).

Lagena striata (D'Orbigny, 1839)

- 1839 *Oolina striata* D'Orbigny, p. 21, pl. 5, fig. 12.
 1923 *Lagena striata* (D'Orbigny)—Cushman, p. 54, pl. 10, fig. 9.
 1960 — Barker, p. 118, pl. 57, figs. 22, 24.

The species is present in at solely a few cores.

Lagena substriata Williamson, 1848

- 1848 *Lagena substriata* Williamson, p. 15, pl. 1, fig. 12.
 1923 — Cushman, p. 56 pl. 10, fig. 11.

The same as the foregoing species.

Family POLYMORPHINIDAE

Guttulina lactea (Walker and Jacob, 1798)

- 1798 *Serpula lactea* Walker and Jacob, p. 634, pl. 14, fig. 4.
 1930 *Guttulina lactea* (Walker and Jacob)—Cushman and Ozawa, p. 43, pl. 10, figs. 1—4.

A few specimens were found.

Family BULIMINIDAE

Buliminella elegantissima (D'Orbigny, 1839)

- 1839 *Bulimina elegantissima* D'Orbigny, p. 51, pl. 7, figs. 13, 14.
 1947 *Buliminella elegantissima* (D'Orbigny)—Høglund, p. 215, pl. 18, fig. 1; text-figs. 196, 197.

There were found a few specimens.

Bulimina marginata D'Orbigny, 1826

- 1826 *Bulimina marginata* D'Orbigny, p. 269, pl. 12, figs. 10—12.
 1947 — Høglund, p. 227, pl. 20, figs. 1, 2; pl. 22, fig. 1; text-figs. 205—218.

The variation of this species is shown by Høglund (loc. cit.) in text-figs. 205—217. These represent a series leading from the most spiny individuals to those with only slightly crenelated chamber edges, nearly corresponding to D'Orbigny's type-specimen of *B. marginata* (See further discussion by Høglund, pp. 228—230.) A similar variation is found in the material from the Oslo Fjord.

Globobulimina turgida (Bailey, 1851)

- 1947 *Globobulimina turgida* (Bailey)—Høglund, p. 248, pl. 20, fig. 5; pl. 21, figs. 4, 8; pl. 22, fig. 5; text-figs. 247—257, 271.

Frequent.

Virgulina concava Høglund, 1947

- 1947 *Virgulina concava* Høglund, p. 257, pl. 23, figs. 3, 4; pl. 32, figs. 4—7; text-figs. 273—275.

Virgulina fusiformis (Williamson, 1858)

- 1858 *Bulimina pupoides* var. *fusiformis* Williamson, p. 63, pl. 5, figs. 129, 130.
1947 «*Bulimina*» *fusiformis* Williamson—Høglund, p. 232, pl. 20, fig. 3; text-figs. 219—233.
1954a *Virgulina fusiformis* (Williamson)—Feyling-Hansen, p. 132, pl. 1, figs. 13a—c.

Frequent.

Virgulina schreibersiana (Czjzek, 1848)

- 1937 *Virgulina schreibersiana* Czjzek—Cushman, p. 13, pl. 2, figs. 11—20.

Very rare.

Virgulina skagerakensis Høglund, 1947

- 1947 *Virgulina skagerakensis* Høglund, p. 255, pl. 23, figs. 1, 2; pl. 32, figs. 1—3; text-figs. 272.

This species fits the original description and figures very well.

Oolina hexagona (Williamson, 1848)

- 1848 *Entosolenia squamosa* (Montagu) var. *hexagona* Williamson, p. 20, pl. 2, fig. 23.
1953 *Oolina hexagona* (Williamson)—Loeblich and Tappan, p. 69, pl. 14, figs. 1, 2.

Oolina melo D'Orbigny, 1839

- 1839 *Oolina melo* D'Orbigny, p. 20, pl. 5, fig. 9.
1953 — Loeblich and Tappan, p. 71, pl. 12, figs. 8—15.

Oolina williamsoni (Alcock, 1865)

- 1923 *Lagena williamsoni* (Alcock)—Cushman, p. 61, pl. 11, figs. 8, 9.
 1960a *Oolina williamsoni* (Alcock)—Van Voorthuysen, p. 247, pl. 10, fig. 18.

Present in most of the cores but infrequently.

Fissurina annectens (Burrows and Holland, 1895)

- 1940 *Lagena annectens* Burrows and Holland—Buchner, p. 482, pl. 15, figs. 279—293.
 1960 *Fissurina annectens* (Burrows and Holland)—Barker, p. 122, pl. 59, fig. 15.

The species corresponds very well to the figures given by Buchner (loc. cit.).

Fissurina apiculata (Reuss, 1850)

- 1940 *Lagena apiculata* (Reuss)—Buchner, p. 472, pl. 13, figs. 234—238.

Fissurina fasciata (Egger, 1857)

- 1863 *Lagena fasciata* (Egger)—Reuss, p. 323, pl. 2, fig. 24.
 1940 — Buchner, p. 479, pl. 14, figs. 262—265.

Fissurina pseudoglobosa (Buchner, 1940)

- 1940 *Lagena pseudoglobosa* Buchner, p. 463, pl. 11, figs. 167—172.

Present in the core from Digerud.

Fissurina serrata (Schlumberger, 1894)

- 1953 *Fissurina serrata* (Schlumberger)—Loeblich and Tappan, p. 78, pl. 14, fig. 5.

Two specimens, which fit very well the description and figures given by Loeblich and Tappan (loc. cit.), were found.

Uvigerina peregrina Cushman, 1923

- 1923 *Uvigerina peregrina* Cushman, p. 166, pl. 42, figs. 7—10.
 1947 — Høglund, p. 279, pl. 23, fig. 9; text-figs. 291—304.

Typical specimens occurred.

Angulogerina angulosa (Williamson, 1858)

- 1858 *Uvigerina angulosa* Williamson, p. 67, pl. 5, fig. 140.
 1947 *Angulogerina angulosa* (Williamson)—Høglund, p. 283, pl. 23, fig. 8; text-figs. 305—308.

Typical specimens occurred.

Siphogenerina dimorpha (Parker and Jones, 1865)

- 1923 *Siphogenerina dimorpha* (Parker and Jones)—Cushman, p. 175, pl. 42, figs. 16—18.
 1947 — Høglund, p. 284, pl. 23, figs. 5—7.

Only one specimen found.

Bolivina albatrossi Cushman, 1922

- 1922 *Bolivina albatrossi* Cushman, p. 31, pl. 6, fig. 4.
 1947 — Høglund, p. 264, pl. 24, fig. 1; pl. 32, figs. 19, 20.

A few specimens were found.

Bolivina pseudoplicata Heron-Allen and Earland, 1930

- 1947 *Bolivina pseudoplicata*—Høglund, p. 263, pl. 24, fig. 2; pl. 32, figs. 8—11;
 text-fig. 287.

There was found a few, small specimens.

Bolivina pseudopunctata Høglund, 1947

- 1947 *Bolivina pseudopunctata* Høglund, p. 273, pl. 24, fig. 5; pl. 32, figs. 23, 24;
 text-figs. 280, 281, 287.
 1953 — Loeblich and Tappan, p. 111, pl. 20, figs. 13, 14.

Typical specimens occurred.

Bolivina cf. *robusta* Brady, 1884

- 1884 *Bolivina robusta* Brady, p. 421, pl. 53, figs. 7—9.
 1947 *Bolivina* cf. *robusta* Brady—Høglund, p. 270, pl. 24, figs. 8, 9; pl. 32, figs.
 16—18; text-fig. 287.

Like Høglund (loc. cit.) I have not found a single specimen with even the rudiment of an apical spine. The basal margin of each chamber is, in accordance with Høglund's material, furnished with only one indentation in the vicinity of the median line.

Family CASSIDULINIDAE

Cassidulina crassa D'Orbigny, 1839

- 1839 *Cassidulina crassa* D'Orbigny, p. 56, pl. 7, figs. 18—20.
 1922 — Cushman, p. 124, pl. 26, fig. 7.

Present in most of the cores but infrequently and represented by relatively small individuals.

Cassidulina laevigata D'Orbigny, 1826

- 1826 *Cassidulina laevigata* D'Orbigny, p. 282, pl. 15, figs. 4, 5.
 1922 — Cushman, p. 122, pl. 24, fig. 4.

This species was observed rather frequently in most of the cores.

Family NONIONIDAE

Nonionella iridea Heron-Allen and Earland, 1932

- 1932 *Nonionella iridea* Heron-Allen and Earland, p. 438, pl. 16, figs. 14—16.
 1939 — Cushman, p. 34, pl. 9, fig. 5.

Cibicides lobatulus (Walker and Jacob, 1798)

- 1798 *Nautilus lobatulus* Walker and Jacob, p. 642, pl. 14, fig. 36.
 1931 *Cibicides lobatula* (Walker and Jacob)—Cushman, p. 118, pl. 21, figs. 3 a—c.
 1960 *Cibicides lobatulus* (Walker and Jacob)—Barker, p. 190, pl. 92, fig. 10;
 p. 192, pl. 93, figs. 1, 4, 5.

Cibicides pseudoungerianus (Cushman, 1922)

- 1931 *Cibicides pseudoungeriana* (Cushman)—Cushman, p. 123, pl. 22, figs. 3—7.
 1960 *Cibicides pseudoungerianus* (Cushman)—Barker, p. 194, pl. 94, figs. 9 a—c.

Family CERATOBULIMINIDAE

Ceratobulimina arctica Green, 1960

- 1960 *Ceratobulimina arctica* Green, p. 71, pl. 1, figs. 1 a—c.

Few specimens which fit very well the original description and figures.

Family ELPHIDIIDAE

Elphidium clavatum Cushman, 1930.

- 1930 *Elphidium incertum* (Williamson) var. *clavatum* Cushman, p. 20, pl. 7, fig. 10.
 1953 *Elphidium clavatum* Cushman—Loeblich and Tappan, p. 98, pl. 19, figs. 8—10.

Present in most of the cores.

Elphidium excavatum (Terquem, 1875)

- 1875 *Polystomella excavata* Terquem, p. 25, pl. 2, figs. 2 a—f.
 1930 *Elphidium excavatum* (Terquem)—Cushman, p. 21, pl. 8, figs. 1—7.

Few but typical specimens were found.

Elphidium incertum (Williamson, 1858)

- 1858 *Polystomella umbilicatulata* var. *incerta* Williamson, p. 44, pl. 3, fig. 82 a.
 1953 *Elphidium incertum* (Williamson)—Loeblich and Tappan, p. 100.

Very rare.

Elphidium subarcticum Cushman, 1944

- 1944 *Elphidium subarcticum* Cushman, p. 27, pl. 3, figs. 34, 35.
 1953 — Loeblich and Tappan, p. 105, pl. 19, figs. 5—7.

Typical representatives were met with.

Family ROTALIIDAE

Ammonia batavus (Hofker, 1951)

- 1951 *Streblus batavus* Hofker, p. 498, text-figs. 340, 341.
 1958 — Van Voorthuysen, p. 27, text-fig. 1 d.

According to Pokorný (1958, p. 361) *Streblus* Fischer, 1817 is an objective synonym with *Ammonia* Brünnich, 1772. A few specimens were found.

SUMMARY

The present paper is based upon a quantitative study of the benthonic Foraminifera found in 13 short cores from different localities within inner Oslo Fjord (Fig. 2). A total of about 25 arenaceous and 80 calcareous species were found.

A study has been made of the relation between living and dead specimens in the topmost layer of the cores, and its correlation with sea-depth and hydrographical conditions at the bottom, with particular reference to the oxygen content in the water adjacent to the bottom. The Foraminifera from the deeper samples of the cores have been treated with the dry technique used for the study of Quaternary forms and compared with the colours of the sediments at different levels.

On the basis of the distribution and the number of Foraminifera in the cores, and considering the topographical and hydrographical conditions prevailing, it seems possible to divide the inner Oslo Fjord (at the time the cores were taken, October 1962) into four ecological regions:

I. *The Drøbak Sound* (core 13), characterized by large fluctuations in the number of Foraminifera within the core, possibly due to changes in the hydrographical conditions and sedimentary environments. The dominant species was *Bolivina* cf. *robusta*. Nearly all the species were represented by living specimens at the time of collection.

II. *The West Fjord* (cores 7-12). Characteristic for this region is the increase in the number of specimens from core to core towards the innermost part of the fjord. The number is particularly high in outer Lysaker Fjord (core 7). At the same time a tendency towards increasing numbers upwards in the cores has been noted, with a maximum usually in the upper brown detritus layer. In addition, a distinct increase in the arenaceous fauna, both in the number of species and the total number of individuals, was found towards the top layers of the cores. The variations in the faunas probably depend on the available food resources. Among the calcareous species *Bulimina marginata*, *Virgulina fusiformis* and *Cassidulina laevigata* were dominant, while the most characteristic arenaceous species was *Adercotryma glomeratum*.

A comparison between the Foraminifera faunas of the Gråøy Channel (core 12) and of Digerud (core 11), shows that the fauna is richer in both number of species and individuals at Digerud, a condition possibly due to the differences in topography, current activity and food conditions.

III. *The Harbour Region* (cores 2–6). In this region the cores had a grey sediment layer in the lower part, possibly laid down under aerobic conditions, and in the upper part a black layer, indicative of anaerobic conditions at the seabottom. The distribution of the Foraminifera in the cores varied but showed a tendency towards increasing numbers upwards to a certain point in the cores, probably due to an increasing supply of food, and again decreasing numbers towards the topmost layers, possibly as a result of anaerobic conditions. In some of the cores only this decreasing phase was represented. Amongst the Foraminifera species found, *Bulimina marginata* and *Virgulina fusiformis* appeared to be the least susceptible to adverse conditions. The variations observed in the Foraminifera populations of the Harbour Region are probably caused by the pollution from the city of Oslo combined with the natural topographical and hydrographical conditions of the Oslo Fjord.

In the core from Bekkelaget (core 5) there are faunistical and sedimentological indications of displacement.

IV. *The Bunne Fjord* (core 1). In the core from the deepest part of the Bunne Fjord (150 m) a Foraminifera maximum was found at the border between a lower grey and an upper black sediment layer, most probably representing the transition from aerobic to anaerobic conditions. The Foraminifera observed in the uppermost layer of the core were all dead.

The present study forms a part of a detailed investigation which is now in progress on the pollution of the Oslo Fjord. The trends which have been observed regarding the Foraminifera, both the chronological and regional variations, as well as the change in colour of the sediments in the innermost parts of the fjord, are assumed to be influenced by the effects of sewage pollution from the growing city of Oslo. Until the other investigations of the fjord are completed, however, it is not known to what extent the ecological variations at the bottom are conditioned by natural changes (in time and space), and to what extent they are effected by the products of civilization.

LITTERATURLISTE

- Barker, R. W.*, 1960. Taxonomic Notes on the species figured by H. B. Brady in his report on the Foraminifera dredged by H. M. S. Challenger during the years 1873—1876. — Soc. of Economic Paleontologist and Mineralogists, Spec. publ., no. 9. Tulsa, Okl. U.S.A.
- Bartenstein, H.*, 1938. Foraminiferen der meerischen und brackischen Bezirke des Jade-Gebietes. — Senckenbergiana, vol. 20, nr. 5, s. 386—412. Frankfurt a. M.
- Bartenstein, H. and Brand, E.*, 1938. *Jadammina polystoma* n.g. n.sp. aus dem Jade-Gebiet (For.) — Senckenbergiana, vol. 20, nr. 5, s. 381—385. Frankfurt a. M.
- Beyer, F.*, 1956. Kappløpet mellom forråttelse og fornyelse av indre Oslofjord. — Teknisk Ukeblad, nr. 46, s. 1045—1053.
- Beyer, F. og Føyn, E.*, 1951. Surstoffmangel i Oslofjorden. — Naturen, nr. 10, s. 289—306. Bergen.
- 1956. Oslofjordens forurensning. — Borgestad Legat I, 1929—1954, s. 29—36. Oslo.
- Braarud, T.*, 1945. Forurensning og selvrensning av sjøvann. Undersøkelser i Oslofjorden. — Naturen, nr. 7—8, s. 212—235. Bergen.
- 1954. Oslofjorden som ledd i Oslo bys kloakksystem. — Særtrykk 1254 av Teknisk Ukeblad. 15 s. Oslo.
- 1955. The effect of pollution by sewage upon the waters of the Oslo-Fjord. — Proceedings of the International Association of theoretical and applied Limnology, vol. 12, s. 811—813.
- Braarud, T. and Rund, J. T.*, 1937. The hydrographic conditions and aeration of the Oslo Fjord, 1933—1934. — Hvalrådets Skrifter, nr. 15. Oslo.
- Bradshaw, J. S.*, 1955. Preliminary laboratory experiments on ecology of foraminiferal populations. — Micropal., vol. 1, no. 4, s. 351—358.
- 1961. Laboratory experiments on the ecology of Foraminifera. — Contr. Cushman Found. Foram. Research, vol. 12, part 3, s. 87—106.
- Brady, H. B.*, 1864. Contributions to the knowledge of the Foraminifera. On the Rhizopodal Fauna of the Shetlands. — Trans. Linn. Soc. London, vol. 24. London.
- Brady, H. B.*, 1878. On the Reticularian and Radiolarian Rhizopoda (Foraminifera and Polycystina) of the North Polar Expedition of 1875—76. — Ann. Mag. Nat. Hist., ser. 5, vol. 1, s. 425—440.
- 1881. Notes on some of the Reticularian Rhizopoda of the Challenger Expedition III: Classification, Further notes on new species and note on Biloculina Mud. — Quart. Journ. Micr. Sci., (n.s.), vol. 21, s. 31—71.
- 1884. Report on the Foraminifera dredged by H.M.S. Challenger during the years 1873—1876. — Rep. Voy. Challenger, Zoology, vol. 9. Report on the Foraminifera. London.
- Broch, H.*, 1935. Die Bedeutung der Dröbak-Schwelle für die Bodenfauna der Garnelen-Felder. Avhandl. Det Norske Vid.-Akad. i Oslo. I. Mat.-Naturvid. Kl., no. 5, s. 1—32. Oslo.

- Brongersma-Sanders M.*, 1957. Mass mortality in the sea. — Geol. Soc. America, Memoir 67, vol. 1, s. 941—1010.
- Brøgger, W. C.*, 1886. Über die Bildungsgeschichte des Kristianiafjords. Ein Beitrag zum Verständnis der Fjord- und Seebildung in Skandinavien. — Nytt Magazin for Naturvidenskaberne. 30te Bind. Kristiania.
- Buchner, P.*, 1940. Die Lagenen des Golfes von Neapel und der marinen Ablagerungen auf Ischia. — Nova Acta Leopoldina, N.F., vol. 9, no. 62, s. 361—560. Halle.
- Chapman, F. and Parr, W. J.*, 1937. Foraminifera. — Australasian Antarctic Exped., 1911—14, Sci. Rep., ser. C, Zoology and Botany, vol. 1, part 2.
- Chaster, G. W.*, 1892. Report upon the Foraminifera of the Southport Society of Natural Science District. First Rep. — Southport Soc. Nat. Sci., 1890—91, s. 54—71.
- Christiansen, B.*, 1958. The Foraminifer Fauna in the Drøbak Sound in the Oslo Fjord (Norway). — Nytt Magasin for Zoologi, vol. 6, s. 5—91. Oslo.
- Cushman, J. A.*, 1913. A monograph of the Foraminifera of the North Pacific Ocean. Part 3. — U.S. Nat. Mus. Bull. 104. Washington.
- 1917. A monograph of the Foraminifera of the North Pacific Ocean. Part 6. — U.S. Nat. Mus. Bull. 104. Washington.
- 1922. The Foraminifera of the Atlantic ocean. Part 3. — U.S. Nat., Mus. Bull. 104. Washington.
- 1923. The Foraminifera of the Atlantic ocean. Part 4. — U.S. Nat. Mus. Bull. 104. Washington.
- 1924. The Foraminifera of the Atlantic ocean. Part 5. — U.S. Nat. Mus. Bull. 104. Washington.
- 1929. The Foraminifera of the Atlantic ocean. Part 6. — U.S. Nat. Mus. Bull. 104. Washington.
- 1930. The Foraminifera of the Atlantic ocean. Part 7. — U.S. Nat. Mus. Bull. 104. Washington.
- 1931. The Foraminifera of the Atlantic ocean. Part 8. — U.S. Nat. Mus. Bull. 104. Washington.
- 1937. A Monograph of the Foraminiferal Family Valvulinidae. — Cushman Lab. Foram. Res. spec. publ. No. 8. Sharon.
- 1939. A Monograph of the foraminiferal family Nonionidae. — U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 191. Washington.
- 1944. Foraminifera from the shallow water of the New England Coast. — Cushman Found. Foram. Res., spec. publ., no. 12. 37 s. Sharon, Massachusetts, U.S.A.
- 1948. Foraminifera, their classification and economic use. — Cambridge, Harvard University Press. 478 s.
- Cushman, J. A. and McCulloch, I.*, 1950. Some Lagenidae in the collections of the Allan Hancock Foundation. — Allan Hancock Pacific Exps., vol. 6, nr. 6. Los Angeles, California.
- Cushman, J. A. and Ozawa, Y.*, 1930. A monograph of the foraminiferal family Polymorphinidae Recent and Fossil. — Proc. U.S. Nat. Mus., vol. 77, Art 6. Washington, D.C.

- Dawson, J. W.*, 1860. Notice of Tertiary Fossils from Labrador, Main, etc., and Remarks on the Climate of Canada in the Newer Pliocene or Pleistocene Period. — *Cabanian Naturalist*, vol. 5. Montreal.
- Earland, A.*, 1933. Foraminifera. Part II. South Georgia. — *Discovery Rep.*, vol. 7, s. 27—138. Cambridge.
- Eide, O.*, 1955. Skredet ved Bekkelaget i Oslo 7. oktober 1953. — *Norges geotekniske institutt*, nr. 11, s. 1—17. Oslo.
- Eide, O. and Bjerrum, L.*, 1955. The slide at Bekkelaget. — *Norges geotekniske institutt*, nr. 10. Oslo.
- Ekman, S.*, 1953. Zoogeography of the sea. — Sidgwick and Jackson Limited. 417 s. London.
- Feyling-Hanssen, R. W.*, 1954a. Late Pleistocene Foraminifera from the Oslofjord area, Southeast Norway. — *Norsk Geol. Tidsskr.*, 33, s. 109—152. Bergen.
- 1954b. The stratigraphic position of the quick clay at Bekkelaget, Oslo. — *Norsk Geol. Tidsskr.*, 33, s. 185—196. Bergen.
- Micropaleontology applied to soil mechanics in Norway. — *Norges Geol. Unders.* nr. 197, s. 1—69. Oslo.
- 1958a. Stratigrafi og skjærfasthet, et geoteknisk problem geologisk belyst. — *Naturen*, nr. 1, s. 5—19. Bergen.
- 1958b. Mikropaleontologiens teknikk. — *Norges Geol. Unders.*, nr. 203, s. 35—48. Oslo.
- Føyn, E.*, 1958. Sprangskikt, oksygenminima og sperreflater for fisk. — *Fauna*, nr. 4, s. 121—131. Oslo.
- Gaarder, T.*, 1915—16. De vestlandske fjordes hydrografi. I. Surstoffet i fjordene. — *Bergens Museums Aarbok 1915—16. Naturvidensk. rekke*, no. 2. Bergen.
- Gran, H. H. and Gaarder, T.*, 1918. Über den Einfluss der atmosphärischen Veränderungen Nordeuropas auf die hydrographischen Verhältnisse des Kristianiafjords bei Drøbak in März 1916. — *Publications de circonstance*, no. 71. Conseil permanent pour l'exploration de la mer. Copenhague.
- Green, K. E.*, 1960. Ecology of some Arctic Foraminifera — *Micropal.*, vol. 6, no. 1, s. 57—78.
- Heron-Allen, E. and Earland, A.*, 1916. The Foraminifera of the West of Scotland. — *Trans. Linn. Soc. Zool.*, ser. 2, vol. 11, s. 197—299. London.
- 1932. Foraminifera. Part 1. The Ice-free Area of the Falkland Islands and Adjacent Seas. — *Discovery Rep.*, vol. 4, s. 291—460.
- Hjort, J. and Gran, H. H.*, 1900. Hydrographic-biological investigations of the Skagerak and the Christianiafjord. — *Rep. Norw. Fishery — and Marine Invest.*, vol. 1, no. 2, s. 1—41. Kristiania.
- Høglund, H.*, 1947. Foraminifera in the Gullmar Fjord and the Skagerak. — *Zoolog. Bidr. Från Uppsala. Bd. 26.* Uppsala.
- Jarke, J.*, 1961. Beobachtungen über Kalkauflösung an Schalen von Mikrofossilien in Sedimenten der westlichen Ostsee. — *Deutsche Hydrogr. Zeitschr.*, bd. 14, nr. 1, s. 6—11.
- Jobansson, A. Semb*, 1959. Selvregulerende mekanismer i populasjoner. — *Fauna*, nr. 3, s. 101—119. Oslo.

- Jones, D. J.*, 1958. Displacement of microfossils. — Journ. Sed. Petr., vol. 28, no. 4, s. 453—467.
- Kier, H.*, 1900. Synopsis of the Norwegian Marine Thalamophora. — Rep. Norw. Fishery — and Marine Invest., vol. 1, no. 7, s. 1—58. Kristiania.
- Lankford, R. R.*, 1959. Distribution and ecology of Foraminifera from East Mississippi Delta margin. — Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 43, no. 9, s. 2068—2099.
- Loeblich, A. R. and Tappan, H.*, 1953. Studies of Arctic Foraminifera. — Smithsonian Miscell. Coll. vol. 121, no. 7, Washington.
- Lundquist, G.*, 1923. Några nya rörlodtyper. — Södra Sveriges Fiskeriförening, Skrifter. Lund.
- Millett, F. W.*, 1901. Report on the Recent Foraminifera of the Malay Archipelago collected by Mr. A. Durrand. — Journ. Roy. Micr. Soc. part 11, s. 485—597.
- Montagu, G.*, 1803. Testacea Britannica. London.
- Moore, H. B.*, 1958. Marine ecology. — John Wiley & Sons, Inc. 493 s. New York.
- Nørvang, A.*, 1942. Notes on some Foraminifera from off Bergen. — Bergens Mus. Årbok 1941, Naturv. rekke, nr. 11, s. 1—19.
- D'Orbigny, A.*, 1826. Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes. III. Ordre. Foraminifères. — Annales des Sciences Naturelles. Tome 7. Paris.
- 1839. Voyage dans l'Amérique Méridionale, Tome V, 5e partie. — Foraminifères. Paris.
- Parker, F. L.*, 1952. Foraminifera species off Portsmouth, New Hampshire. — Bull. Mus. Comp. Zool., vol. 106, no. 9, s. 391—423.
- Pbleger, F. B.*, 1952. Foraminifera distribution in some sediment samples from the Canadian and Greenland Arctic. — Contr. Cushman Found. Foraminiferal Res., vol. 3, s. 80—89.
- 1954. Ecology of Foraminifera and associated micro-organisms from Mississippi Sound and environs. — Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., vol. 38, no. 4, s. 584—647.
- 1960a. Ecology and distribution of recent Foraminifera. — The Johns Hopkins Press. 297 s. Baltimore.
- 1960b. Sedimentary patterns of microfaunas in Northern Gulf of Mexico. — Am. Assoc. Petroleum Geol., s. 267—301. Tulsa, Oklahoma. U.S.A.
- Pokorný, V.*, 1958. Grundzüge der zoologischen Mikropaleontologie. Band I. — Veb deutscher Verlag der Wissenschaften. 582 s. Berlin.
- Reuss, A. E.*, 1851. Ueber die fossilen Foraminiferen und Entomostraceen der Septarienthone der Umgegend von Berlin. — Zeitschr. der Deutsch. geol. Gesellsch. Bd. III. Berlin.
- 1863. Die Foraminiferen der Lagenideen. — Sitz. d. Akad. Wiss., vol. 46. Wien.
- Rhumbler, L.*, 1938. Foraminiferen aus dem Meeressand von Helgoland, gesammelt von A. Remane. — Kieler Meeresforsch., vol. 2, s. 157—222.
- Richter, G.*, 1961. Beobachtungen zur Ökologie einiger Foraminiferen des Jade-Gebietes. — Natur und Volk 91 (5), s. 163—170.
- Risdal, D.*, 1962. En undersøkelse av kvartære, økostratigrafiske soner i Drammen, på grunnlag av foraminiferer. — Norges Geol. Unders., nr. 215, s. 68—86.

- Robertson, D., 1891. *Trochammina bradyi*, n.n. — Ann. Mag. Nat. Hist., ser. 6, vol. 7, s. 388.
- Shifflett, E., 1961. Living, dead, and total foraminiferal faunas, Heald Bank, Gulf of Mexico. — Micropal., vol. 7, no. 1, s. 45—54.
- Sjøstedt, L. G., 1935. Undersökningar över Öresund. — Lunds Universitets Årsskrift. N. F. Avd. 2, bd. 31, nr. 12, s. 1—61. Lund.
- Strøm, K. M., 1936. Land-locked waters. — Det Norske Vid.-Akad. i Oslo. Skr. I. Mat.-Naturvid. Kl., no. 7. 85 s. Oslo.
- Sundene, O., 1953. The algal vegetation of Oslofjord. — Det Norske Vid.-Akad. i Oslo. Skr. I. Mat.-Naturvid. Kl., no. 2. 244 s. Oslo.
- Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. and Fleming, R. H., 1942. The Oceans, their physics, chemistry and general biology. — Prentice-Hall. 1087 s. New York.
- Terquem, O., 1875. Essai sur le Classement des Animaux qui vivent sur la Plage et dans les Environs de Dunkerque. Pt. I. Paris.
- Thorson, G., 1957. Bottom Communities (Sublittoral or shallow shelf). — Geol. Soc. America, Memoir 67, vol. 1. s. 461—534.
- Voortbuysen, J. H. van, 1951. The quantitative distribution of the holocene Foraminifera in the N. O. Polder. — Proc. of 3. Int. Congr. of Sed., s. 267—272.
- 1958. Foraminiferen aus dem Eemien (Riss-Würm-Interglazial) in der Bohrung Amersfoort I (Locus typicus). — Med. Geol. Sticht., N.S., nr. 11, s. 27—39.
- 1960a. Die Foraminiferen des Dollart-Ems-Estuarium. — Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb.k. Gen., Dl. 19, s. 237—269.
- 1960b. Ökologische Schlussfolgerungen. — Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb.k. Gen., Dl. 19, s. 293—298.
- Walker, G. and Jacob, E., 1798. In G. Adams: Essays on the Microscope. F. Kammachers (2nd) Edition. — London.
- Walton, W. R., 1952. Techniques for recognition of living Foraminifera. — Contr. Cushman Found. Foram. Research, vol. 3, s. 56—60.
- Watkins, J. G., 1961. Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewer outfall. — Micropal., vol. 7, no. 2. s. 199—206.
- Wiborg, K. F., 1940. The production of zooplankton in the Oslo Fjord in 1933—1934 with special reference to the copepods. — Hvalrådets Skrifter, no. 21, s. 1—85. Oslo.
- Wiesner, H., 1931. Die Foraminiferen der Deutschen Südpolar-Expedition 1901—1903. — Deutsche Südpolar-Exped., vol. 20, (Zoology, vol. 12), s. 53—165.
- Williamson, W. C., 1848. On the Recent British species of the genus *Lagena*. — Ann. Mag. Nat. Hist., ser. 2, vol. 1, s. 1—20.
- 1858. On the Recent Foraminifera of Great Britain. — Ray Society. London.
- Økland, F., 1955. Generell dyregeografi. — Aschehoug. 166 s. Oslo.

Stasjon Station			Hydrografiske data ved bunnen Hydrographical data at the bottom		
Nr. No.	Navn Name	Dyp m Depth ms	Temperatur °C Temperature °C	Salth.het ^{0/00} Salinity ^{0/00}	Oksygen mg/l Oxygen mg/l
1	<i>Bunnefjorden</i>	150	6,6	33,8	2,9
2	<i>Ulsvik</i>	88	6,6	33,8	2,1
3	<i>Malmø</i>	72	6,9	33,3	1,2
4	<i>Rambergø</i>	61	7,0	33,3	0,7
5	<i>Bekkelaget</i>	52	—	33,3	0,5
6	<i>Filipstad</i>	25	—	29,0	1,1
7	<i>Ytre Lysakerfjord</i>	60	6,9	33,4	2,3
8	<i>Flaskebekk</i>	62	6,9	33,3	3,1
9	<i>Vestfjorden</i>	90	6,7	33,3	4,5
10	<i>Båtbuktodden</i>	102	6,6	33,5	5,1
11	<i>Digerud</i>	142	6,7	33,5	6,1
12	<i>Gråøyrenna</i>	110	—	33,4	5,0
13	<i>Elle</i>	190	—	34,9	8,6

Tabell 1. Hydrografiske data ved stasjonene 8. og 10. oktober 1962.

Hydrographical data at the stations October 8th and 10th 1962.