



Statlig program for forurensningsovervåkning

Rapport 551/94

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

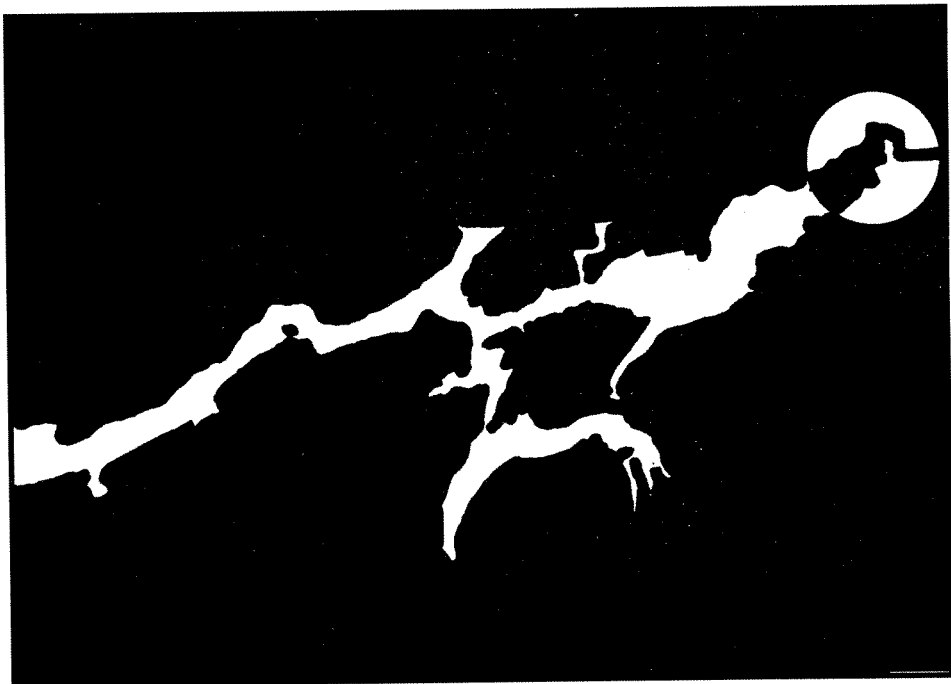
Utførende institusjon

NIVA

Ranfjorden

1992/93

Hydrografi, sedimenterende
materiale, bunnsedimenter og
bløtbunnsfauna



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: 800310	Undernr.:
Løpenr.: 3087	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Ranfjorden 1992 / 1993. Hydrografi, sedimenterende materiale, bunnsedimenter og bløtbunnsfauna	Dato:	Trykket:
	1. juni 1994	
Forfatter(e): Aud Helland Brage Rygg Kai Sørensen	Faggruppe:	
	Miljøgifter marin	
Geografisk område: Nordland	Antall sider:	Opplag:
	84	160

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

Ekstrakt:

Undersøkelsene av sedimenterende materiale viste svært høy sedimentasjon i indre deler av fjorden. Innholdet av PAH i sedimentene i indre del av fjorden, dvs. innenfor Alterneset, var mer enn halvert siden undersøkelsene i 1989. I 1989 var hele indre fjord sterkt forurenset av PAH. I 1992 var kun området utenfor Mo sterkt forurenset, mens øvrige deler av indre fjord var markert forurenset. Sedimentene var lite til moderat forurenset av metaller. Tilnærmet samme verdier ble registrert i 1989. Observasjonene av bløtbunnsfaunaen i 1992 viste et normalt artsmangfold i ytre del av Ranfjorden, men et nedsatt artsmangfold i indre fjord (innenfor Hennesberget). Det lavere artsmangfoldet og forskjellen i artssammensetning av bløtbunnsfaunaen i indre fjord sammenlignet med ytre fjord falt sammen med større innslag av gruveavgang i sedimentet i indre fjord. Det antas at tilførselen av gruveavgang til fjorden er en av hovedårsakene til det reduserte artsmangfoldet i indre fjord. Bløtbunnsfaunaen var rikere i 1992 enn i 1981. Dette kan skyldes mindre sedimentering av gruveavgang, men også naturlige fluktuasjoner kan ha bidratt.

4 emneord, norske

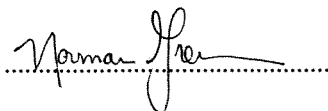
1. Polysykliske aromatiske hydrokarboner
2. Metaller
3. Gruveavgang
4. Sedimenter
5. Bløtbunnsfauna

4 emneord, engelske

1. Polycyclic aromatic hydrocarbons
2. Metals
3. Mine tailings
4. Sediments
5. Soft-bottom fauna

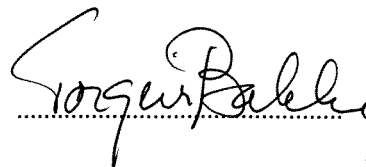
Prosjektleder

Norman Green



For administrasjonen

Torgeir Bakke



ISBN82-577-2143-9

O-800310

Ranfjorden 1992 / 1993

**Hydrografi,
sedimenterende materiale,
bunnsedimenter og
bløtbunnsfauna**

Forord

Undersøkelsene i Ranfjorden er en del av Statlig program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn (SFT). Arbeidet er utført på oppdrag fra SFT i henhold til brev av 27. april 1992 og programforslag av 16. mars 1992 (jfr. NIVA oppdrag O-80031).

Foreliggende rapport omfatter hydrografi, sedimenterende materiale, bunnsedimenter og bløtbunnfauna. Hydrografi og sedimenterende materiale var oprinnelig ikke tenkt å skulle inngå i undersøkelsene. På grunn av den store innvirkningen utslippene fra Rana Gruver A/S har på fjorden var det imidlertid et ønske å få et foreløpig inntrykk av sedimentasjonen i det utslippsnære området.

Utsetting og innhenting av sedimentfellerigger samt hydrografiske målinger ble utført av Frank Kjellberg. Innsamling av bunnsedimenter ble utført av Aud Helland og Frank Kjellberg.

Unni Efraimsen og Bodil Ekstrøm, opparbeidet grabbprøvene etter at de kom inn til laboratoriet. Brage Rygg og Pirkko Rygg artsbestemte bløtbunnsfaunaen.

Analyser av organiske miljøgifter ble utført av Lasse Berglind, Tom Tellefsen og Heidi Østby. Marit Villø har vært ansvarlig for metallanalysene, Roy Beba for analyser av organisk karbon og nitrogen i sedimentene og Unni Efraimsen for glødetap og bestemmelse av finfraksjon.

Analyser av arsen i sedimentene ble utført av Norsk analysesenter (NAC).

Kai Sørensen har stått for rapportering av hydrografi, Aud Helland for sedimenterende materiale og bunnsedimenter og Brage Rygg for bløtbunnsfauna.

Oslo, april 1994

*Norman Green
Prosjektleder*

Innhold	Side
1. Sammendrag	4
1.1. Formål	4
1.2. Konklusjoner	4
1.3. Tilrådninger	5
2. Bakgrunn og formål	6
2.1. Utslippshistorikk	6
2.2. Formål	6
2.2.1. Transmisjon og hydrografiske målinger	6
2.2.2. Sedimenterende materiale	6
2.2.3. Bunn sedimenter	6
2.2.4. Bløtbunnsfauna	6
3. Materiale og metoder	7
3.1. Stasjonsvalg og feltarbeid	7
3.1.1. Transmisjon og hydrografiske målinger	7
3.1.2. Sedimenterende materiale	7
3.1.3. Bunn sedimenter og bløtbunnsfauna	7
3.2. Analyser og databehandling	9
3.2.1. Transmisjon og hydrografiske målinger	9
3.2.2. Sedimenterende materiale	9
3.2.3. Bunn sedimenter	10
3.2.4. Bløtbunnsfauna	10
3.3. Klassifikasjon av forurensningsgrad	11
3.3.1. Miljøgifter i sediment	11
3.3.2. Artsmangfold hos bløtbunnsfauna	12
4. Resultater og diskusjon	13
4.1. Transmisjon og hydrografiske målinger	13
4.2. Sedimenterende materiale	16
4.3. Bunn sedimenter	17
4.3.1. Visuell beskrivelse	17
4.3.2. Organisk materiale	19
4.3.3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	23
4.3.4. Metaller	27
4.3.5. Historisk utvikling av forurensningen i fjorden	33
4.4. Bløtbunnsfauna	36
4.4.1. Dyresamfunnenes artssammensetning	36
4.4.2. Likhetsanalyser	39
4.4.3. Artsmangfold	44
4.4.4. Sammenheng mellom sedimentkvaliteten og bløtbunnsfaunaens tilstand	46
4.4.5. Utvikling fra 1981 til 1992	47
5. Henvisninger	51
Vedlegg	53

1. Sammendrag

1.1. Formål

Formålet med undersøkelsene av sedimenterende materiale var å få et mål på sedimentasjonen i indre deler av Ranfjorden. Målinger av transmisjon samt hydrografi skulle gi støtte til disse observasjonene.

Hovedformålet med undersøkelsene av sediment og bløtbunnsamfunn var å vurdere hvordan forurensningsbelastningen på fjorden har utviklet seg siden forrige undersøkelse i henholdsvis 1989 for sedimenter og 1981 for bløtbunnsfauna, og å danne basis for framtidig overvåking. Undersøkelsene i 1989 viste sterk PAH-forurensning av sedimentene i indre deler av fjorden. Undersøkelsene i 1981 viste reduserte organismesamfunn på bløtbunn i indre del av fjorden (innenfor Hemnesberget). Undersøkelsene i 1992 skulle påvise eventuelle virkninger av de utslippsendringer som har funnet sted i perioden fra de forrige undersøkelsene. Antatt hovedkilde til PAH forurensningen i fjorden var Jernverket og Koksverket. Disse ble nedlagt i 1989. I tillegg har det vært reduserte utslipp til sjø av avgangsmasser fra Rana Grubers oppredningsverk i perioden 1988-1992.

1.2. Konklusjoner

Undersøkelsene av sedimenterende materiale viste svært høy sedimentasjon i indre deler av fjorden, anslagsvis 50 cm / år. Transmisjonsmålingene viste en innlagring av partikler ved 25 m vanddyp, sannsynligvis partikler fra finfraksjonen i avgangen fra Rana Gruber. Målingene tyder på at det foregår en transport av partikler på tvers av bukta under ellevannet.

Innholdet av PAH i sedimentene i indre del av fjorden, dvs. innerfor Alterneset, var mer enn halvert siden undersøkelsene i 1989. I 1989 var hele indre fjord sterkt forurenset av PAH. I 1992 hadde kun området utenfor Mo samme grad av forurensning, mens øvrige deler av indre fjord var markert forurenset. Ytre del av fjorden, dvs. utenfor Bustneset, var som i 1989 markert forurenset av PAH.

Sedimentene var lite til moderat forurenset av metallene jern, sink, bly, kobber og kadmium med unntak av en stasjon utenfor Bustneset hvor det ble registrert markert forurensning av bly. Tilnærmet samme verdier ble registrert i 1989 og i 1976 selv om Bergverkselskapet (BNN) ved Andfiskå stoppet utslipp av gruveavgang i 1989. På grunn av forskjell i oppslutningsmetodene ved undersøkelsene i 1992 og tidligere år kunne man forvente høyere konsentrasjoner i 1992, forutsatt at tilførselene hadde vært uendret. Ut i fra dataene er det imidlertid ikke mulig å si om det har vært noen endring i metallinnholdet fra 1989 til 1992.

Observasjonene av bløtbunnsfaunaen i 1992 viste et normalt artsmangfold i ytre del av Ranfjorden, men et nedsatt artsmangfold i indre fjord (innenfor Hemnesberget). Det lavere artsmangfoldet og forskjellen i artssammensetning av bløtbunnsfaunaen i indre fjord sammenlignet med ytre fjord falt sammen med større innslag av gruveavgang i sedimentet og lavere konsentrasjon av organisk materiale i indre fjord. Det antas at tilførselen av gruveavgang til fjorden er en av hovedårsakene til det reduserte artsmangfoldet i indre fjord. Faktorer som naturlig sedimentasjon fra Ranaelva og avstanden til åpen kyst kan imidlertid også være medvirkende årsaker til redusert artsmangfold.

Indre del av fjorden hadde høyere individ- og artstall i 1992 enn i 1981, mens arts mangfoldet (diversitetsindeksen) bare var moderat (neppe signifikant) forhøyet. Enkelte arter viste markert økning i individtall. Alt i alt ble det registrert en rikere fauna i 1992 enn i 1981. Det kan ikke sies med sikkerhet at dette skyldes at forurensningsbelastningen var mindre i 1992 enn i 1981. Også naturlige bestandsfluktuasjoner kan spille en vesentlig rolle for forskjellen mellom årene. Konsentrasjonene av metaller i sedimentene i 1992 var omtrent som tidligere og stort sett på moderate nivåer. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) var lavere enn tidligere. Innholdet av gruveavgang i sedimentene i indre fjord i 1992 var fremdeles høyt, men sedimentasjonsraten var antagelig mindre enn før 1988, da utslippene til sjø var betydelig større. Dette kan ha gitt en viss forbedring i livsbetingelsene for faunaen.

1.3. Tilrådninger

Mengden av sedimenterende materiale i vannmassene og strømningsforhold i resipienten er styrende for spredningen og avsetningen av bunnsedimenter. Det er derfor av avgjørende betydning at disse forhold er kjent ved tolkningen av miljøgiftdata i sedimenter. Ved videre overvåking av miljøgifter i bunnsedimenter i Ranfjorden er det svært viktig at størrelsen på utslippene av avgang fra Rana Gruver A/S er kjent, samt sammensetningen av denne. Man har da grunnlag for å vurdere hvor store mengder av avgangen som avsettes i indre deler av fjorden, og hvor stor andel som transporteres videre utover i fjordsystemet. For å forstå sedimentasjonsprosessene er det viktig å kjenne strømningsforholdene i fjorden.

Bunnsedimentene i Ranfjorden bør overvåkes videre for å få verifisert den gunstige utviklingen med redusert innhold av PAH i overflatesedimentene i indre deler av fjorden innenfor Alterneset. Som nevnt over må undersøkelsene ha støtte i pålitelige utslippstall for gruveavgang, for å få klarhet i om variasjoner i konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentene kun er en årsak av fortykning.

Ved neste bløtbunnsundersøkelse i Ranfjorden bør stasjoner i Sørfjorden inkluderes. Denne fjorden kan brukes som en referansefjord til Ranfjorden for å vurdere hvilken innvirkning den lange avstanden til åpen kyst har på artsantallet.

2. Bakgrunn og formål

2.1. Utslippshistorikk

Utslipet av avgangen fra Rana Grubers oppredningsverk er redusert fra 2.8 millioner tonn/år (både fin- og grovfraksjon) til mindre enn 0.3 millioner tonn/år (bare finfraksjon) i perioden fra 1988-1992, men fra 1993 belastes fjorden med ca. 1.1 millioner tonn/år (både fin- og grovfraksjon). Finfraksjonen og grovfraksjonen tilføres fjorden i to adskilte utslipp. Partiklene i grovfraksjonsavgangen har en median størrelse på 0.2 mm, og 20% er finere enn 0.1 mm. Partiklene i finfraksjonsavgangen har en median størrelse på 0.05 mm, og 80% er finere enn 0.1 mm. Det totale volum av grovfraksjonsavgangen er to-tre ganger større enn volumet av finfraksjonsavgangen.

Antatt hovedkilde til PAH-forurensningen i fjorden var Jernverket og Koksverket. Disse ble nedlagt i 1989.

2.2. Formål

2.2.1. Transmisjon og hydrografiske målinger

Transmisjonmålinger utføres for å bestemme spredningen av partikler fra utslippet til vannmassene i resipienten. Slike optiske målinger gir normalt en god beskrivelse av partikkelfordelingen i vannmassene.

2.2.2. Sedimenterende materiale

På bakgrunn av utslippene av gruveavgang fra Rana Gruver A/S innerst i Ranfjorden ble det satt ut sedimentfeller for å få en oversikt over sedimentasjonen i dette området. Ved å analysere felle materialet kan man få et direkte mål for fluksen av miljøgifter til sedimentene.

2.2.3. Bunnsedimenter

Ved forrige undersøkelse av bunnsedimenter i Ranfjorden i 1989 ble det registrert sterk forurensning av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i indre deler av Ranfjorden. I lys av de utslippsendringer som har funnet sted siden 1989 med nedleggelse av Koksverket og Jernverket ønsket man å registrere eventuelle reduksjoner i PAH belastningen på sedimentene i 1992. Prøvetaking av bunnsedimentene var planlagt å skulle utføres i 1993, men på grunn av økte utslipp av gruveavgang til fjorden fra årsskiftet 1992/1993 ble prøvetakingen fremskyndet til høsten 1992. På grunn av metode-endring ved metallanalysene fra 1989 til 1992 skulle undersøkelsene danne basis for eventuelle videre undersøkelser av metaller i sedimentene i fjorden.

2.2.4. Bløtbunnsfauna

Undersøkelsene i 1981 viste reduserte organismsamfunn på bløtbunn i indre deler av fjorden. Formålet med undersøkelsene av bløtbunnsamfunn i 1992 var å undersøke hvordan forurensningsbelastningen og dens endringer har påvirket faunaen siden 1981 og å danne basis for framtidig overvåking. Stasjoner langs en lengre strekning av fjordsystemet skulle undersøkes for å kartlegge gradienter fra indre til ytre fjord og finne influensområdets utstrekning.

3. Materiale og metoder

3.1. Stasjonsvalg og feltarbeid

3.1.1. Transmisjon og hydrografiske målinger

Transmisjon og hydrografiske målinger ble utført på fem stasjoner innerst i fjorden (Figur 1 og Tabell 4). Målingene ble foretatt med et transmisjonsmeter (Q-instrument) med en bølgelengde på 660 nm (rødt lys). Det måles horisontalt i vannmassen. Transmisjonsprofilen ble målt fra overflate til bunn eller til maksimum 90 m på de dypeste stasjonene. Transmisjonsverdiene er omregnet og uttrykkes som den totale svekningskoeffisienten (c_{660} , m^{-1}) som inkluderer vannets egensvekning, og svekningen som skyldes oppløste og partikulære komponenter.

I tillegg ble det foretatt målinger av saltholdighet (PSU, practical salinity unit) og temperatur med en Gytre STD-sonde. Det ble videre målt siktedyp med en 20 cm Secchi-skive, og vannprøver ble innsamlet med en Niskin vannhenter. Vannprøvene ble analysert for turbiditet (Turb) med et Hach-turbidimeter (modell 2100A) etter Norsk standard.

3.1.2. Sedimenterende materiale

Sedimentfellerigger ble satt ut på to stasjoner innerst i Ranfjorden (Figur 1). Fellene hadde en indre diameter på 10 cm og en høyde på 100 cm. Fellene ble plassert i to vanddyp på hver stasjon, 20 og 60 m på stasjon 1 og 20 og 166 m på stasjon 2. Frossen, konsentrert formalin ble tilsatt fellene før utsetting. Denne tilsetningsmetoden sikrer at formalinet ikke vaskes ut under utsetting av fellene. Fellene stod i sjøen over tre perioder (Tabell 1).

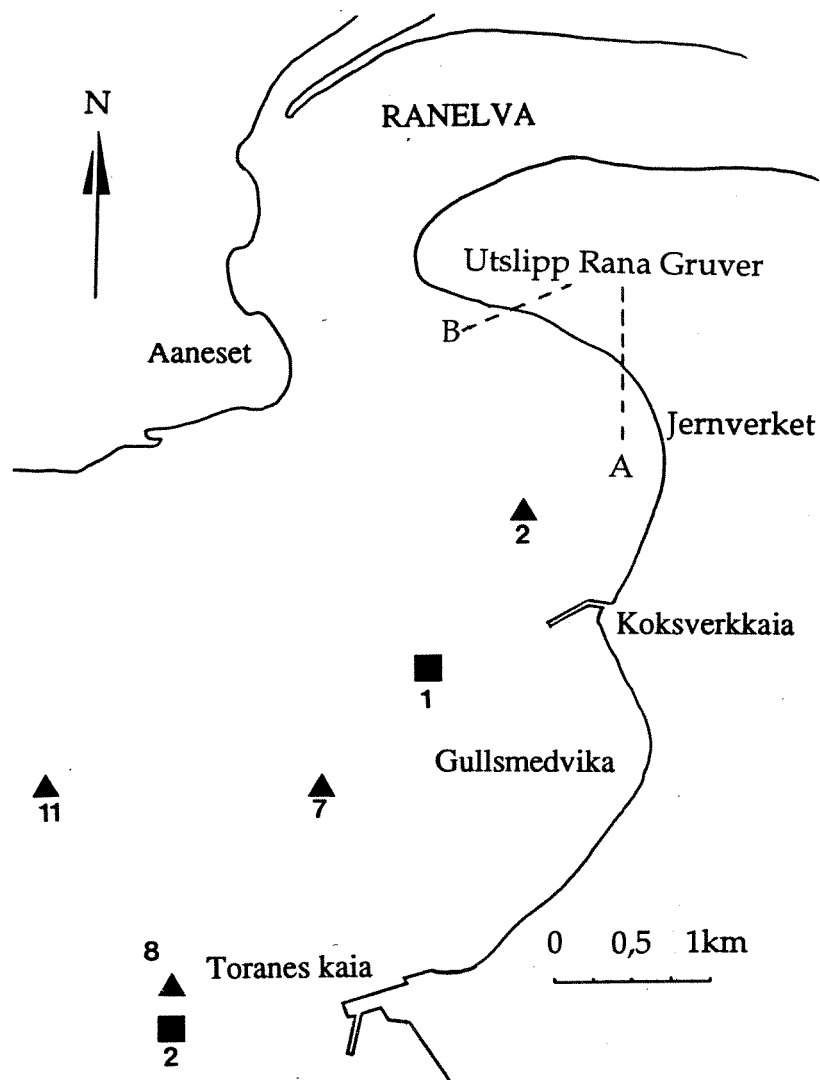
Tabell 1. Datoer for utsetting og innhenting av sedimentfeller i Ranfjorden 1992-1993.

Periode	Dato utsetting	Dato innhenting
1	10.11.92	24. 11.92
2	24.11.92	11.02.93
3	11.02.93	22.04.93

3.1.3. Bunnsedimenter og bløtbunnsfauna

Innsamling av sediment og bunndyr ble gjort 9.-16. november 1992. Dette feltarbeidet ble opprinnelig planlagt for 1993, men pga. av omlegging av utslipp fra Rana Gruber i desember 1992 ønsket SFT at toktet skulle gjennomføres før dette tidspunktet.

For undersøkelser av sediment ble det innsamlet kjerneprøver på følgende 13 stasjoner: 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 17, 19, 24 og 26 (Figur 2). Stasjonene hadde samme nummerering og posisjon som i 1989. Det ble tatt fire kjerner (diameter 5 cm) på hver stasjon. De øverste 0-2cm ble tatt vare på for analyse, to og to paralleller ble slått sammen før analyse. Unntak fra dette var stasjon 6 (to kjerner) og stasjon 8 (kun én kerne). Stasjon 7 var det umulig å få prøver fra. Ved tre av stasjonene (5, 11 og 24) ble det tatt dype kjerner for eventuell datering og undersøkelse av miljøgiftprofil i sedimentet.



Figur 1. Stasjoner for hydrografi/transmisjon (▲) og sedimentfellerigger (■) i Ranfjorden 1992 / 1993.

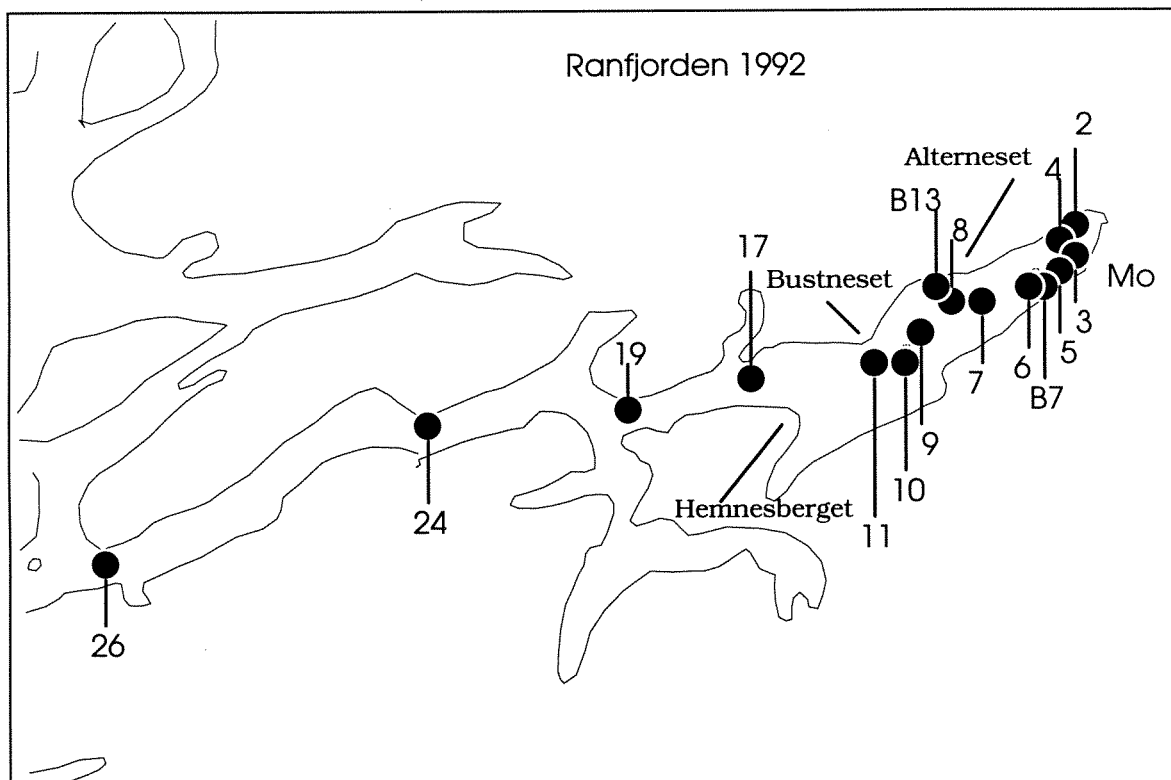
På stasjon 5 og 24 ble det tatt fem kjerner, tre av kjernene ble snittet i hele kjernelengden. På stasjon 11 ble to av fire kjerner snittet i hele kjernelengden.

Bunndyr- og sedimentundersøkelsen ble utført som felles tokt. Bunndyr ble innsamlet på de nevnte 13 sedimentstasjonene samt tre stasjoner til (7, B7 og B13, Figur 1). Det var også planlagt å samle inn prøver fra to stasjoner i Sørfjorden (sidefjord til Ranfjorden). På grunn av tidsnød måtte stasjonene i Sørfjorden sløyfes.

På hver stasjon ble det tatt 4 parallelle prøver med en 0.1 m² Day-grabb. Faunaprøvene ble silt gjennom 1.0 mm siler. Fra hver grabbprøve ble det tatt ut sediment (0-2cm) for analyse av andel silt - leire og innhold av organisk karbon. Prøvene ble deretter vasket gjennom 1 mm sikter og det

gjenværende materiale fiksert i 4% nøytralisert formalin og senere overført til 70% etanol.

Posisjoner og dyp på stasjonene er gitt i Tabell I-II i Vedlegg.



Figur 2. Stasjoner for innsamling av bunnsedimenter i Ranfjorden, november 1992.

3.2. Analyser og databehandling

3.2.1. Transmisjon og hydrografiske målinger

Se punkt 3.1.1 i kapitlet "Stasjonsvalg og feltarbeid".

3.2.2. Sedimenterende materiale

Total mengde (vekt) sedimentert materiale i fellene ble målt. Målsettingen var å analysere felle materialet for de samme parameterene som bunnsedimentene for å få et direkte tall for fluksen av miljøgifter til sedimentene. Fellene viste at sedimentasjonen var svært høy, og at det sedimenterende materialet i hovedsak bestod av glimmer og kvarts dvs. avgangsmasser fra Rana Gruber A/S. Det ble derfor vurdert å ha liten verdi å analysere dette materialet for miljøgifter. Man kunne like godt analysere avgangen for de ønskede stoffer.

3.2.3. Bunnsedimenter

Overflatesedimentene fra to og to parallelle kjerner (0 - 2 cm) på alle stasjoner ble analysert for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), lithium (Li), jern (Fe), sink, (Zn), kobber (Cu), bly (Pb) og kadmium (Cd). På tre stasjoner (st. 5, 11 og 24 ble kjerner på henholdsvis 40, 18 og 22 cm analysert for de samme parameterene. Prøver ble tatt for hver andre cm nedover i sedimentet. Innholdet av PAH ble imidlertid kun analysert i bunnprøven av de tre kjernene. Overflatesedimentene på stasjon 5, 11 og 24 ble i tillegg analysert for fluorid (F), arsen (As), kobolt (Co), krom (Cr), mangan (Mn) og kvikksølv (Hg).

Innholdet av PAH ble bestemt ved gasskromatografi - GC/MDS (Hewlett - Pacard 5890 Serie II m/HP autoinjektor 7673, tilkoblet en HP 3365 (Chemstation).

Innholdet av Fe, Zn, Li, Pb, Cu, Cd, Co, Mn, Cr ble bestemt ved atomabsorbsjonspektrometri etter totaloppløsning med fluss-syre / kongevann (Loring og Rantala, 1991).

Innholdet av Hg ble bestemt ved kalddamp atomabsorbsjons-pektrometri etter oppløsning med 1:1 salpetersyre (Norsk standard 4768).

Innholdet av As ble bestemt ved ICP etter oppløsning i konsentrert salpetersyre og vann i forholdet 1:10.

Innholdet av fluorid (total) ble bestemt ved en fluoridselektiv elektrode etter tilsats av natriumhydroksyd til på forhånd glødet sediment.

Sedimentanalyser av grabbprøvene ble utført for å kunne benyttes som støtteparametre ved tolkningen av faunaresultatene. En annen hensikt med disse analysene var å kunne beskrive eventuelle unormale forhold i sedimentet som følge av utslippene av gruveavgang. Kornfordeling (som %<63 µm) og konsentrasjon av organisk karbon og nitrogen i "bulk" (ikke siktet) prøve ble bestemt. Sedimentfraksjonen <63µm ble bestemt ved våtsikting. Organisk karbon og nitrogen ble analysert med CHN-elementanalysator etter at uorganiske karbonater var fjernet med saltsyre. Konsentrasjonen av organisk materiale i sediment ble bestemt ved glødetapsanalyse (2 timer ved 550 °C).

Alle analyser ble utført på frysetørket materiale ved NIVAs laboratorium med unntak av arsen som er utført ved Norsk analysesenter (NAC).

To sedimentkjerner (stasjon 5 og 24) ble aldersdatert ved bly-210 ved Vandkvalitetsinstituttet, Hørsholm (vedlegg).

3.2.4. Bløtbunnsfauna

Faunaen ble analysert i to av grabbprøvene fra hver stasjon. Dyrene sorteres ut, artsbestemmes og telles. Det bestemmes parametre som individtetthet for hver art, artsmangfold m.m. for hver enkelt grabb og for stasjonen samlet. Det foretas en analyse av graden av likhet i faunaen mellom de enkelte stasjonene.

Artsmangfold er beregnet ved indeksen H (Shannon og Weaver 1963) og ved forventet antall arter pr. 100 individer (ES_{100}) (Hurlbert 1971).

Likhetsanalysene er utført ved å beregne likhetsindeks (Bray-Curtis indeks; Clifford & Stephenson 1975) for alle par av stasjoner. Deretter er stasjonene gruppert ved clusteranalyse for å få fram grupper med høy indre likhet. Resultatene er presentert i dendrogram. Gruppering etter likhet er også foretatt ved "multidimensional scaling" (MDS-analyse), som presenterer resultatene i ordinasjonsplott. For å unngå at for mye vekt legges på arter med høye individtall, ble det regnet om til fjerde rot av de opprinnelige individtallene før likhetsindeksen ble beregnet. Framgangsmåten ved likhetsanalysene følger anbefalinger gitt av Clarke (1991).

3.3. Klassifikasjon av forurensningsgrad

3.3.1. Miljøgifter i sediment

De analyserte miljøgifter blir i det følgende klassifisert etter konsentrasjon slik Tabell 2 viser. Klasseinndelingen er etter Rygg og Thélin, 1993. Parametere som ikke omfattes av Rygg og Thélin, 1993 (merket *) er omtalt i Knutzen og Skei, 1990. Metallverdiene i klassifiseringen er basert på total opplutning av ikke-fraksjonert finkornete sedimenter. Unntatt er kvikksølv som er basert på salpetersyreopplutning. PAH-verdiene er total PAH.

Tabell 2. Klassifikasjon av forurensningsgrad, alle verdier er i mg/kg = ppm, tørrvekt (etter Rygg og Thélin, 1993 og * Knutzen og Skei, 1990).

Stoff	Grad 1 Lite forurenset	Grad 2 Moderat forurenset	Grad 3 Markert forurenset	Grad 4 Sterkt forurenset
Kvikksølv	<0.15	0.15-0.6	0.6-3	>3
Kadmium	<0.25	0.25-1	1-5	>5
Bly	<30	30-120	120-600	>600
Kobber	<35	35-150	150-700	>700
Krom	<70	70-300	300-1500	>1500
Kobolt*	<35	35-150	150-700	>700
Arsen	<20	20-80	80-400	>400
Jern*	<40000	40000-170000	170000-800000	>800000
Sink	<150	150-600	600-3000	>3000
Fluorid	<800	800-3000	3000-15000	>15000
PAH	<0.3	0.3-2	2-6	>6

3.3.2. Artsmangfold hos bløtbunnsfauna

Bløtbunnsfaunaen kan klassifiseres etter artsmangfold slik Tabell 3 viser. Klasseinndelingen er etter Rygg og Thélin, 1993.

Tabell 3. Klassifikasjon av forurensningsgrad, basert på verdier for artsmangfold hos bløtbunnsfauna.

Indeks	Grad 1 Lite forurenset	Grad 2 Moderat forurenset	Grad 3 Markert forurenset	Grad 4 Sterkt forurenset
Artsmangfold H	>3.0	3.0-2.3	2.3-1.9	<1.9
Artsmangfold ES ₁₀₀	>19	19-15	15-12	<12

4. Resultater og diskusjon

4.1. Transmisjonsmålinger

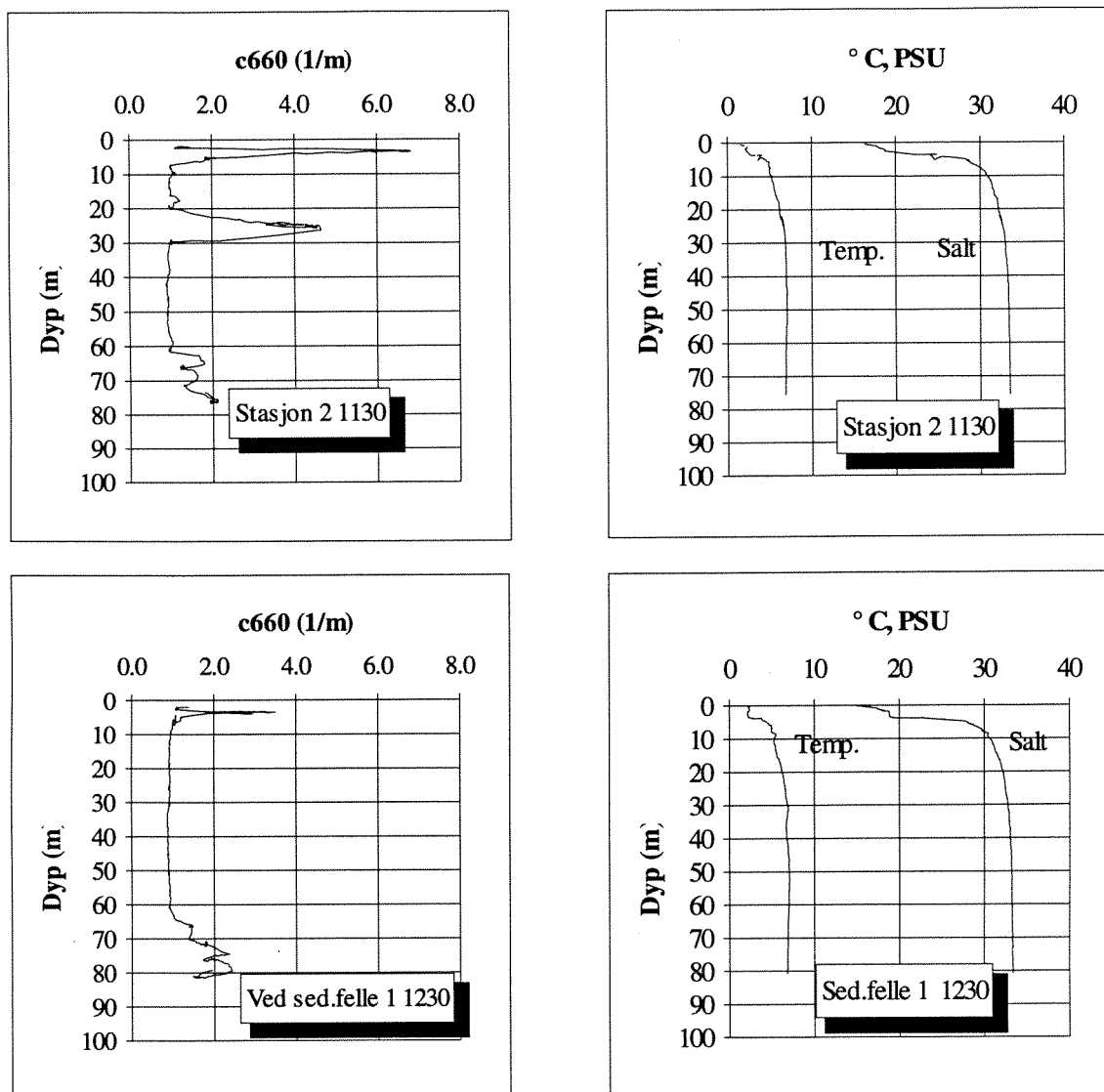
Målinger av transmisjon og hydrografi ble foretatt den 12. februar 1993 på 5 stasjoner (Tabell 4). De to innerste stasjonene (St. 2 og ved sedimentfelle 1) hadde begge forhøyede partikkelmengder fra 60-65 meter til bunnen (Figur 3). Hvordan dette var på de øvrige stasjonene er ikke kjent, da transmisjonen ikke ble målt til bunnen.

Stasjon 2 hadde de høyeste konsentrasjoner i 4 meters dyp med en svekningskoeffisient på 6-7 m^{-1} og turbiditet på ca. 9 FTU (Tabell 4). Her fant man dessuten innlagrede partikler på 25 meter, med turbiditet på ca. 5 FTU. Dette er mest sannsynlig partikler fra finfraksjonen som er innlagret i dette dypet. Den samme dypinnlagringen fant man også på stasjon 11 lengst ute i fjorden (Figur 4), og det kan tyde på at det er en transport av partikler på tvers av bukta under elvevannet. Det er også tidligere observert partikler på 20 m på vestsiden av elveutløpet. På de andre stasjonene fant man ikke partikler på dette dypet. For å avdekke sirkulasjonsforholdene bedre, bør det gjennomføres strømmålinger.

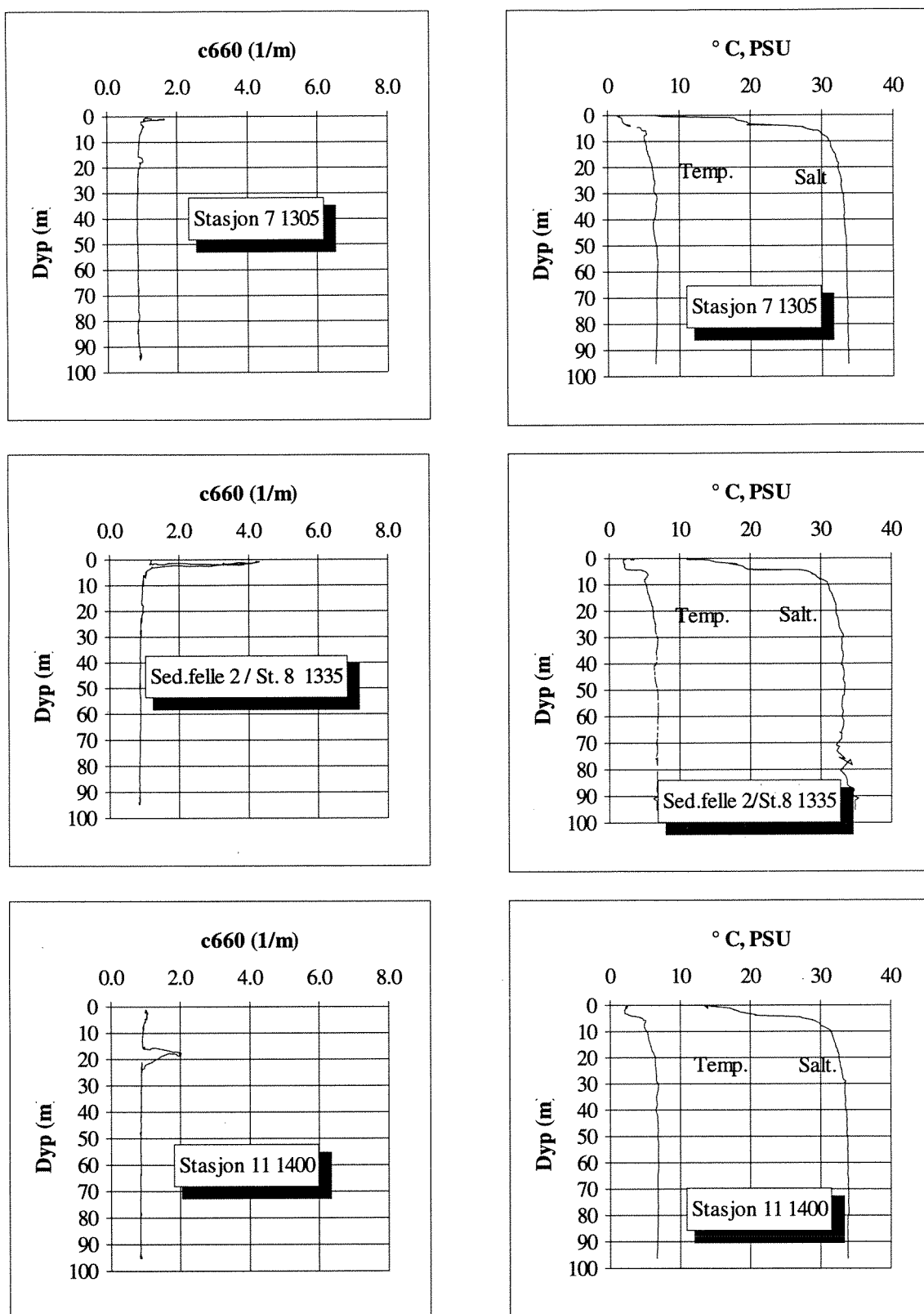
Ferskvannstilførselen gjør at det ligger et lokk med brakkvann over det saltere og tyngre sjøvannet. Partiklene i 2-4 m dyp ligger i spranlaget i en saltholdighet på rundt 20 PSU. Dette kan være partikler som stammer fra elva eller fra grovutslippet. Dette fant man på alle stasjonene bortsett fra stasjon 11 lengst vest. Det er ikke foretatt analyse av partiklene for å karakterisere sammensetning og opprinnelse.

Tabell 4. Stasjoner for målinger av transmisjon og hydrografi, samt observasjoner av siktedyp og turbiditet i Ranfjorden den 12. februar 1993.

Stasjon/Lokalitet	Kl	Pos N	Pos Ø	Bunndyp (m)	Sikt (m)	Måledyp (m)	Turb (FTU)
Stasjon 2	1130	66° 19.70'	14° 08.21'	54	4	0	
						4	9.4
						12	0.74
						25	4.8
Ved sedimentfelle 1	1230	66° 19.46'	14° 07.82'	ca. 70		0	
						4	2.8
Stasjon 7	1305	66° 19.32'	14° 07.11'	108		0	
						4	1
Mellom sedimentfelle 2 og st. 8	1335	66° 18.99'	14° 07.08'	ca. 175		0	
Stasjon 11	1400	66° 19.33'	14° 06.45'	179	5	0	
						20	1.1



Figur 3. Transmisjon (c660), temperatur og saltholdighet på stasjon 2 og ved sedimentfelle 1 den 12. februar 1993.



Figur 4. Transmisjon (c660), temperatur og saltholdighet på stasjon 7, ved sedimentfelle 1/St. 8 og ved stasjon 11 den 12. februar 1993.

4.2. Sedimenterende materiale

Det ble satt ut sedimentfeller på to stasjoner innerst i fjorden (Figur 1). Fellene sto ute i tre perioder (jfr. Tabell 1). Generelt fanget fellene på stasjon 1 mer materiale enn på stasjon 2, og fellene nærmest bunnen (henholdsvis 60 og 166 m) samlet mer enn fellene på 20 m. I starten av andre periode som fellene stod ute økte Rana Gruver sitt utslipp av gruveavgang. Grove anslag tyder på at utslippet av grovavgang ble doblet i forhold til første periode mens utslippet av finavgang var tilnærmet uendret. Anslagene er basert på opplysninger fra gruve. Tallene som er blitt oppgitt dekker imidlertid ikke periodene fullstendig. Det er derfor antatt at tallene for den oppgitte perioden (16.11.92 - 8.1.93) er representative for resten av perioden, dvs. fram til 22.4.93. Fellene reflekterer klart økningen av utslippet som fant sted over periodene (Tabell 5).

Tabell 5. Mengde sedimenterende materiale samlet opp av sedimentfeller på to stasjoner i Ranfjorden over tre perioder fra 10.11.1992 til 22.4.1993.

Stasjon (felledyp)	10.11.92-24.11.92 kg/m ² /år	24.11.92-11.2.93 kg/m ² /år	11.2.93-22.4.93 kg/m ² /år
1 (20 m)	4.5	18.1	4.5
1 (60 m)	64.3	**	152.2
2 (20 m)	*	8.3	1.9
2 (166 m)	5.9	13.7	2.5

* Uhell under innhenting /mistet materialet

** Fellen var blitt for full

Utslippene av gruveavgang fra Rana Gruber A/S foregår fra to punkter (Figur 1) nord for stasjon 1. Utslipet av grovfraksjonen skjer fra det nordligste punktet, og finfraksjon fra punktet lengre sør. Etter opplysninger fra Rana Gruber består grovfraksjonen hovedsaklig (mer enn 90%) av partikler med kornstørrelse > 63µm, mens 60 % av finfraksjonen har kornstørrelse <63µm.

Fellene viste at sedimentasjonen var svært høy, og at det sedimenterende materialet i hovedsak bestod av avgangsmasser. For å belyse størrelsen på sedimentasjonen i området kan eksempler hentes fra Hvaler estuariet som har en naturlig høy sedimentasjon pga. Glommas transport av partikulært materiale. I 1990 ble det målt en fluks av partikulært materiale i Løperen på 3 kg / m² / år, dette tilsvarte en sedimenttilvekst på 1 cm / år (Hektoen *et al.* 1992). Disse tallene indikerer en sedimenttilvekst innerst i Ranfjorden på 50 cm / år. Dette er helt grove anslag og er nødvendigvis ikke helt riktig fordi det forutsetter samme vanninnhold og innhold av organisk materiale i det sedimenterende materialet fra Ranfjorden og Glomma. Materialet fra Ranfjorden har mest sannsynlig større egenvekt pga. det store innholdet av avgang . Likevil gir det en viss pekepinn om størrelsen på sedimentasjonen i Ranfjorden.

For senere undersøkelser av sedimentene i Ranfjorden er det viktig å få en god oversikt over utslippene av gruveavgang og hvordan sedimentasjonen av dette foregår. Det er viktig å vite hvor store mengder avgang som går ut i fjorden, sammensetning, kornfordeling, hvor store mengder som blir liggende igjen i indre deler av fjorden, hvor mye som transporteres videre og hvor langt

ut transporten går.

4.3. Bunnsedimenter

Sedimentundersøkelser er tidligere utført i 1976 (Kirkerud et al. 1977) og 1989 (Green et al. 1993).

4.3.1. Visuell beskrivelse

I 1992 ble det gjort visuelle observasjoner av sedimentet i corer- og grabbprøvene og av sikteresten etter at grabbprøvene var vasket gjennom siler med 1.0 mm hull. En sammenfattende beskrivelse er gitt i Tabell 6. Mer utfyllende beskrivelser er gitt i Tabell I-II i Vedlegg.

Alle sedimentprøver fra grabb ble gitt en visuell bedømmelse ved hjelp av binokularlupe mhp. gruveavgang. Resultatene er gitt i Tabell 7. Alle stasjonene i indre del av Ranfjorden (Nordrana, stasjon 2-11, B7 og B13), bortsett fra stasjon 10, var tydelig preget av gruveavgang i form av uvanlig høyt innhold av kvarts- og glimmerkorn i sedimentet. Det er fraksjonen mindre enn 0.2 mm, og særlig mindre enn 0.1 mm, som påvirker fjorden i større avstand fra utslippsområdet (Tabell 7). Grovfraksjonen må antas å påvirke bunnen massivt, men i et begrenset areal i nærområdet. Det var lokale variasjoner mhp. innhold av gruveavgang. Eksempelvis var det mindre akkumulasjon av gruveavgang på stasjon 10 enn på nabostasjonene 9 og 11. Stasjon 9 og 11 ligger over 100 m dypere enn stasjon 10 og hadde et høyere innslag av gruveavgang. Dette tyder på at avgangen sprer seg langs bunnen til dyppartiene i Nordrana.

Tabell 6. Sammenfattende visuell beskrivelse av sedimentet fra corer- og grabbprøvene.

Stasjon Dyp (m)	Sedimentbeskrivelse
2 Dyp: 98	Mye terrestrisk plantemateriale. Homogen siltig leire. Stort innslag av grovkornet, glimmerrik avgang.
3 Dyp: 229	Mye terrestrisk plantemateriale, noe lettere og lysere i fargen enn på stasjon 2. Homogen siltig leire. Stort innslag av middels grovkornet, glimmerrik avgang.
4 Dyp: 215	Noe terrestrisk plantemateriale, børstemarkrør, muslingskall og grus. Sedimentet mer leirig enn på stasjon 2 og 3. Markert innslag av finkornet avgang.
5 Dyp: 316	Lite terrestrisk plantemateriale, noe børstemarkrør, mye tomme muslingskall. Siltig leire. Markert innslag av finkornet avgang.
B7 Dyp: 325	En del terrestrisk plantemateriale, mye små glimmerflak og litt grus, noe slagg. Siltig leire. Markert innslag av finkornet avgang.
6 Dyp: 363	Mye terrestrisk plantemateriale (svart, mest mose). Sediment med rødbrun overflate. Siltig leire, sand, grus og stein. Stort innslag av middels grovkornet avgang.
7 Dyp: 423	En god del terrestrisk plantemateriale, lett, brunfarget. Sandig silt. Stort innslag av middels grovkornet avgang.
8 Dyp: 458	Mye terrestrisk plantemateriale av forskjellig art, svartfarget. Stort innslag av finkornet avgang.
B13 Dyp: 454	Lite terrestrisk plantemateriale (noe mose), noe tang- og tarerester, litt kvarts/glimmer. Siltig leire med brun overflate. Markert innslag av finkornet avgang.
9 Dyp: 487	Mye terrestrisk plantemateriale, mose, kvist og trebiter, svartfarget. Siltig leire med brun overflate. Stort innslag av finkornet avgang.
10 Dyp: 373	Lite terrestrisk plantemateriale, noe tang- og tarerester, en god del grus og tomme muslingskall, en del børstemarkrør (<i>Spiochaetopterus?</i>). Leire med brun overflate. Moderat innslag av meget finkornet avgang.
11 Dyp: 515	Litt terrestrisk plantemateriale, litt tang- og tarerester, en del leirrør av børstemark. Leire med rødbrun overflate. Stort innslag av finkornet avgang.
17 Dyp: 530	Lite terrestrisk plantemateriale, en del skall, tang- og tarerester, børstemarkrør (mest <i>Spiochaetopterus?</i>). Leire med brun overflate. Lite innslag av meget finkornet avgang (?).
19 Dyp: 319	En god del treflis, en del skall og grus, tang- og tarerester. Leire med brungrønn overflate. Lite innslag av meget finkornet avgang (?).
24 Dyp: 301	Mye skall, litt småstein, grus og slagg, litt terrestrisk plantemateriale (grovt) og tang- og tarerester, noe leirrør. Leire med olivengrønn overflate. Lite innslag av meget finkornet avgang (?).
26 Dyp: 458	En del skall, grove leirrør og tang- og tarerester, rør av <i>Spiochaetopterus?</i> Leire med olivengrønn overflate. Lite innslag av meget finkornet avgang (?).

Tabell 7. Visuell beskrivelse (vha. binokularlupe) av usiktet, tørket sediment fra grabbprøvene.

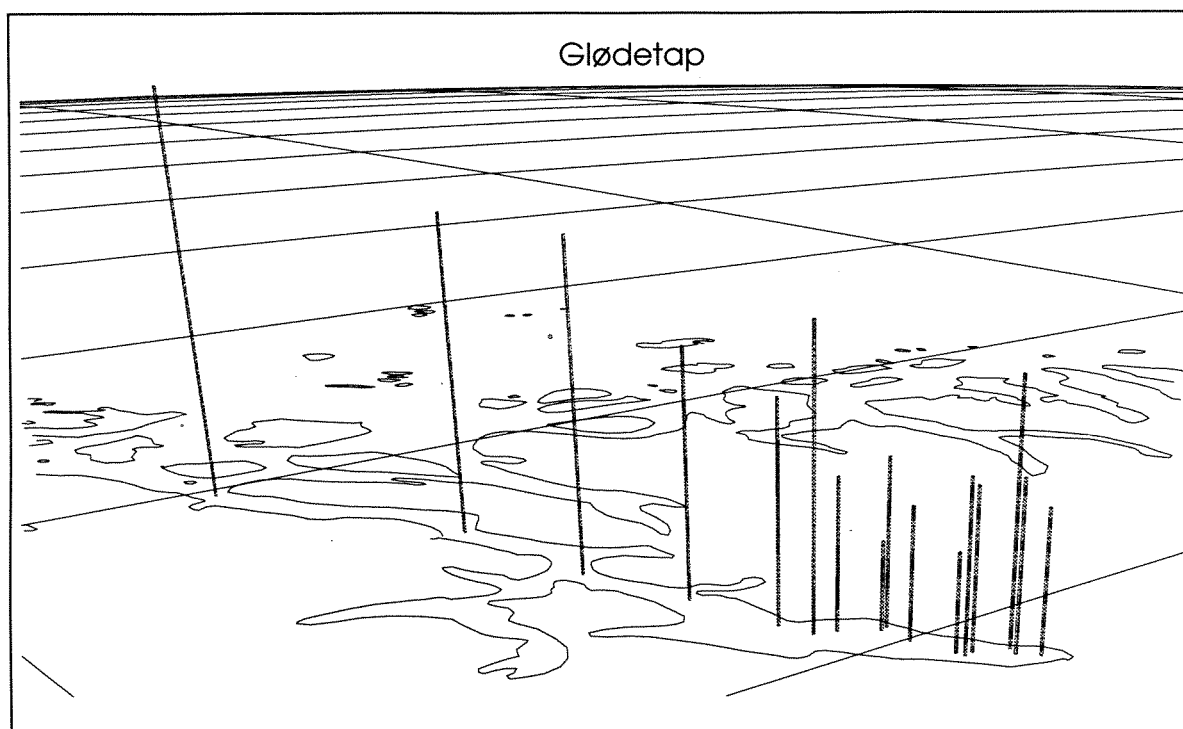
Stasjon	Korn av kvarts/glimmer (relativ mengde) * = liten mengde ** = moderat mengde *** = markert mengde **** = stor mengde	Kvarts/glimmerkornenes størrelse (mm)
2	****	< 0.5 ¹
3	****	< 0.2
4	***	< 0.1
5	***	< 0.1
B7	***	< 0.1
6	****	< 0.2
7	****	< 0.2
8	****	< 0.1
B13	***	< 0.05
9	****	< 0.1
10	**	< 0.02
11	****	< 0.05
17	*	< 0.02
19	*	< 0.02
24	*	< 0.02
26	*	< 0.02

4.3.2. Organisk materiale

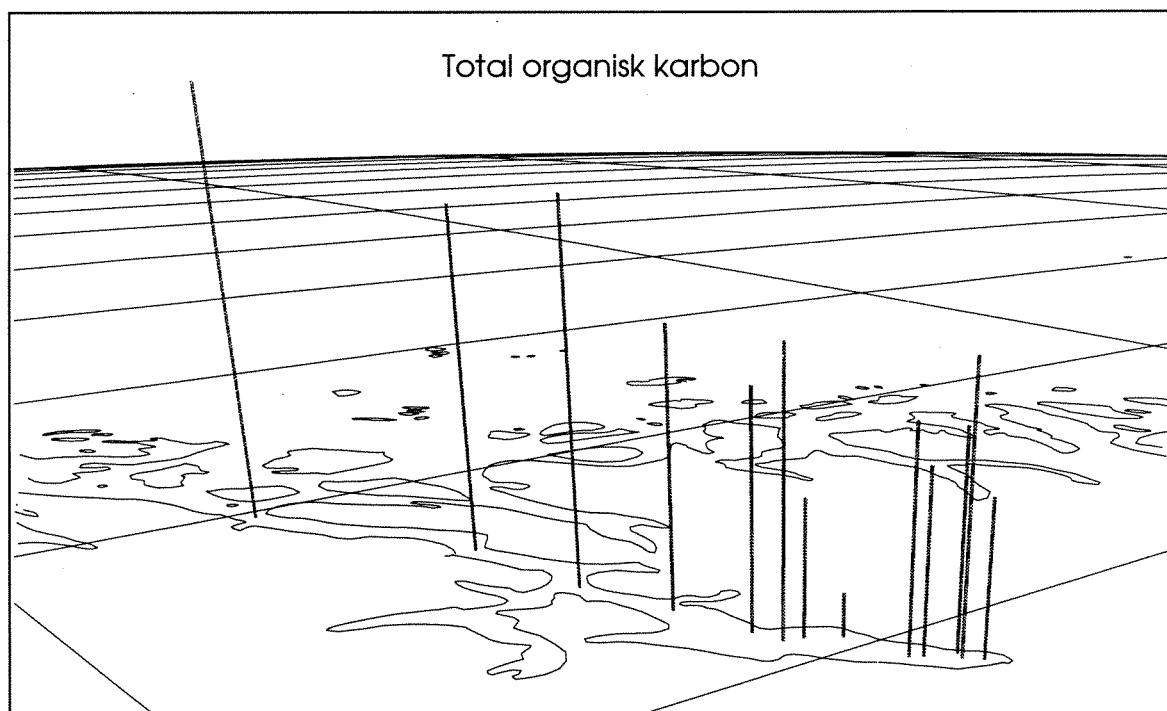
Innholdet av organisk materiale var lavt i avgangsmassene. Dette gjenspeiles i lave konsentrasjoner i sedimentene som varierte mellom 1.6 og 8 % glødetap og 0.1 og 1.4 % organisk karbon (Tabell 8). Normalt inneholder marine sedimenter mellom 3 og 15 % glødetap og mellom 1 og 4 % organisk karbon. Sedimentene i Ranfjorden viste et økende innhold av glødetap og organisk karbon fra innerst til ytterst i fjorden (Figur 5-6).

I naturlige sedimenter er det nær sammenheng mellom innholdet av finstoff og konsentrasjonen av organisk materiale. I Figur 7-8 er glødetap hhv. organisk karbon plottet mot % finstoff (<63 μ), med data fra kysten av Sør-Norge som referanse. Det organiske innholdet i Ranfjordprøvene lå betydelig lavere, spesielt i prøvene fra indre fjord, også om det tas hensyn til % finstoff. Sammenligning av en annen fjord, Surnadalsfjorden i Vest-Norge, med dataene fra Sør-Norge viste ingen slik forskjell (Figur 9). De lave verdiene fra Ranfjorden skyldes derfor neppe en allmen fjordeffekt. Prøver fra referansefjorden (Sørfjorden) kunne ha bekreftet dette. Glødetapsverdiene var 5-6 ganger høyere enn TOC-verdiene (Figur 10). Lignende forholdstall ble funnet i prøvene fra Sør-Norge (NIVA, upublisert).

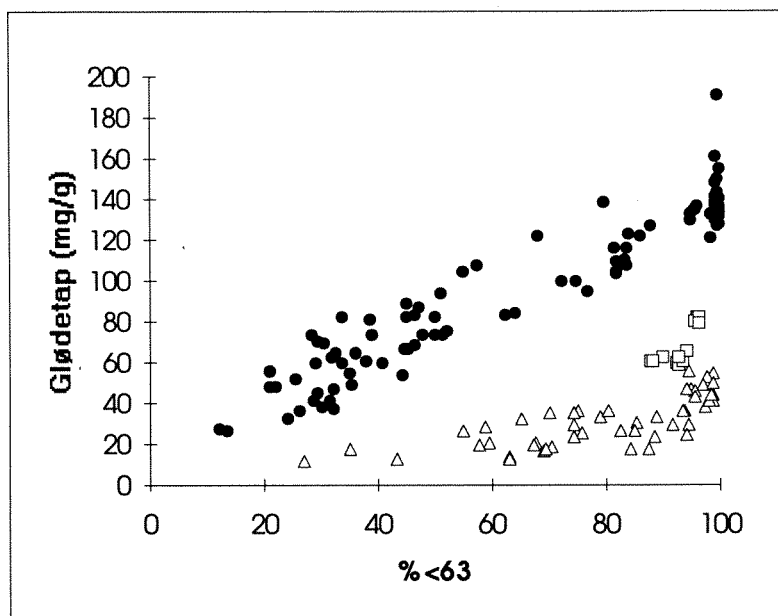
¹ I to av grabbprøvene fra stasjon 2 (b og c) var det mindre grove kvarts/glimmerkorn og mer organisk materiale (se Vedleggstabell III).



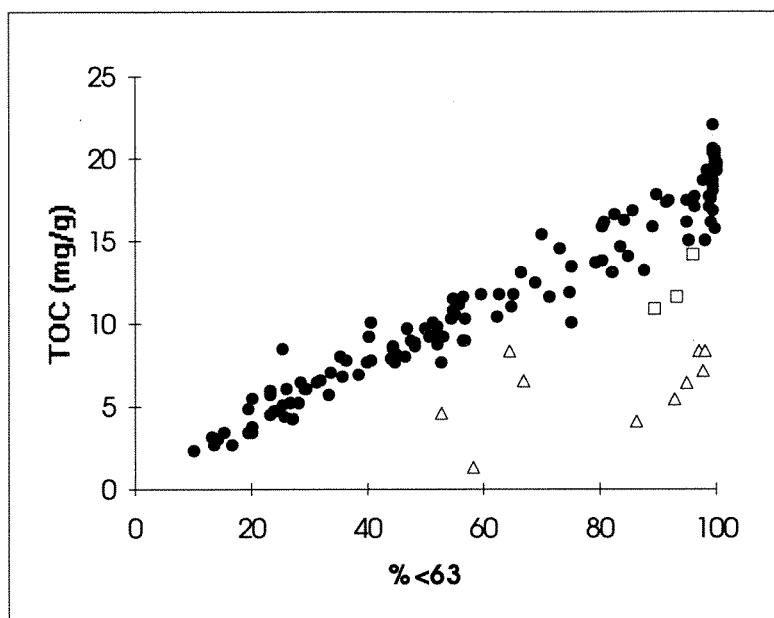
Figur 5. Sammenligning av mengden organisk materiale (målt som glødetap) i sedimentet på stasjonene i Ranfjorden. Høyden på søylene angir relativ mengde i forhold til ytterste stasjon.



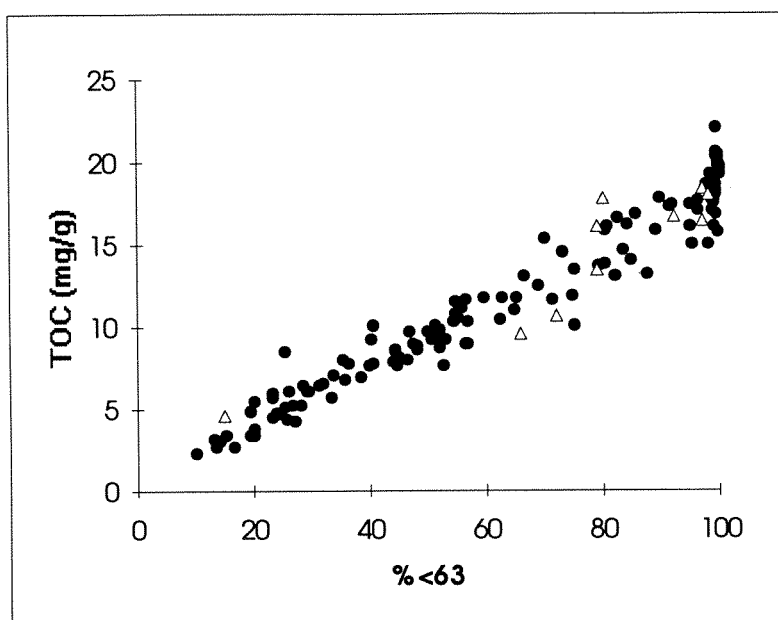
Figur 6. Sammenligning av mengden organisk materiale (målt som TOC) i sedimentet på stasjonene i Ranfjorden. Høyden på søylene angir relativ mengde i forhold til ytterste stasjon.



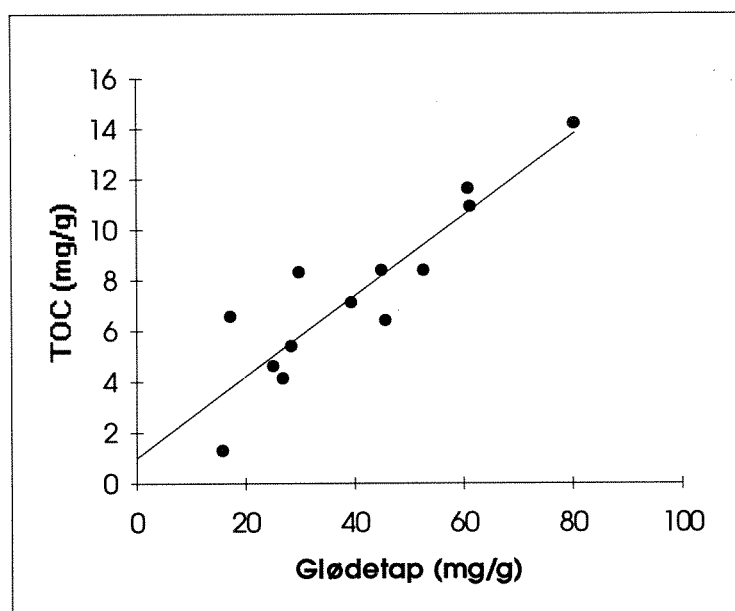
Figur 7. Plott av glødetap mot sedimentets finhet. Svarte rundinger: Utaskjærs stasjoner (107 grabbprøver) i 100-460 m dyp langs kysten av Sør-Norge i 1992-1993 (NIVA, upublisert). Hvide firkanter: Ranfjordstasjoner 19, 24 og 26. Hvide trekkanter: Øvrige Ranfjordprøver.



Figur 8. Plott av total organisk karbon mot sedimentets finhet. Svarte rundinger: Utaskjærs stasjoner (128 grabbprøver) i 100-460 m dyp langs kysten av Sør-Norge i 1990-1991 (Aure & al. 1993). Hvide firkanter: Ranfjordstasjoner 19, 24 og 26. Hvide trekkanter: Øvrige Ranfjordprøver.



Figur 9. Plott av total organisk karbon mot sedimentets finhet. Svarte rundinger: Utaskjærs stasjoner (128 grabbprøver) i 100-460 m dyp i 1990-1991 (Aure & al. 1993). Hvite trekanter: Surnadalsfjorden 1991 (Rygg 1992).



Figur 10. Plott av total organisk karbon mot glødetap på stasjonene i Ranfjorden.

4.3.3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Innholdet av PAH i overflatesedimentene (0-2 cm) i Ranfjorden i 1992 var slik Figur 11 viser. De høyeste konsentrasjonene ble registrert utenfor Mo og på stasjonene fra Bustneset til Hemnesberget. De laveste verdiene ble registrert utenfor utløpet av Ranaelva, sør for Alterneset og ytterst i fjorden sør for Nesna. Sedimentasjonsmønsteret var forandret siden de forrige undersøkelsene i 1989 (Green *et al.* 1993). Det ble da registrert klart avtagende konsentrasjoner fra innerst til ytterst i fjorden. I 1989 ble det ikke analysert for PAH på like mange stasjoner som i 1992.

Den største endringen i forurensningsbelastningen fra 1989 til 1992 ble registrert i indre deler av fjorden, dvs. nord for Alterneset. I 1989 var det problemer med prøvetakingen i området sør for Alterneset. Det er derfor begrenset med sammenlignbare data i dette området.

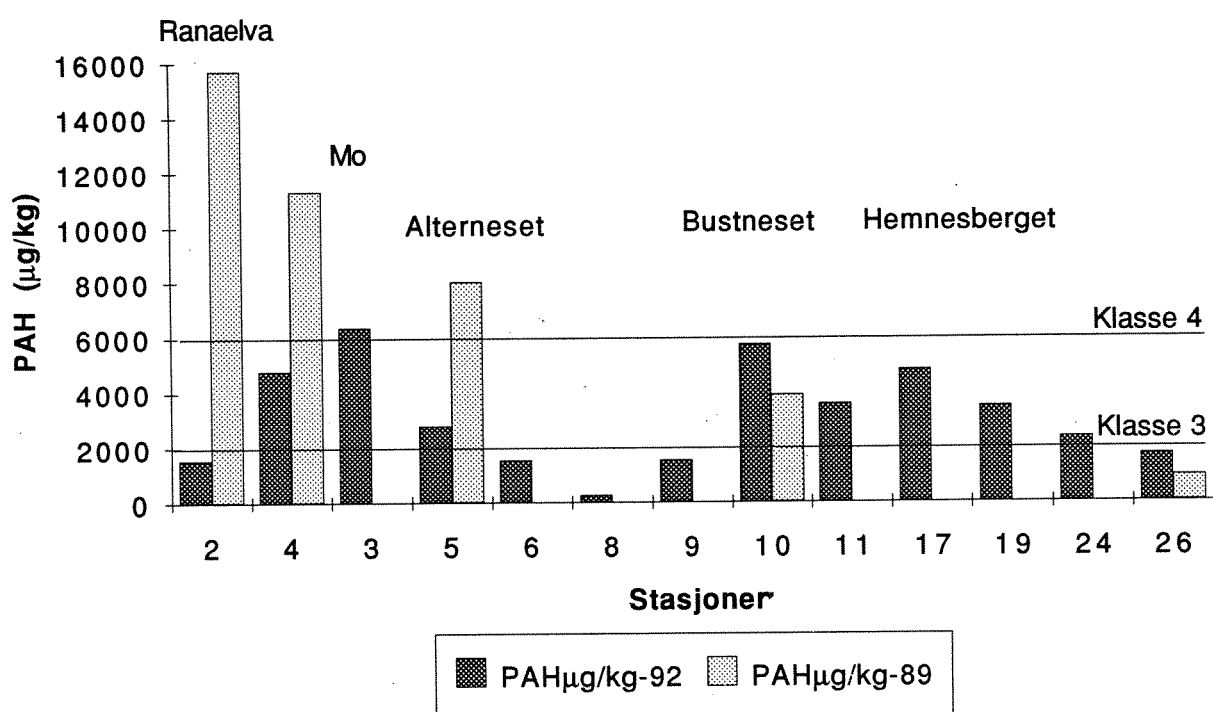
Største delen av fjorden kunne i 1992 klassifiseres som markert forurenset av PAH (forurensningsgrad 3, jfr. Rygg og Thélín, 1993). Bare ett område nærmest Mo kunne klassifiseres som sterkt forurenset av PAH (grad 4). Området ved utløpet av Ranaelva og sør for Alterneset samt ytterst i fjorden sør for Nesna var moderat forurenset av PAH. I 1989 var hele indre fjord innenfor Alterneset sterkt forurenset, mens fjorden utenfor Bustneset var som i 1992, dvs. markert forurenset.

Andelen av potensielt kreftfremkallende PAH (% KPAH jfr. Tabell VI i Vedlegg) var tilnærmet lik i hele fjorden, og lå i overkant av 40 %. Tilsvarende verdier ble observert i 1989. En så stor andel av KPAH er typisk for fjordsedimenter påvirket av smelteverksindustri (Næs og Rygg, 1990. Helland, 1993). Tilsvarende registreringer med stor andel av KPAH i sedimentene er gjort i f.eks. Årdalsfjorden og i Tromøysund (Næs og Rygg, 1990 og Helland, 1993).

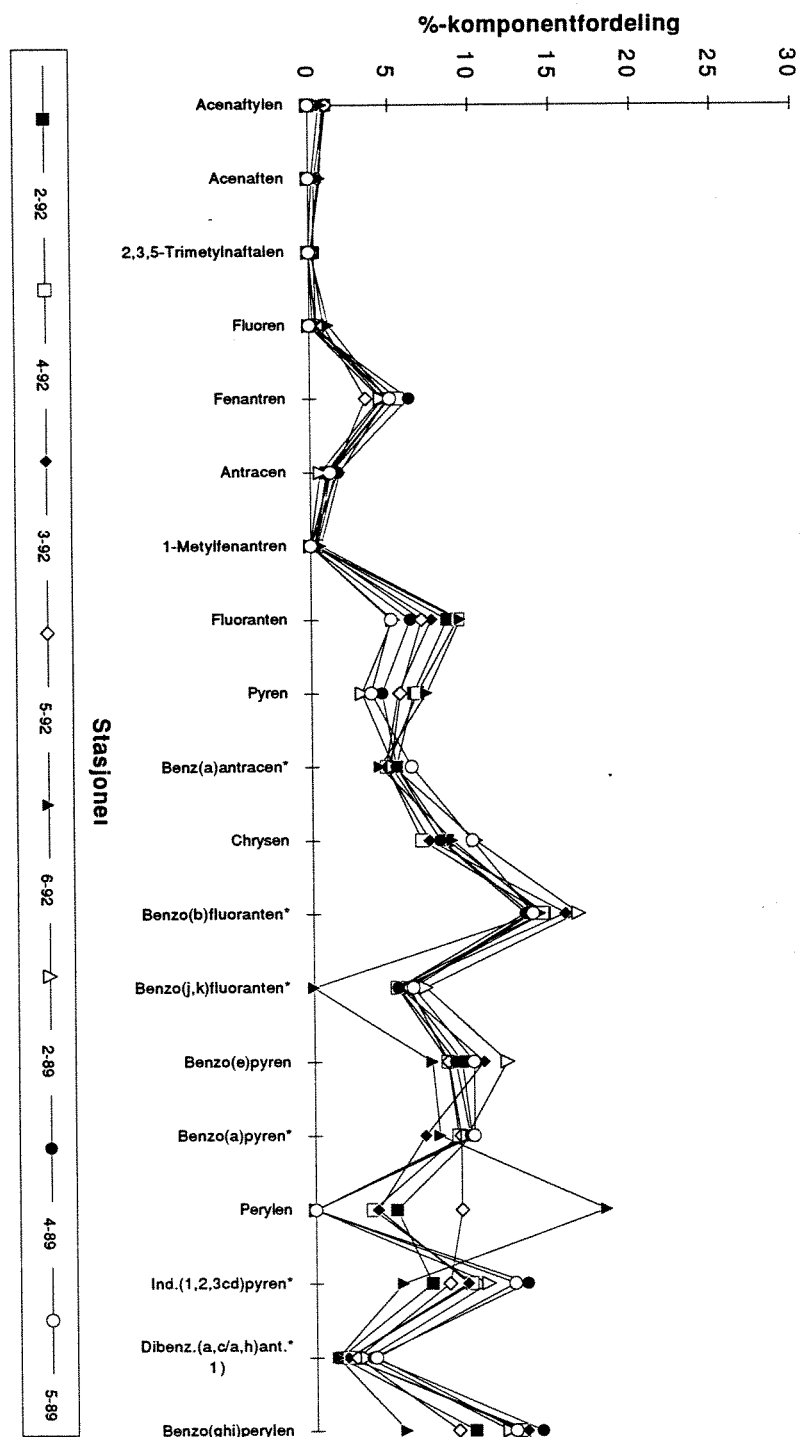
I og med nedlegging av virksomheten ved Jernverket og Koksverket i 1989 var det som forventet at bunnsedimentene viste lavere konsentrasjoner i 1992. Økte utslipp av avgang fra RanaGruver A/S vil imidlertid ha samme virkning på miljøgiftkonsentrasjonen i sedimentene. Det er derfor vanskelig å skille virkningen av reduserte utslipp fra fortynningsvirkningen av gruveavgang.

På grunnlag av den reduserte konsentrasjonen var det av interesse å undersøke om sammensetningen av PAH var den samme i 1989 og 1992, fortrinnsvis i indre deler av fjorden hvor reduksjonen var påviselig. Videre var det av interesse å undersøke om sammensetningen var lik i indre og ytre fjord.

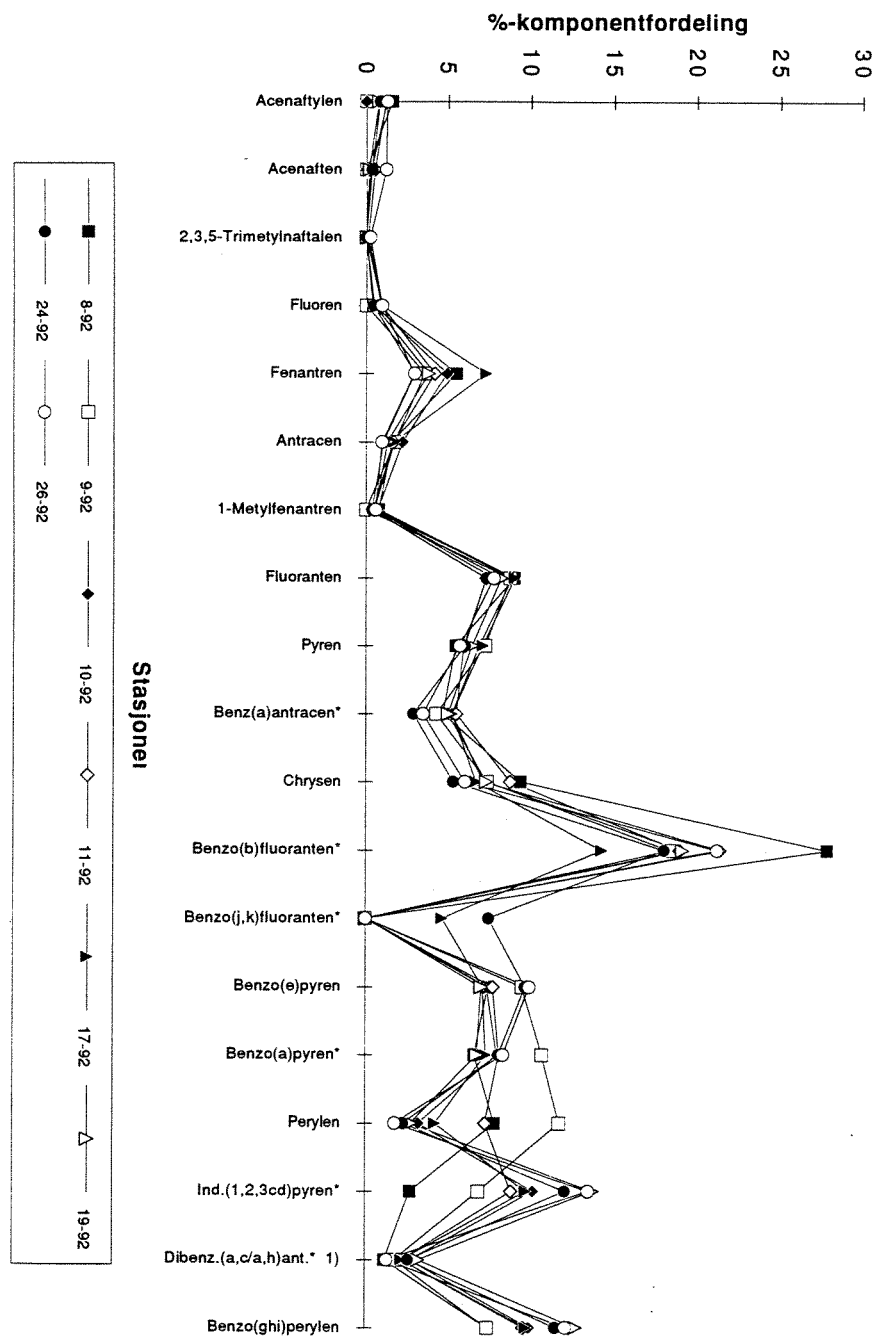
Figur 12 viser den prosentvise fordelingen av forskjellige PAH-forbindelser i sedimenter fra indre deler av fjorden i 1992 og 1989. Det ble ikke utført analyser på sedimenter fra like mange stasjoner i 1989 som i 1992. Tilsvarende viser Figur 13 den prosentvise fordelingen av forskjellige PAH-forbindelser i sedimenter fra ytre deler av fjorden i 1992. Enkelte av forbindelsene i figurene viser "ikke forekommende" dvs. 0 (null). Dette kan bety at forbindelsen ikke er detektert eller at den er inkludert i en annen forbindelse (f.eks. er benzo(j,k)fluoranten i enkelte tilfeller inkludert i benzo(b)fluoranten, jfr. Vedlegg). Figurene viser at fordelingen av PAH-forbindelser var tilnærmet den samme i 1989 som i 1992, og den samme i indre og ytre fjord. Dette betyr at tilførselskilden av PAH til fjorden er uendret. Videre går det frem av figurene at PAH-forbindelsen fluoranten og forbindelser tyngre enn denne var dominerende.



Figur 11. PAH i overflatesedimenter (0 - 2 cm) i Ranfjorden i 1992 (svarte søyler) og 1989 (grå søyler). De horisontale linjene markert Klasse 3 og 4 referer seg til Rygg og Thèlin, 1993.



Figur 12. Prosentvis fordeling av PAH-komponenter i sedimenter fra 1992 og 1989 i sedimenter fra indre deler av Ranfjorden (innenfor Alterneset).



Figur 13. Prosentvis fordeling av PAH-komponenter i sedimenter fra 1992 og 1989 i sedimenter fra ytre deler av Ranfjorden (utenfor Alterneset).

4.3.4. Metaller

I 1989 ble sedimentene oppsluttet med salpetersyre før analyse, dette fordi man ønsket å benytte samme metode som ved tidligere undersøkelser i fjorden. I følge internasjonale retningslinjer anbefales nå oppslutning med fluss-syre, som gir en total oppslutning av metallene.

Undersøkelsene i 1992 er utført etter sistnevnte metode (jfr. punkt 3.2.2 i kapitlet "Materiale og metoder"). Resultatene er derfor ikke direkte sammenlignbare med resultatene fra 1989. Man kan forvente høyere verdier av samtlige metaller ved totaloppslutning.

Hvor mye høyere metallverdiene vil være etter en oppslutning med fluss-syre i forhold til salpetersyre vil variere fra metall til metall og med sedimenttypen. Det er derfor ikke mulig å benytte forholdstall fra lignende undersøkelser i andre områder. Erfaring viser likevel at for de metallene som er aktuelle for Ranfjorden vil det være størst forskjeller for jern og minst for kadmium etter oppslutning med de to ulike syrene.

Tabell 8 gjengir resultatene av de fysiske og kjemiske analysene av det øverste laget av sedimentet på hver stasjon.

Tabell 8. Verdier for sedimentets innhold av finstoff (<63µm), organisk materiale, metaller og PAH. Gjennomsnittsverdier pr. stasjon for sedimentets overflatelag (0-2 cm). <63µm og GITap er fra analyser av grabbprøver, resten fra corerprøver.

Stasjon	<63µm %	GITap mg/g	TOC mg/g	TON mg/g	Cd µg/g	Cu µg/g	Pb µg/g	Zn µg/g	Fe µg/g	Ni µg/g	Li µg/g	Co µg/g	Cr µg/g	Mn µg/g	F µg/g	Hg µg/g	PAH µg/g
2	52.8	25.0	4.6		0.26	87	24	139	75	27	31						1.53
3	64.4	29.7	8.3		0.25	67	78	201	70	36	39						6.30
4	95.0	45.7	6.4		0.17	64	73	174	76	33	39						4.41
5	92.8	28.3	5.4		0.22	49	42	149	71	33	42	12	100	1670	460	0.04	2.71
B7	87.1	30.1															
6	66.8	17.3	6.6		0.22	34	23	104	66	28	37						1.54
7	70.0	23.4															
8	58.3	15.7	1.3		0.16	27	23	71	53	22	22						0.25
B13	80.7	29.7															
9	86.4	26.9	4.1		0.21	35	28	106	54	29	34						1.53
10	97.0	52.8	8.4		0.17	74	175	304	72	45	58						5.46
11	97.8	39.4	7.1		0.21	52	55	161	71	37	48	13	104	1970	590	0.10	3.28
17	97.9	45.0	8.4		0.32	67	98	228	72	40	51						4.81
19	93.2	60.9	11.4	1.2	0.21	50	105	224	60	50	55						3.31
24	89.6	61.0	10.9	1.3	0.11	37	93	179	54	47	49	15	125	2200	350	0.04	2.90
26	96.0	80.5	14.2	1.9	0.16	34	68	165	49	49	48						1.58

Avgangspartiklene ble mer finkornet utover i fjorden. Andelen av sediment med kornstørrelse < 63µm varierte fra 53 % innerst i fjorden til 98 % i ytre deler av fjorden.

Jern (Fe)

Innholdet av jern i overflatesedimentene (0 - 2 cm) lå mellom 4.5 og 8 % (Tabell 8.). Normalt inneholder marine sedimenter <4 % jern, men det kan være store variasjoner alt etter geologien i nedørsfeltet. Konsentrasjonene var relativt like i hele fjorden med tendens til noe lavere verdier sør for Alterneset og ytterst i fjorden. Alle verdier var høyere enn ved undersøkelsene i 1989, hvilket kan forklares ved forskjeller i oppslutningsmetode.

Normaliserer man verdiene mot lithium, dvs. kompenserer for eventuelle mineralogiske forskjeller i sedimentene, er verdiene jevnt avtagende fra innerst til ytterst i fjorden (Figur 14). Dette viser at indre deler av fjorden har en større belastning av jern enn ytre fjord.

Sink (Zn)

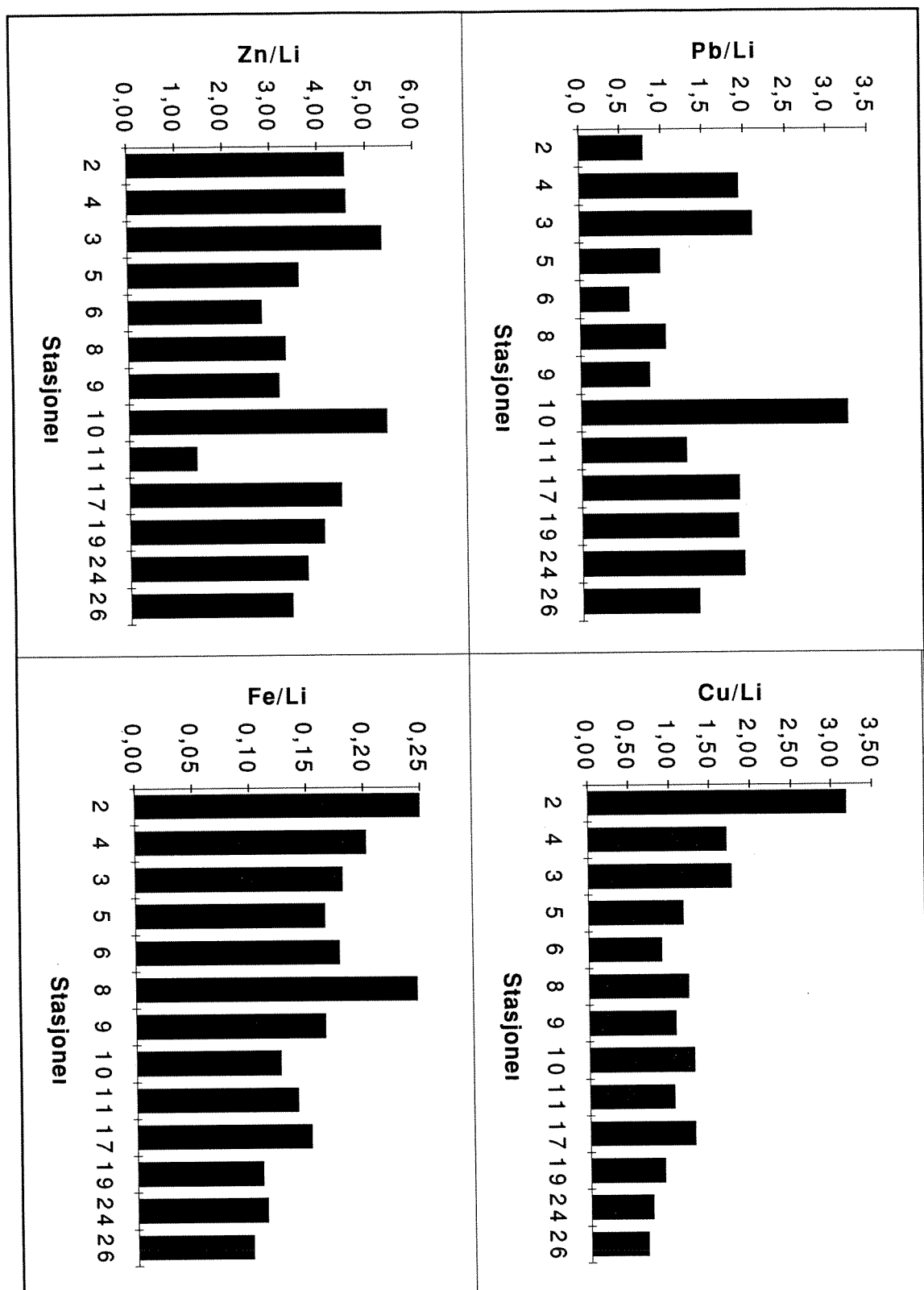
Innholdet av sink i overflatesedimentene (0 - 2 cm) lå mellom 75 og 300 mg /kg (Tabell 8, Figur 15). Normalt inneholder marine sedimenter <150 mg Zn /kg sediment (jfr. pkt. 3.3, Tabell 2). Sedimentene utenfor Mo samt fra Bustneset og ut fjorden kan i henhold til klassifikasjonen i Tabell 2 betegnes som moderat forurenset. Området mellom Alterneset og Bustneset var ikke forurenset av sink. Normaliseres verdiene mot lithium (Figur 14) ser man at området sør for Alterneset har en relativt mindre belastning av sink enn øvrige deler av fjorden.

Innholdet av sink var enten høyere eller tilnærmet det samme som ved undersøkelsene i 1989. På stasjon 5 ble det i 1989 registrert svært høy konsentrasjon i forhold til øvrige stasjoner og også i forhold til resultatene fra 1992. Dette kan skyldes stasjonens nære beliggenhet til oppredningverket til Bergverkselskapet Nord Norge A/S (BNN) ved Andfiskå. Hovedproduktene til BNN var konsentrater av sink, bly, kobber samt svovelkis.

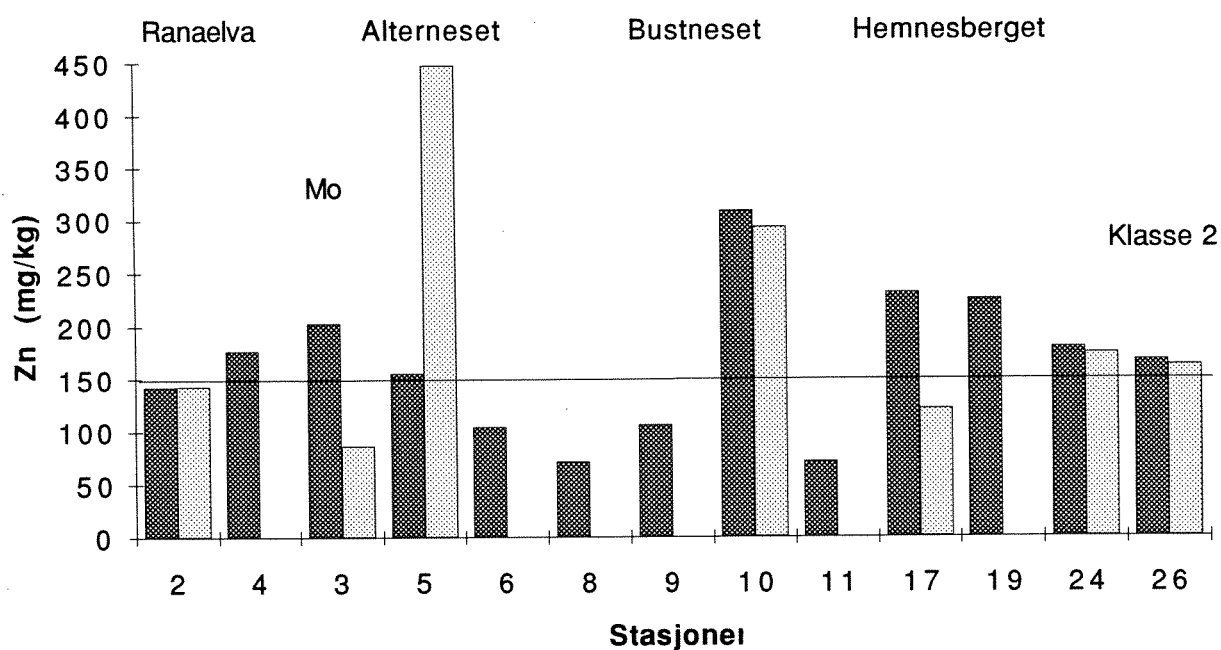
Bly (Pb)

Innholdet av bly i overflatesedimentene (0 - 2 cm) lå mellom 20 og 185 mg / kg (Tabell 8, Figur 16). Normalt inneholder marine sedimenter <30 mg Pb / kg sediment (jfr. Tabell 2). Sedimentene på de fleste stasjonene kan klassifiseres som moderat forurenset av bly. Markert forurensning ble registrert på stasjon 10 utenfor Bustneset. Dette var samme stasjon hvor den høyest sinkverdien ble registrert. Sedimentene på stasjon 2 ved utløpet av Ranaelva og stasjon 6, 8 og 9 sør for Alterneset hadde klart lavere verdier enn øvrige stasjoner og kan klassifiseres som uforurenset av bly. Normaliseres verdiene mot lithium (Figur 14) ser man at ytre fjord fra Hemnesberget og utover i fjorden hadde tilnærmet samme belastning av bly som området utenfor Mo.

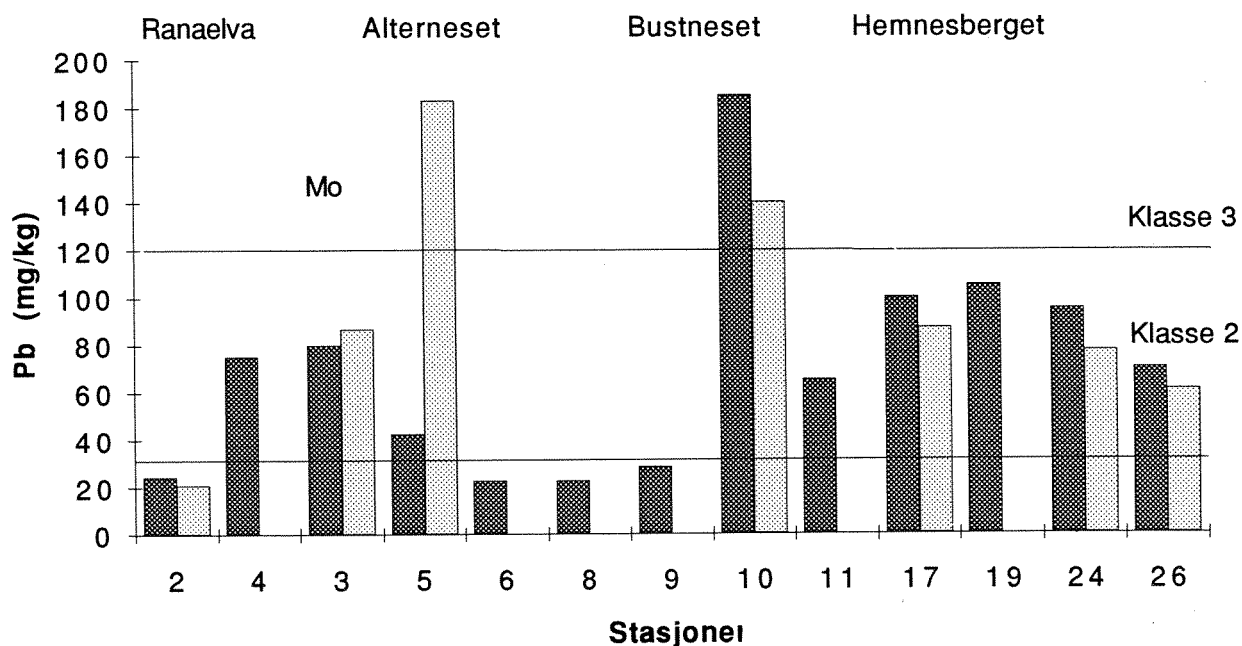
Blyverdiene lå generelt noe høyere i 1992 enn i 1989, noe som er å forvente ut i fra oppslutningsmetoden. I 1989 hadde sedimentene fra stasjon 5 markert høyere verdi enn i 1992. Årsakene antas å være de samme som nevnt under sink. Produktet til BNN bestod som nevnt av bl.a. blykonsentrat.



Figur 14. Normaliserte verdier av metallene jern, sink, bly og kobber mot lithium i sedimenter fra Ranfjorden 1992. Stasjonsnummerene øker med økende avstand i fra Mo.



Figur 15. Sink i overflatesedimenter (0 - 2 cm) fra Ranfjorden 1992 (svarte søyler) og 1989 (grå søyler). Den horisontale linjen markert Klasse 2 referer seg til Rygg og Thèlin, 1993.



Figur 16. Bly i overflatesedimenter (0 - 2 cm) fra Ranfjorden 1992 (svarte søyler) og 1989 (grå søyler). De horisontale linjene markert Klasse 2 og 3 referer seg til Rygg og Thèlin, 1993.

Kobber (Cu)

Innholdet av kobber i overflatesedimentene (0 - 2 cm) lå mellom 25 og 100 mg / kg (Tabell 8, Figur 17). Normalt inneholder marine sedimenter <35 mg Cu / kg sediment (jfr. Tabell 2). I motsetning til bly ble den høyeste kobberverdien registrert ved utløpet av Ranaelva. Generelt var sedimentene moderat forurenset av kobber. De laveste konsentrasjonene ble som for øvrige metaller registrert i området sør for Alterneset og ytterst i fjorden sør for Nesna. Her var sedimentene uforurenset av kobber. Normaliseres kobberverdiene mot lithium (Figur 14) ser man at indre deler av fjorden har den største belastningen og at den avtar jevnt utover fjorden i økende avstand fra Mo.

Sammenlignet med analysene i 1989 var det små eller ingen forandringer. Noe høyere verdier ble registrert i 1992 som følge av oppslutningsmetoden med unntak av stasjon 5. Årsaken antas å være den samme som nevnt under bly og sink. Kobberkonsentrat var et av produktene til BNN.

Kadmium (Cd)

Innholdet av kadmium i overflatesedimentene (0 - 2 cm) var lavt (Tabell 8, Figur 18). Sedimentene kan klassifiseres som tilnærmet uforurenset av kadmium i hele fjorden (jfr. Tabell 2). Stasjon 2 utenfor Ranaelva og stasjon 17 utenfor Hemnesberget hadde sedimenter med moderat kadmiumforurensning. Samme situasjonsbilde som for øvrige parametere, med lavest konsentrasjon i området sør for Alterneset og ytterst i fjorden sør for Nesna kan synes også å være tilfelle for kadmium, om ikke så entydig.

Sammenlignet med analysene i 1989 var det ingen entydige forskjeller. Stasjonene fra Hemnesberget og utover i fjorden viste høyere verdier i 1992 enn i 1989. Stasjonene lenger innover i fjorden viste høyere verdier i 1989. Forskjellene er imidlertid ikke større enn at de ligger innenfor usikkerheten for analysen. Ett unntak var stasjon 5 som hadde høyere verdier i 1989, årsaken antas å være den samme som for kobber, bly og sink. (jfr. øvrige metaller).

Arsen (As), fluorid (F), kobolt (Co), krom (Cr), mangan (Mn) og kvikksølv (Hg)

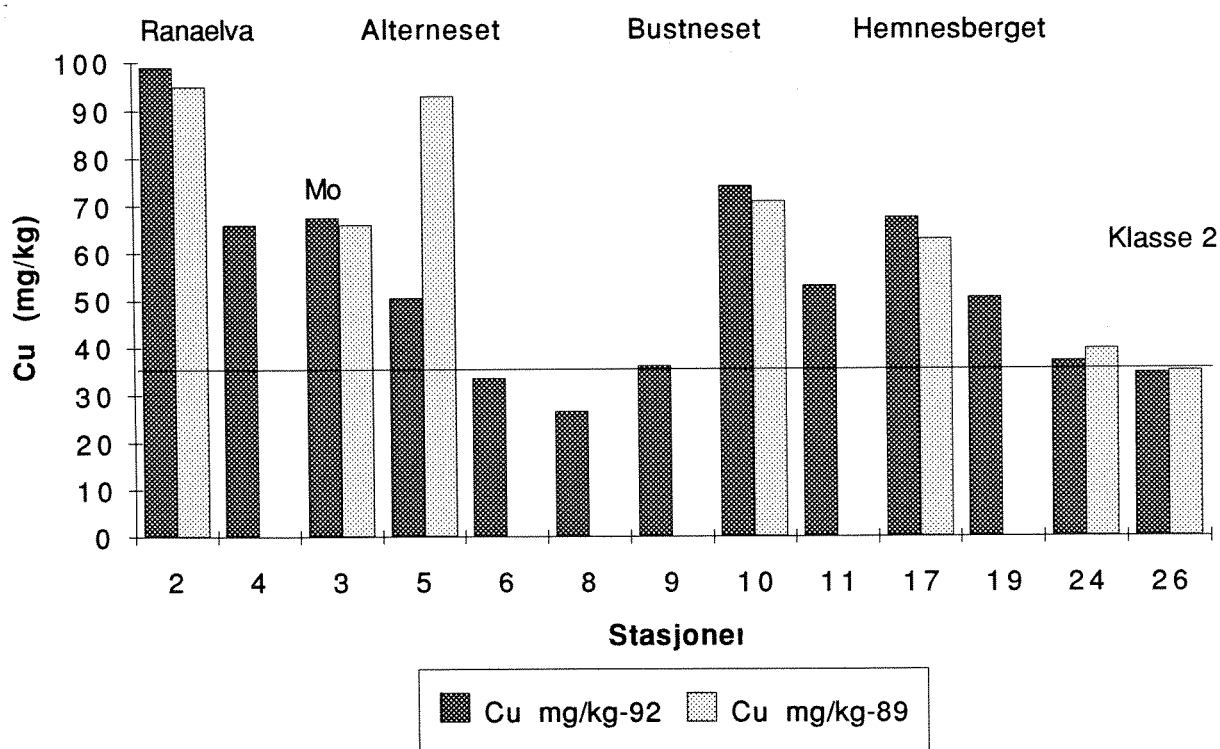
Innholdet av arsen, fluorid, kobolt, krom, mangan og kvikksølv ble analysert i overflatesedimenter (0 - 2 cm) på stasjon 5, 11 og 24 (Tabell 8).

Innholdet av arsen lå under deteksjonsgrensen for analysen som var 25 mg As / kg sediment. Arsen-innholdet i diffust belastede sedimenter, dvs. områder uten spesifikke punktkilder, regnes å være <20 mg As / kg sediment.

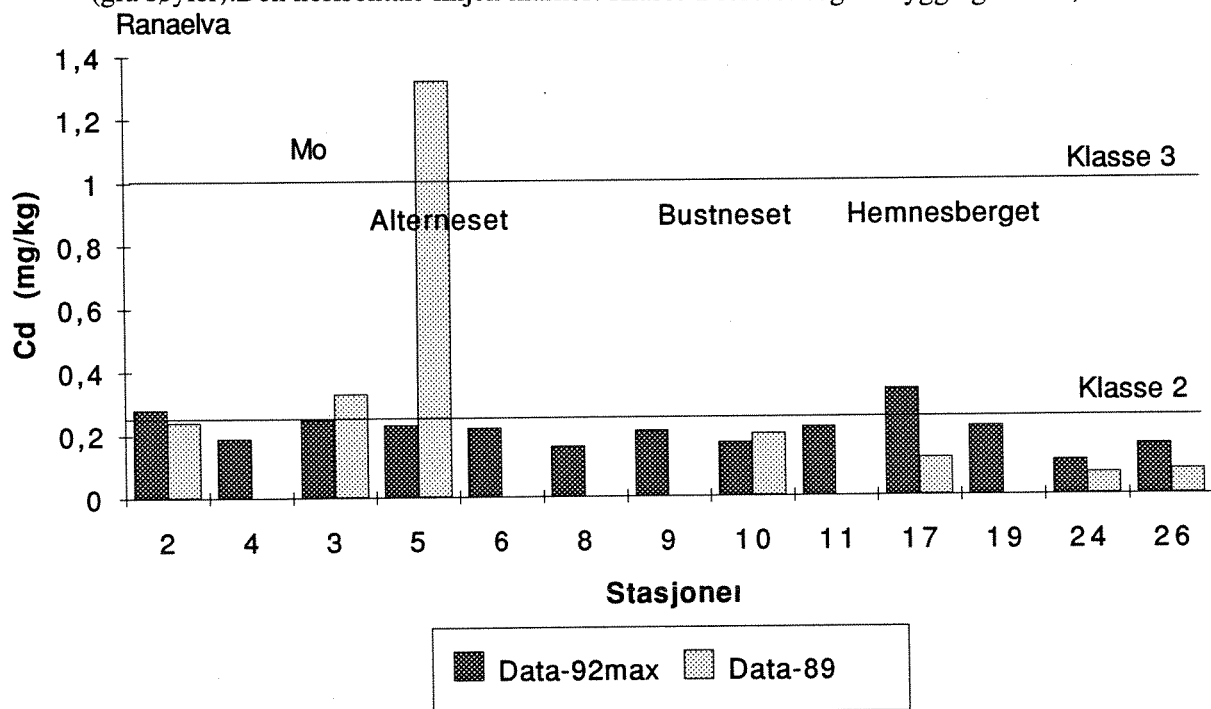
Innholdet av fluorid var lavt, mellom 300 og 630 mg /kg. I henhold til Tabell 2 kan sedimentene klassifiseres som uforurenset av fluorid.

Innholdet av kobolt var også lavt på de tre stasjonene, mellom 12 og 16 mg /kg hvilket kan betegnes som uforurenset (jfr. Tabell 2).

Innholdet av krom lå mellom 100 og 127 mg / kg. Normalt inneholder marine sedimenter <70 mg Cr / kg sediment. Sedimentene kan i henhold til Tabell 2 klassifiseres som moderat forurenset av krom.



Figur 17. Kobber i overflatesedimenter (0 - 2 cm) fra Ranfjorden 1992 (svarte søyler) og 1989 (grå søyler). Den horisontale linjen markert Klasse 2 referer seg til Rygg og Thèlin, 1993.



Figur 18. Kadmium i overflatesedimenter (0 - 2 cm) fra Ranfjorden 1992 (svarte søyler) og 1989 (grå søyler). De horisontale linjene markert Klasse 2 og 3 referer seg til Rygg og Thèlin, 1993.

Innholdet av mangan lå mellom 1500 og 2300 mg /kg. Tidligere undersøkelser av sedimenter i Ranfjorden har vist 4900 mg Mn / kg sediment (Skei og Paus, 1979). I oksiske sedimenter vil mangan naturlig anrikes som oksyd i overflaten.

Innholdet av kvikksølv lå mellom 0.03 og 0.13 mg /kg sediment. Stasjon 11 hadde de høyeste verdiene av de tre stasjonene. Normalt for områder uten punktkilder er <0,15 mg Hg / kg sediment. I 1989 ble høyeste kvikksølv-verdi i overflatesedimentene målt til 0.07 mg Hg /kg med et gjennomsnitt for fjorden på 0.04 mg Hg / kg sediment. Ytterst i fjorden ved Nesna lå imidlertid verdiene under deteksjonsnivå, dvs. <0.01 mg Hg /kg sediment. Selv om innholdet av kvikksølv i sedimentene var lavt, viser tidligere analyser av sedimentkjerner en signifikant økning av kvikksølv i sedimentene siden århundreskiftet (Skei og Paus, 1979).

4.3.5 Historisk utvikling av forurensningen i fjorden

Bunnsedimenter fra Ranfjorden i området utenfor Bustneset (tilsvarende stasjon 11 og 12) har tidligere blitt aldersdatert i 1976, ved hjelp av bly-210 (Skei og Paus, 1979). Sedimentasjonshastigheten ble beregnet til 1.3 mm / år. Ved foreliggende undersøkelse ble sedimenter fra stasjon 5 og 24 datert etter samme metode.

Dateringen av sedimentene fra stasjon 5 var usikker, men anslått til å være i størrelsesorden 4 mm / år (Jfr. Vedlegg). Resultatene ble usikre fordi det kun ble registrert fallende bly-isotop aktivitet i de øvre 6 cm av kjernen. Under 10 cm var bly-210 innholdet konstant. Det ble konkludert med at stasjonsområde 5 ikke representerte et permanent akkumulasjonsområde. Stasjon 5 ligger på 316 m vanddyp på skrånende bunn utenfor Andfiskå. Denne stasjonen hadde høye metallverdier ved forrige sedimentundersøkelse i 1989, hvilket antas å ha sammenheng med store utslipp av gruveavgang fra BNN til dette området fram til 1989. I tillegg er det kjent at indre deler av fjorden er utsatt for utrasninger, turbidittstrømmer i skråningene (Kirkerud et al., 1977). Disse forholdene kan forklare den usikre dateringen. En sedimentkjerne fra dette området representerer derfor ikke en kontinuerlig avsetning av normale marine sedimenter. Slike kjerner vil derfor ikke gi et riktig bilde av forandringene i belastning på resipienten gjennom tid

Dateringen av sedimentene fra stasjon 24 var god og viste en tilvekst på 1,9 mm / år (Jfr. Vedlegg).

Kjemiske analyser nedover i sedimentkjernen ble utført på prøver fra stasjon 5, 11 og 24.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

På stasjon 5, 11 og 24 ble det analysert for PAH kun på bunnprøven av sedimentkjernene, dvs. fra henholdsvis 38 - 40, 16 - 18 og 20 - 22 cm sedimentdyp. På stasjon 24 ble det registrert lavere konsentrasjon i bunnen av kjernen (46 µg PAH / kg sediment) enn i overflatesedimentet (2360 µg PAH / kg sediment). Den lave verdien oppgis med en viss usikkerhet, da det ble ekstrahert for lite sediment i forhold til PAH-innholdet. Tilsvarende reduksjon med dypet ble ikke registrert på stasjon 5 og 11.

Disse registreringene (på stasjon 5 og 11) er imidlertid ikke i overenstemmelse med dateringene. Det kan gjøres grove anslag av sedimentasjonshastigheten på bakgrunn av når industrien ble etablert ved Ranfjorden. Jernverket og Koksverket startet sin virksomhet i henholdsvis 1955 og

1964, dvs. en kan anta at Ranfjorden har mottatt PAH fra disse kildene ca. de siste 30 årene. Siden det ikke ble registrert uforurensede sedimenter i bunnen av kjernene på stasjon 5 og 11 betyr det at sedimenttilveksten på disse stasjonene må være henholdsvis >13 mm / år og >6 mm / år. Dette kan bety at sedimenttilveksten på stasjon 11 har øket vesentlig siden 1976. Med utgangspunkt i sedimentasjonshastighetene fra dateringene skulle bunnprøvene fra stasjon 5 og 11 representere avsetninger fra henholdsvis ca. 100 og 140 år siden.

Sedimenttilveksten i ytre fjord (st. 24) var 1.9 mm / år, hvilket betyr at prøven fra 22 cm sedimentdyp ble avsatt for ca. 120 år siden. Prøven burde da være uforurenset, slik analysen viste.

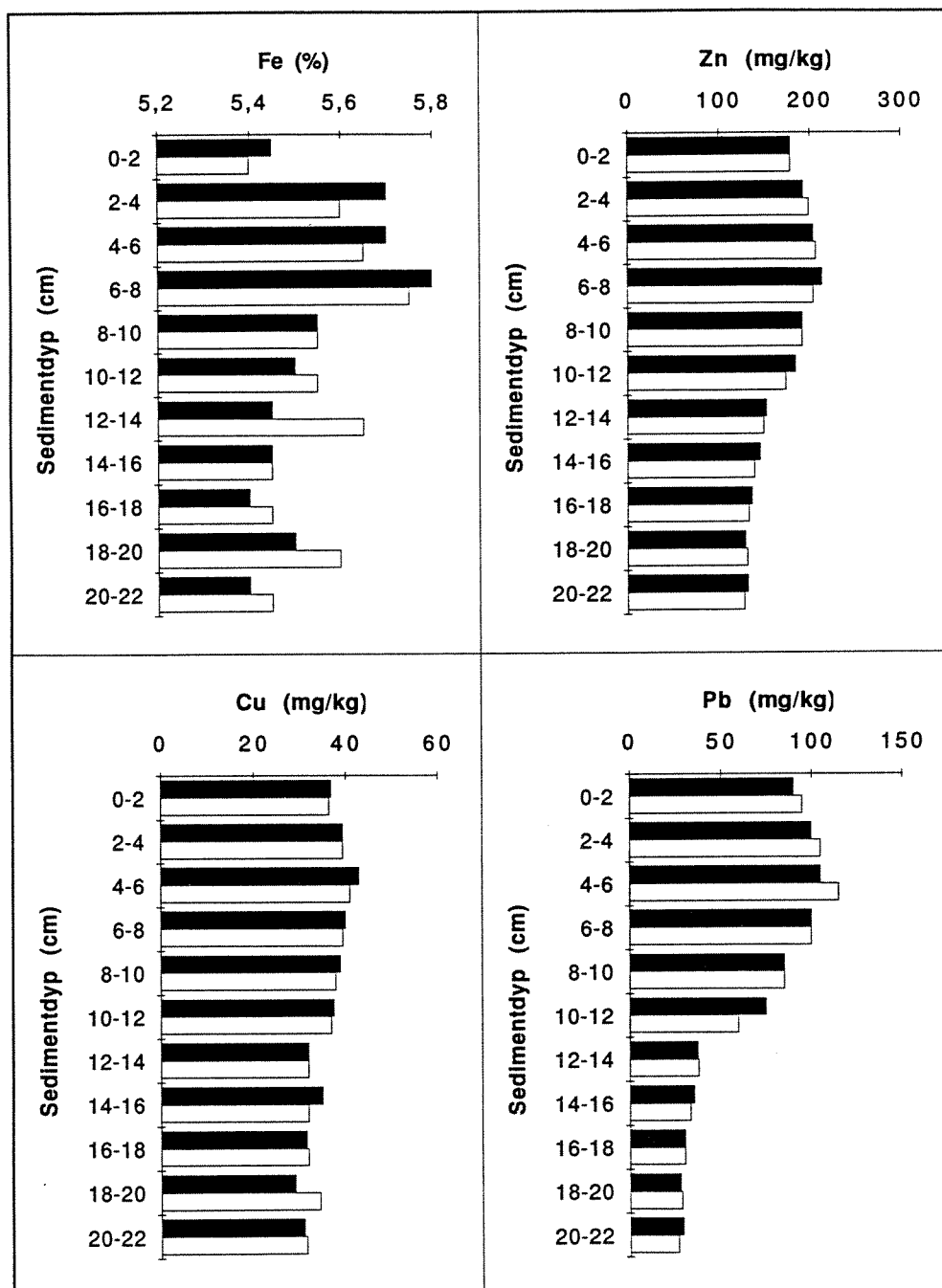
Metaller

Kjernene fra stasjon 5, 11 og 24 ble analysert for jern, sink, bly, kobber og kadmium for hver andre cm nedover i sedimentet.

Som for PAH var det bare kjernen fra stasjon 24 ytterst i fjorden sør for Nesna som var tilstrekkelig lang til å komme ned i uforurenset sediment. Det var derfor bare denne kjernen som ga en god historisk oversikt over utviklingen av forurensningssituasjonen i fjorden. Alle metallene viste størst konsentrasjon ved ca 6 cm sedimentdyp på denne stasjonen. Bildet var mest entydig for bly, dernest sink og jern (Figur 19). Innholdet av kobber og kadmium varierte mindre nedover i sedimentet og da særlig kadmium (jfr. Vedlegg, Tabell VI). Med en sedimentasjonshastighet på 1.9 mm / år, viser sedimentene fra stasjon 24 at metallforurensningen av Ranfjorden startet like etter århundreskiftet (ved ca. 14 cm sedimentdyp) og nådde maksimum rundt 1960 med en jevn reduksjon til dagens nivå. Selv om innholdet av metaller i sedimentene er lavt i ytre fjord, er f.eks. dagens nivå av bly ca. 3 ganger høyere enn naturtilstanden.

Kjernene fra stasjon 11 utenfor Bustneset viste ikke samme entydige bilde som stasjon 24. Innholdet av bly og kadmium viste muligens en synkende tendens mot sedimentoverflaten. Øvrige metaller viste liten variasjon med sedimentdypet.

På stasjon 5 utenfor Andfiskå var innholdet av samtlige metaller med unntak av jern synkende mot sedimentoverflaten.



Figur 19. Innholdet av jern, sink, kobber og bly med økende sedimentdyp fra stasjon 24, ytterst i Ranfjorden ved Nesna. (De parvise søylene viser data fra to kjerner fra samme stasjon).

4.4. Bløtbunnsfauna

4.4.1. Dyresamfunnenes artssammensetning

De vanligste artenes individtall på hver stasjon er vist i Tabell 9. Fullstendige artslistene finnes i Vedlegg (Tabell V).

Arter av muslingslekten *Thyasira* forekom tallrikt i hele Ranfjorden. Dette er en vanlig slekt på bløtbunn, men som regel mindre dominerende enn i Ranfjorden. Børstemarken *Chaetozone setosa* var blant de dominerende artene på mange av stasjonene i indre fjord. Dette er en opportunistisk art som ofte finnes i høyt antall på forurensete fjordlokaliteter. Børstemarken *Capitella capitata* er en opportunistisk og svært forurensningstolerant art. Høye individtall av denne arten tyder på sterk miljøforstyrrelse. I Ranfjorden fantes *Capitella capitata* på stasjon 2 innerst i fjorden og på stasjon 6. Andre vanlige arter i indre fjord var børstemarkene *Prionospio cirrifera*, *Myriochele oculata*, *Paramphinome jeffreysii*, *Heteromastus filiformis* og *Cossura longocirrata* og muslingen *Abra nitida*. Alle disse artene finnes nokså ofte i høye individtall ved moderat forurensning, men kan være vanlige ellers også. Forekomsten av *Capitella capitata* og *Chaetozone setosa* tyder på at stasjon 2 og 6 var de mest påvirkete, og stasjon 4, 5, 10 og 11 de minst påvirkete stasjonene i indre fjord. Men også andre trekk ved faunaen, spesielt artsmangfold (se nedenfor), må tas i betraktning ved den samlede tilstandsvurderingen.

Tabell 9. Individuttall av de ti vanligste arter/taksa fra hver stasjon (to sammenslåtte grabbprøver) i 1992.

Stasjon 2		Stasjon 6	
Chaetozone setosa Malmgren 1867	2450	Thyasira spp	423
Thyasira spp	690	Chaetozone setosa Malmgren 1867	156
Prionospio cirrifera Wiren 1883	663	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	90
Cossura longocirrata Webster & Benedict	183	Capitella capitata (Fabricius 1780)	18
Capitella capitata (Fabricius 1780)	164	Ophelina sp	11
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	140	Cossura longocirrata Webster & Benedict	10
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	139	Prionospio cirrifera Wiren 1883	7
Abra nitida (Mueller 1789)	119	Abra nitida (Mueller 1789)	5
Kelliella miliaris (Philippi 1844)	75	Edwardsiidae indet	4
Lumbrineris sp	70	Pholoe minuta (Fabricius 1780)	4
Stasjon 3		Stasjon 7	
Thyasira spp	879	Prionospio cirrifera Wiren 1883	392
Myriochele oculata Zaks 1922	475	Chaetozone setosa Malmgren 1867	192
Chaetozone setosa Malmgren 1867	442	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	151
Prionospio cirrifera Wiren 1883	387	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	138
Thyasira spp	301	Myriochele oculata Zaks 1922	119
Abra nitida (Mueller 1789)	263	Thyasira spp	133
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	178	Tharyx sp	84
Spiophanes kroeyeri Grube 1860	125	Nemertinea indet	39
Harpinia sp	76	Spiophanes kroeyeri Grube 1860	29
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	55	Cossura longocirrata Webster & Benedict	26
Stasjon 4		Stasjon B7	
Myriochele heeri Malmgren 1867	854	Chaetozone setosa Malmgren 1867	347
Thyasira spp	557	Prionospio cirrifera Wiren 1883	96
Myriochele oculata Zaks 1922	261	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	42
Prionospio cirrifera Wiren 1883	205	Thyasira spp	29
Abra nitida (Mueller 1789)	147	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	21
Yoldiella fraterna Verrill & Bush	81	Abra nitida (Mueller 1789)	17
Spiophanes bombyx (Claparede 1870)	50	Nemertinea indet	14
Spiophanes kroeyeri Grube 1860	33	Delectopecten vitreus (Gmelin 1789)	13
Typosyllis cornuta (Rathke 1843)	29	Kelliella miliaris (Philippi 1844)	7
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	24	Ophiura affinis Luetken	4
Stasjon 5		Stasjon 8	
Thyasira spp	1275	Chaetozone setosa Malmgren 1867	381
Abra nitida (Mueller 1789)	168	Prionospio cirrifera Wiren 1883	135
Prionospio cirrifera Wiren 1883	118	Thyasira spp	183
Myriochele oculata Zaks 1922	97	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	57
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	68	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	40
Euchone sp	45	Nemertinea indet	20
Spiophanes kroeyeri Grube 1860	45	Cossura longocirrata Webster & Benedict	15
Edwardsiidae indet	30	Abra nitida (Mueller 1789)	11
Chaetozone setosa Malmgren 1867	23	Yoldiella fraterna Verrill & Bush	10
Lumbrineris sp	23	Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)	8

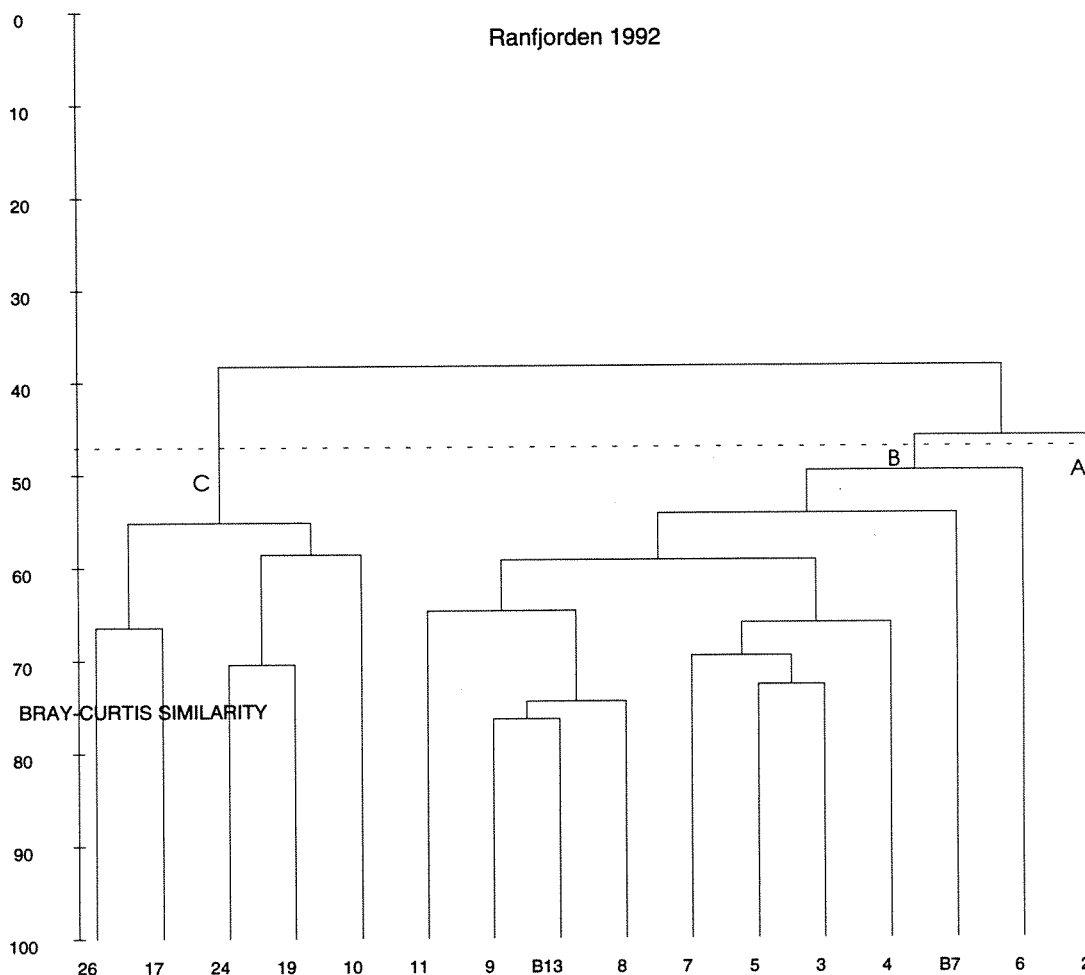
(forts.)

Tabell 9 (forts.)

Stasjon B13		Stasjon 17	
Thyasira spp	542	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	107
Chaetozone setosa Malmgren 1867	318	Kelliella miliaris (Philippi 1844)	43
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	213	Yoldiella fraterna Verrill & Bush	37
Prionospio cirrifera Wiren 1883	83	Labidoplax buski (McIntosh)	19
Abra nitida (Mueller 1789)	39	Lumbrineris sp	19
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	38	Ophiura cf. affinis Luetken	19
Tharyx sp	29	Thyasira equalis (Verrill & Bush)	19
Yoldiella fraterna Verrill & Bush	26	Thyasira ferruginea (Forbes)	19
Cossura longocirrata Webster & Benedict	14	Nemertinea indet	13
Spiophanes kroeyeri Grube 1860	13	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	11
Stasjon 9		Stasjon 19	
Thyasira spp	262	Kelliella miliaris (Philippi 1844)	216
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	247	Thyasira ferruginea (Forbes)	107
Chaetozone setosa Malmgren 1867	165	Yoldiella fraterna Verrill & Bush	70
Prionospio cirrifera Wiren 1883	74	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	62
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	59	Drilonereis filum (Claparede 1868)	32
Cossura longocirrata Webster & Benedict	44	Tharyx sp	30
Yoldiella fraterna Verrill & Bush	20	Thyasira equalis (Verrill & Bush)	25
Nemertinea indet	13	Labidoplax buski (McIntosh)	15
Tharyx sp	5	Harpinia sp	14
Glycera capitata Oersted 1843	4	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	14
Stasjon 10		Stasjon 24	
Kelliella miliaris (Philippi 1844)	301	Myriochele cf. heeri Malmgren 1867	233
Thyasira ferruginea (Forbes)	191	Thyasira ferruginea (Forbes)	150
Yoldiella fraterna Verrill & Bush	65	Kelliella miliaris (Philippi 1844)	85
Ophiura sp	22	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	75
Nuculoma cf. corticata (Moeller)	21	Yoldiella fraterna Verrill & Bush	54
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	15	Drilonereis filum (Claparede 1868)	49
Eriopisa elongata Bruzelius	11	Tharyx sp	29
Yoldiella lucida (Loven 1846)	9	Thyasira equalis (Verrill & Bush)	24
Spiochaetopterus typicus M.Sars 1856	8	Labidoplax buski (McIntosh)	20
Myriochele cf. heeri Malmgren 1867	7	Harpinia sp	19
Stasjon 11		Stasjon 26	
Thyasira equalis (Verrill & Bush)	259	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	87
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	75	Thyasira equalis (Verrill & Bush)	67
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	61	Myriochele cf. heeri Malmgren 1867	62
Prionospio cirrifera Wiren 1883	53	Eriopisa elongata Bruzelius	27
Chaetozone setosa Malmgren 1867	22	Nemertinea indet	18
Abra nitida (Mueller 1789)	20	Thyasira ferruginea (Forbes)	16
Yoldiella fraterna Verrill & Bush	17	Thyasira sp	15
Lumbrineris sp	11	Orbinia norvegica (M.Sars 1872)	13
Tharyx sp	10	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	13
Terebellides stroemi M.Sars 1835	6	Yoldiella fraterna Verrill & Bush	12

4.4.2. Likhetsanalyser

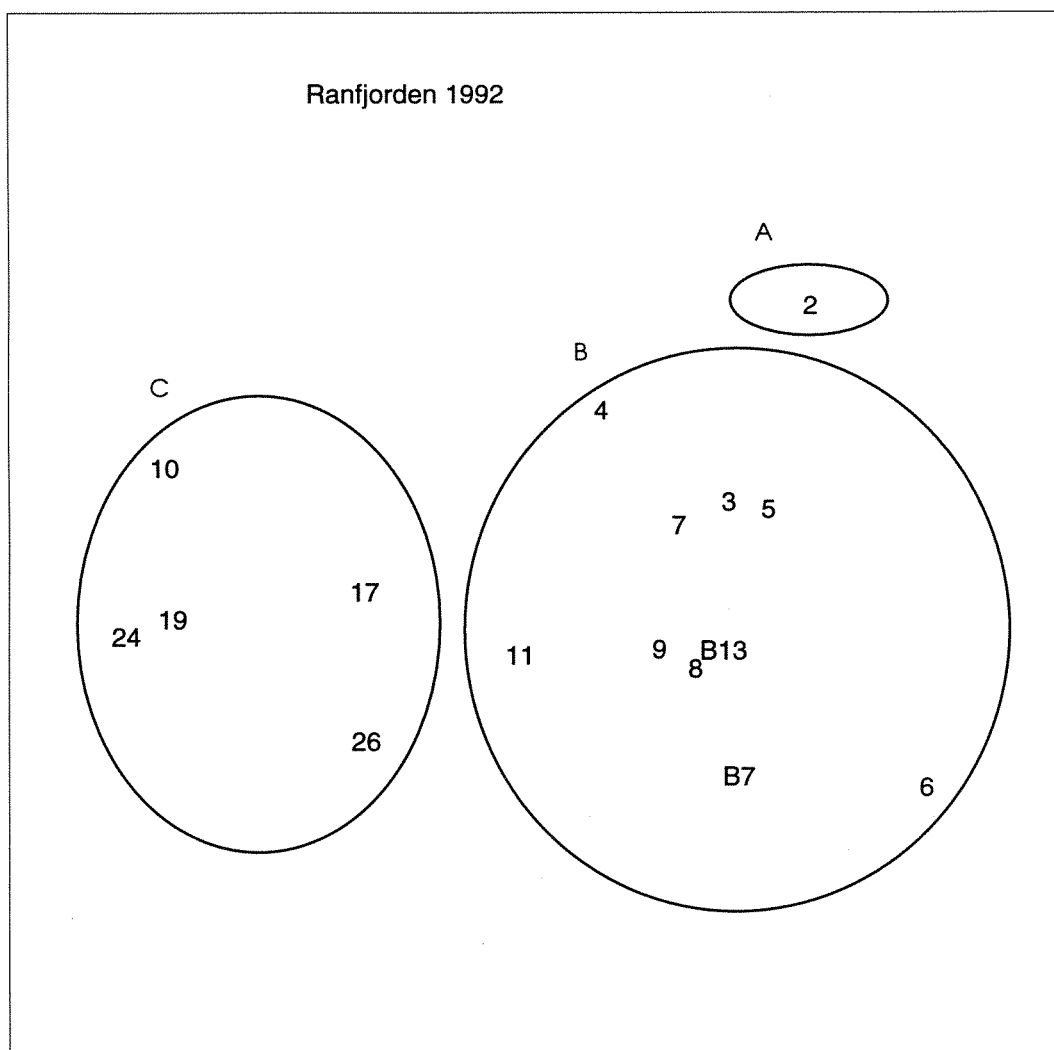
Det er gjort en analyse av graden av likhet (Bray-Curtis similarity) i faunaen mellom stasjonene. Dendrogrammet viser grupperinger av innbyrdes like stasjoner (Figur 20). Her representeres stasjonene ved lodrette linjer som forbindes vannrett på et nivå som tilsvarer likhetsgraden. Prøvene forbindes i et hierarkisk mønster etter avtakende likhet. Sorteringen starter ved å finne de to prøvene som har størst likhet, og plassere disse nederst i dendrogrammet. Disse betraktes så som én prøve, og sorteringen fortsetter inntil alle prøver og grupper av prøver er forbundet. Skalaen på den lodrette akse angir grad av likhet. Hvis det settes krav til høy likhet (f.eks. 70%) for at en prøve skal få lov å tilhøre en gruppe, blir det mange små grupper. Et likhetskrav på bare 47% tillot sammenslåing av prøvene til færre større grupper, nemlig tre grupper (A, B og C i Figur 20).



Figur 20. Dendrogram basert på likhetsindeksene for alle par av stasjoner i 1992. Stasjonene fordeler seg på tre grupper (A-C) ved 47% BRAY-CURTIS SIMILARITY.

MDS-analysen (multidimensional scaling) søker å arrangere prøvene i et diagram slik at alle innbyrdes avstander best mulig samsvarer med graden av ulikhet mellom prøvene. MDS-diagrammet (Figur 21) viser graden av ulikhet mellom stasjonene. Avstanden mellom prøvene i

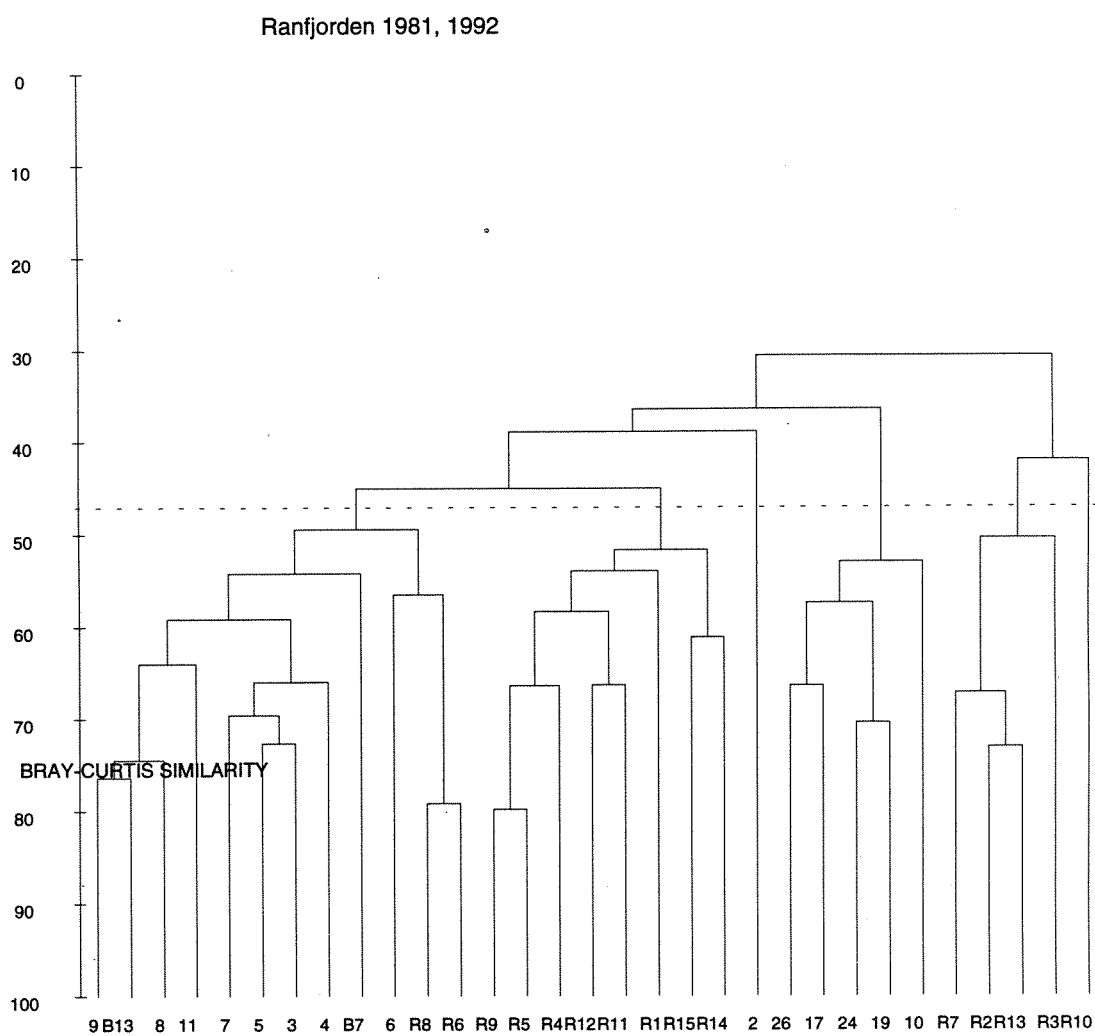
diagrammet er tilnærmet proporsjonal med ulikheten i faunaen. Gruppene fra clusteranalysen (Figur 20) er tegnet inn i diagrammet.



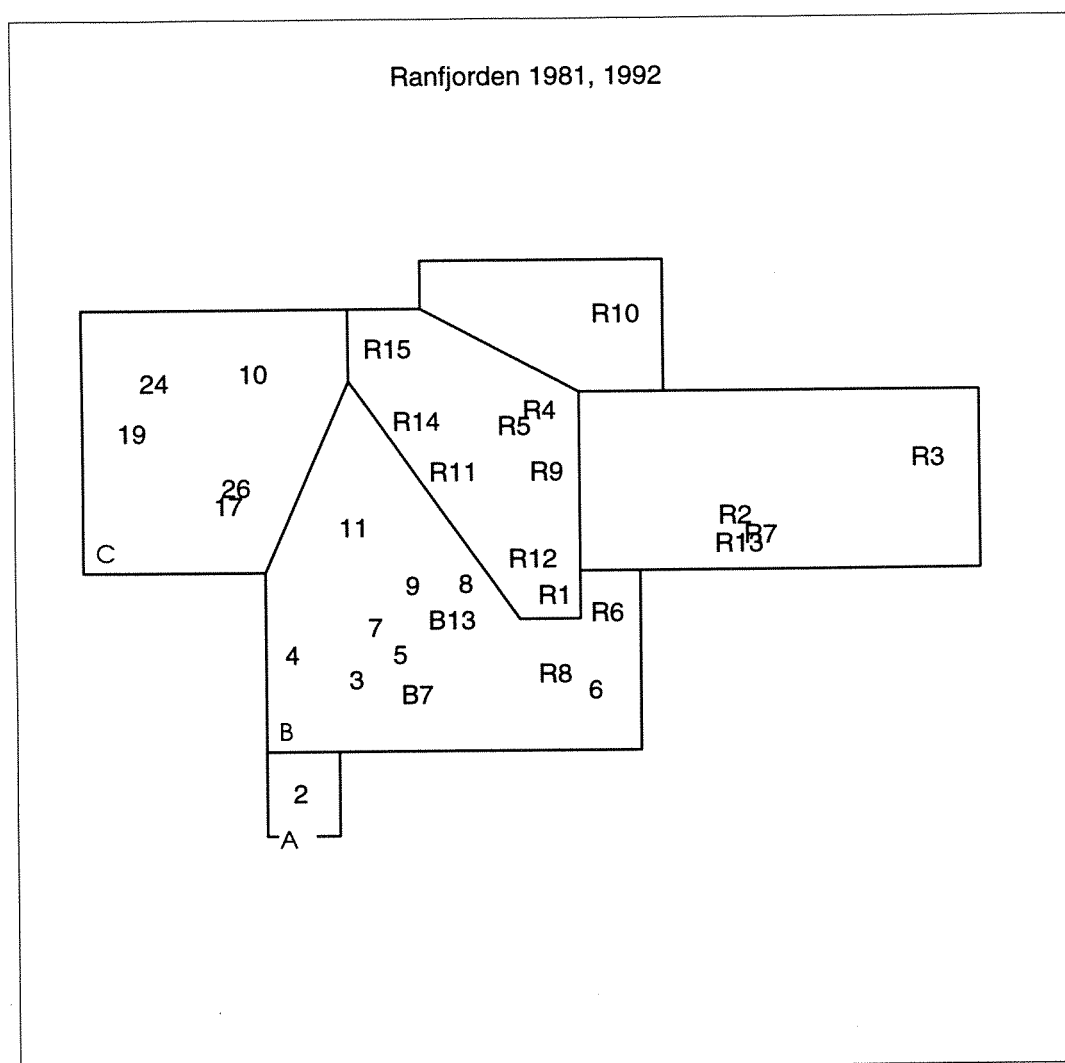
Figur 21. MDS-diagram av ulikheten mellom stasjonene i 1992. De tre gruppene (A-C) fra dendrogrammet er angitt.

Faunagruppe A skilte seg fra de andre ved å ha et betydelig innslag av børstemarken *Capitella capitata*. Stasjonene i ytre fjord (stasjon 17, 19, 24 og 26), samt stasjon 10 i indre fjord (faunagruppe C) var karakterisert ved forekomsten av børstemarkene *Driloneris filum* og *Orbinia norvegica*, amfipoden *Eriopisa elongata*, og muslingen *Thyasira ferruginea*. Disse manglet stort sett ellers (i indre fjord). Stasjonene i ytre fjord (stasjon 17, 19, 24 og 26), samt stasjon 10 i indre fjord var dessuten karakterisert ved mangelen på børstemarkene *Chaetozone setosa* og *Prionospio cirrifera* og muslingen *Abra nitida*. Disse var til dels svært tallrike ellers (i indre fjord). Stasjon 8, 9, 11 og B13 dannet en egen undergruppe ytterst i indre fjord.

Figur 22-23 viser likhetsanalyser av stasjonene fra 1981 og 1992 samlet.



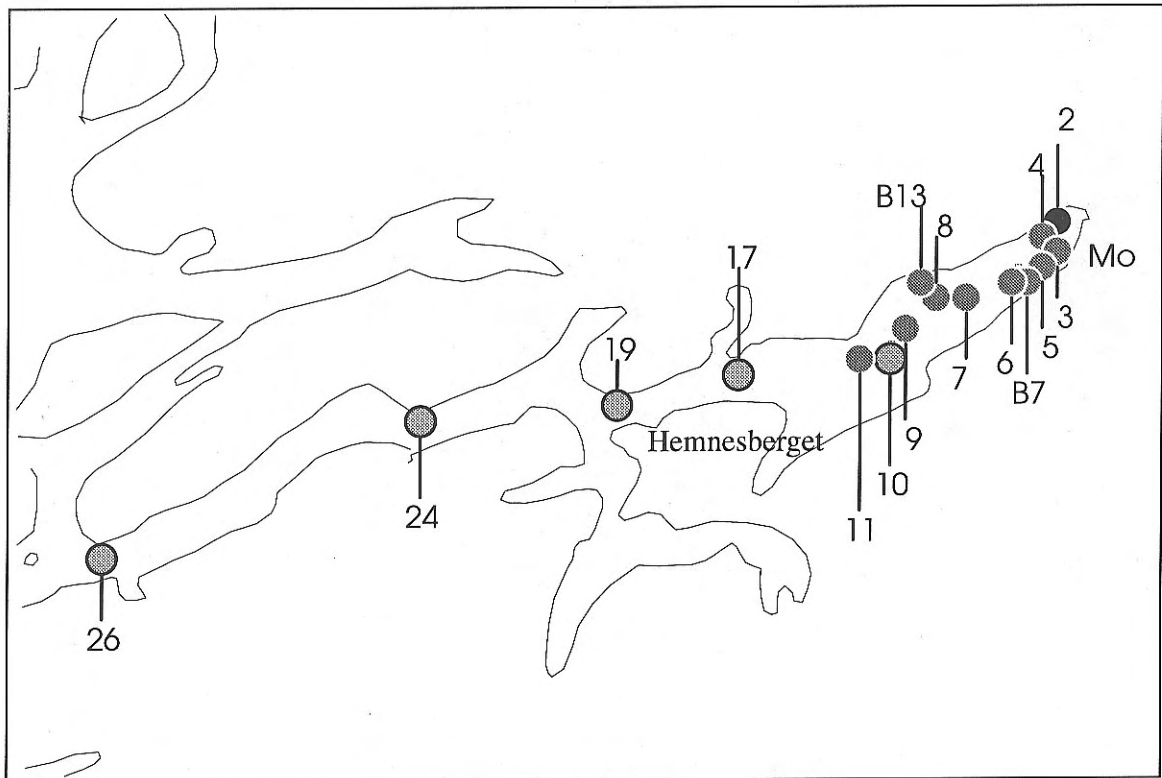
Figur 22. Dendrogram basert på likhetsindeksene for alle par av stasjoner i (stasjonene fra 1981 og 1992 samlet). (Stasjonene fra 1981 har R i stasjonskoden.) Stasjonene fordeler seg på seks grupper (ved 47% BRAY-CURTIS SIMILARITY).



Figur 23. MDS-diagram av ulikheten mellom stasjonene (stasjonene fra 1981 og 1992 samlet). (Stasjonene fra 1981 har R i stasjonskoden.) De seks gruppene fra dendrogrammet (Figur 22) er angitt. To av stasjonene fra 1981 (R6 og R8) grupperte seg sammen med stasjonsgruppe B fra 1992.

To hovedgradienter kunne skjelnes i det samlede materialet fra de to årene. Det var en tidsgradient, synlig ved at faunaen stort sett grupperte seg innenfor hvert sitt år (fra 1981 i øvre høyre del av diagrammet til 1992 i nedre venstre del av diagrammet). Det var en gradient fra ytre mot indre fjord (fra øvre venstre mot nedre høyre i diagrammet).

På Figur 24 er de tre faunagrupperne fra 1992 og graden av påvirkning av bunnen med gruveavgang tegnet inn på stasjonskartet. Stort sett falt faunagrupperne sammen med mengden gruveavgang. Dette tyder på at gruveavgangen påvirker faunaen.

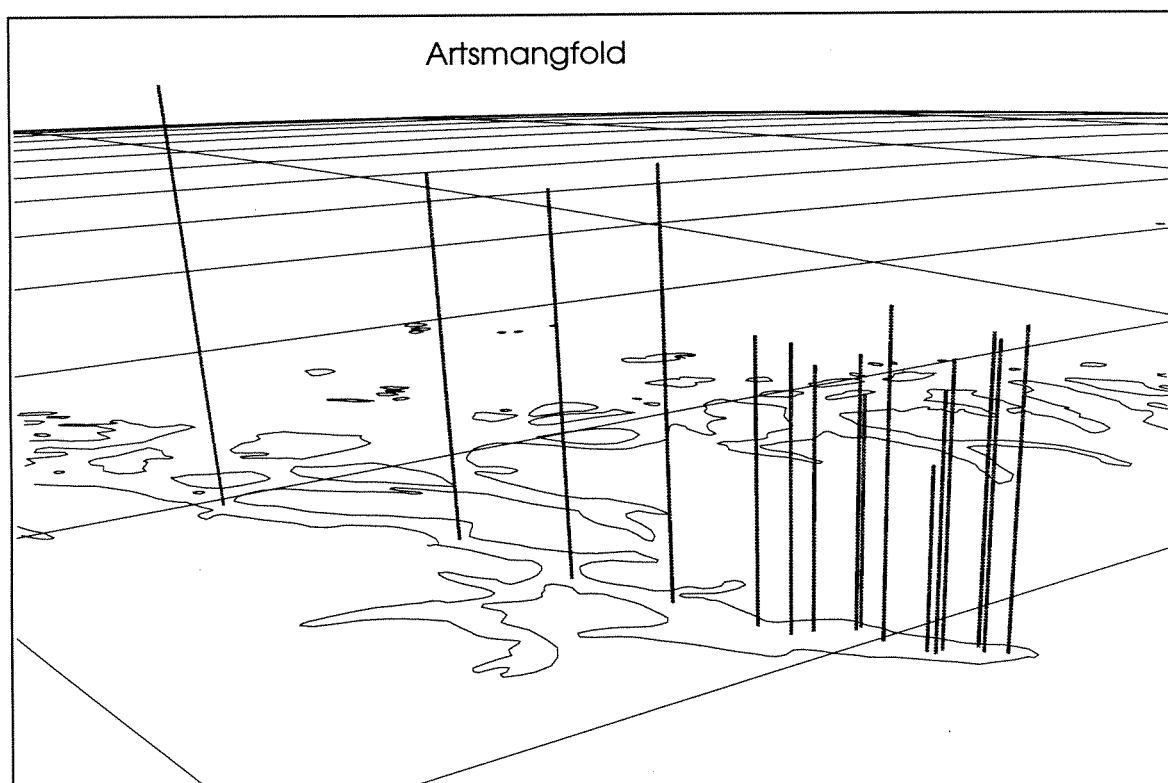


- = Fauna som tilhører gruppe A. Stasjonen sterkt preget av grovkornet gruveavgang.
- = Fauna som tilhører gruppe B. Stasjonene markert til sterkt preget av gruveavgang.
- = Fauna som tilhører gruppe C. Stasjonene lite eller moderat preget av gruveavgang.

Figur 24. Faunagruppernes fordeling i Ranfjorden i 1992 (jfr. Figur 20-21), og graden av påvirkning med gruveavgang (jfr. Tabell 7).

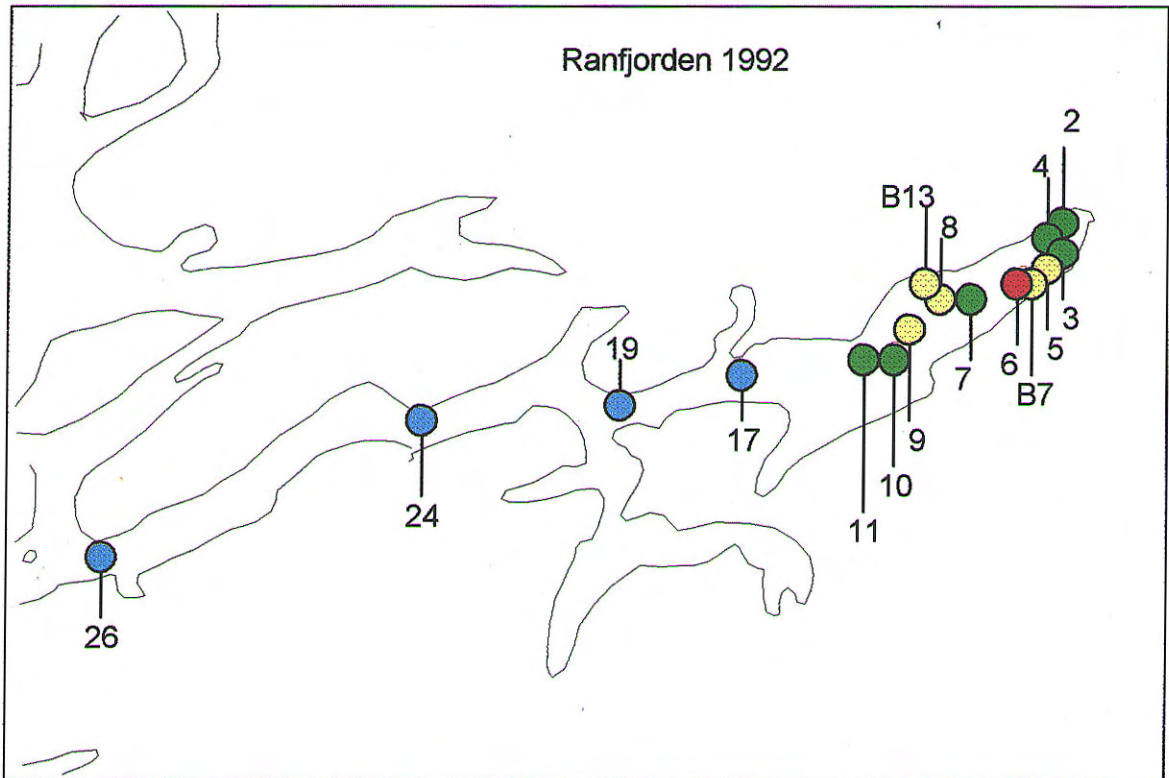
4.4.3. Artsmangfold

Figur 25 viser relativ størrelse av artsmangfoldet på de enkelte stasjonene. Verdiene er vist i Tabell 10. Artsmangfoldet var høyere i ytre fjord enn i indre fjord.



Figur 25. Sammenligning av artsmangfoldet ($ES_{n=100}$) på stasjonene i Ranfjorden i 1992.

I Figur 26 er det foretatt en klassifisering av forurensningsgrad, basert på artsmangfold ($ES_{n=100}$), i følge kriterier i SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Rygg & Thélin 1993). I Figur 28 er artstall plottet mot individtall i en grafisk framstilling for klassifisering av artsmangfold, hvor moderat eller lavere artsmangfold tyder på at miljøtilstanden er mindre god enn normalt (Rygg 1984). Figur 29 viser en sammenligning mellom 1981 og 1992.



- = Forurensningsgrad 4, sterkt forurenset
- = Forurensningsgrad 3, markert forurenset
- = Forurensningsgrad 2, moderat forurenset
- = Forurensningsgrad 1, lite forurenset

Figur 26. Klassifisering av forurensningsgrad, basert på artsmangfold ($ES_{n=100}$) hos bløtbunnsfauna.

4.4.4. Sammenheng mellom sedimentkvaliteten og dyresamfunnenes tilstand

Korrelasjonsmatrise i Tabell 10 er basert på stasjonsvise verdier av de fysiske, kjemiske og biologiske parametre (se Tabell 7, Tabell 8 og Tabell 11).

Tabell 10. Korrelasjonsmatrise (basert på 13 stasjoner, B7, 7 og B13 utelatt). Basert på gjennomsnittsverdier pr. stasjon. TOC, Cd, Cu, Pb, Zn, Fe, Ni, Li, PAH basert på corerprøver (0-2 cm), resten på grabbprøver. Mengden avgang er gradert fra 1 til 4 (basert på * til **** i Tabell 7).

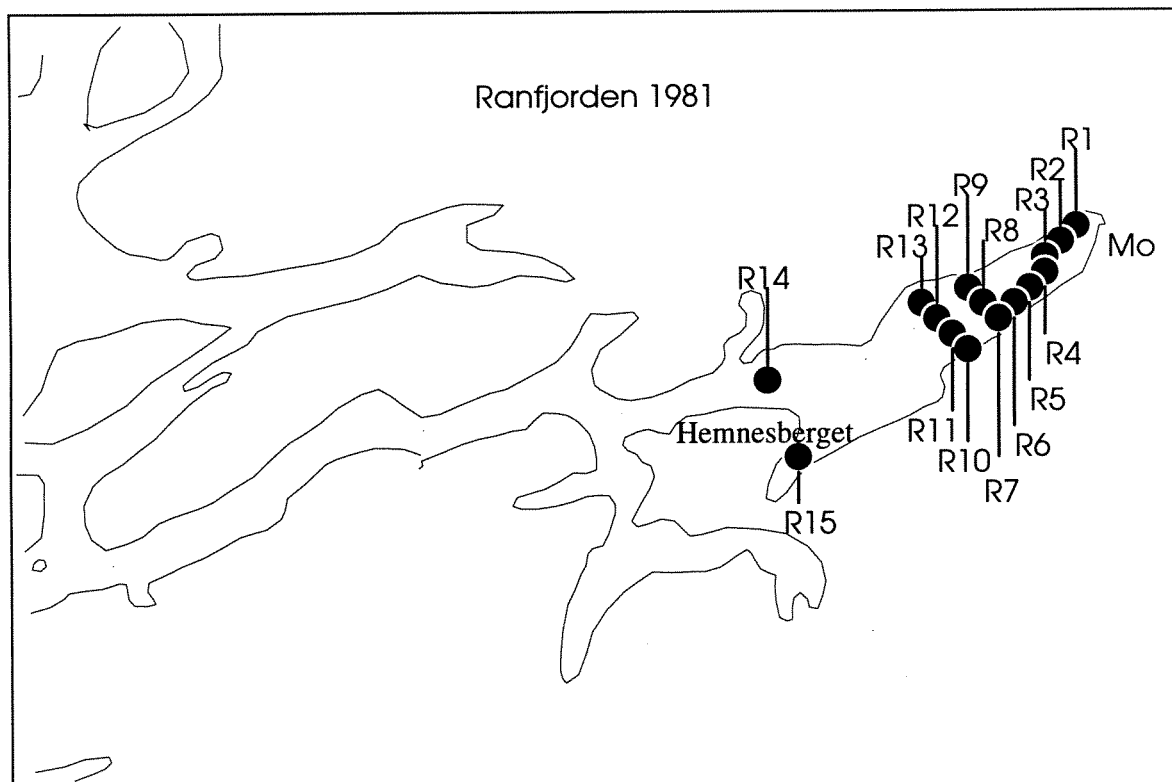
Parameter	Dyp	<63	GITap	TOC	Cd	Cu	Pb	Zn	Fe	Ni	Li	PAH	H	ES ₁₀₀	Arter	Individer
<63	0.44															
GITap	0.12	0.68														
TOC	0.05	0.54	0.90													
Cd	-0.01	-0.20	-0.43	-0.24												
Cu	-0.53	-0.05	-0.02	-0.02	0.53											
Pb	0.04	0.57	0.63	0.56	-0.17	0.39										
Zn	-0.07	0.54	0.58	0.57	0.07	0.58	0.96									
Fe	-0.45	-0.02	-0.30	-0.25	0.55	0.83	0.17	0.36								
Ni	0.12	0.68	0.93	0.93	-0.29	0.05	0.76	0.74	-0.21							
Li	0.20	0.77	0.75	0.78	-0.07	0.22	0.83	0.85	0.09	0.90						
PAH	-0.14	0.36	0.22	0.30	0.32	0.63	0.70	0.80	0.59	0.39	0.55					
H	0.15	0.38	0.74	0.71	-0.07	-0.04	0.35	0.35	-0.40	0.68	0.42	0.22				
ES ₁₀₀	0.14	0.45	0.83	0.74	-0.11	0.03	0.39	0.41	-0.34	0.74	0.51	0.11	0.91			
Arter	-0.64	-0.11	0.36	0.29	0.01	0.53	0.15	0.25	0.15	0.28	0.07	0.14	0.50	0.55		
Individer	-0.85	-0.60	-0.37	-0.33	0.33	0.63	-0.30	-0.13	0.53	-0.41	-0.45	0.08	-0.21	-0.21	0.62	
Avgang	-0.16	-0.63	-0.86	-0.79	0.24	0.03	-0.65	-0.60	0.28	-0.86	-0.75	-0.20	-0.73	-0.84	-0.30	0.45

Artsmangfoldet var negativt korrelert med mengden av avgang, positivt korrelert med glødetap og TOC. Gruveavgangen har en fortynnende virkning på de øvrige parametre i sedimentet, særlig organisk materiale (TOC og glødetap).

I Ranfjorden ble det observert lavere konsentrasjon av organisk materiale i indre enn i ytre del. Konsentrasjonene var dessuten tydelig lavere enn f.eks. langs kysten av Sør-Norge og i Surnadalsfjorden i Vest-Norge. Det er ikke naturlig at konsentrasjonen av organisk materiale synker innover i et fjordsystem. De lave konsentrasjonene av organisk materiale i indre Ranfjorden må skyldes det høye innslaget av mineralisk gruveavgang, som fortynner mengden av organisk materiale i sedimentet. Nedgangen i arts mangfold og endringen i artssammensetningen av bløtbunnfaunaen fra ytre til indre fjord falt sammen med økt innslag av gruveavgang i sedimentet og lavere konsentrasjon av organisk materiale. Det må derfor konkluderes med at forurensningen med gruveavgang er årsaken, eller én av de viktigste årsakene, til at faunaen er påvirket i indre fjord. Men også naturlige faktorer kan ha betydning. Avstanden fra åpen kyst til Nordrana er lang, og det er et vanlig fenomen at artsantallet avtar innover i lange fjorder. I tillegg kan sedimentasjon av naturlig materiale fra Ranelva påvirke faunaen. Prøver fra Sørfjorden (en parallell indre fjord som kan betraktes som en referansefjord til Nordrana) kunne ha vært brukt som sammenligningsgrunnlag for observasjonene fra Nordrana og gjort tolkningen av påvirkningsfaktorer sikrere. Ved neste bløtbunnsundersøkelse i Ranfjorden bør stasjoner i Sørfjorden inkluderes.

4.4.5. Utvikling fra 1981 til 1992

Undersøkelsene i 1981 (Rygg 1983) viste at dyresamfunnet på bløtbunn i Nordrana var unormalt artsfattig. Det ble konkludert med at industriforensningene hadde bidratt til denne utarmingen. Stasjonsposisjonene i 1981 (Figur 27) ble ikke nøyaktig fastslått. Sammenligning av "felles" stasjoner i de to årene er dermed usikker. Større vekt er lagt på endringer i tilstanden i området som helhet.

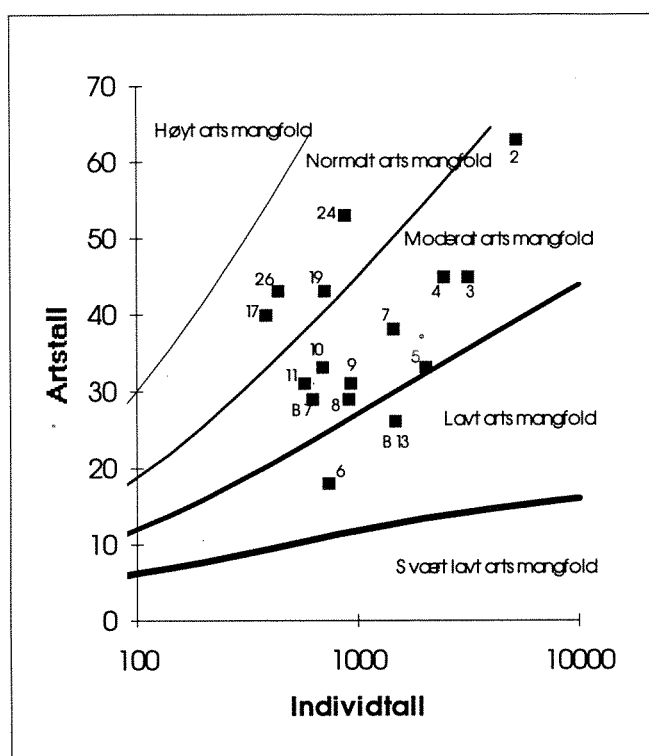


Figur 27. Kart over bløtbunnstasjonene i 1981.

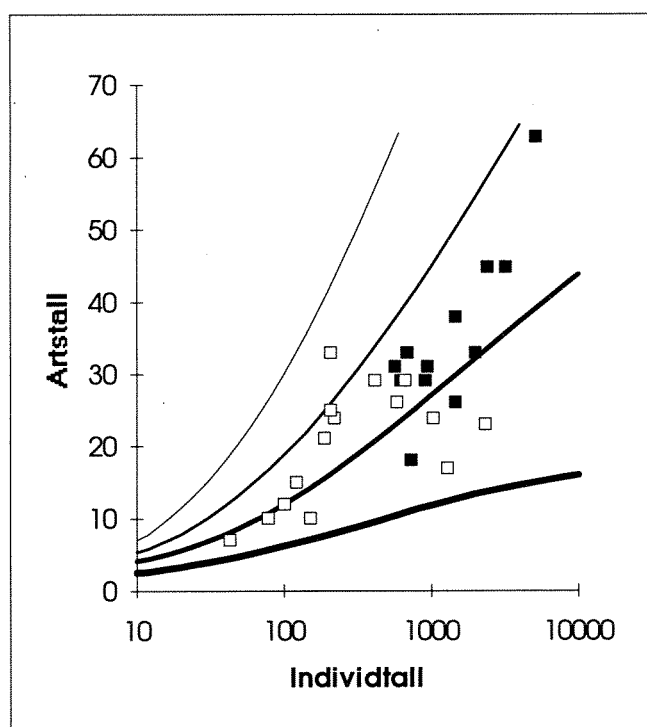
I 1981 ble det ikke tatt prøver lengre ute i fjorden enn Nordrana (innenfor Hemnesberget). Stasjon 17, 19, 24 og 26 fra 1992 er derfor ikke så godt sammenlignbare med observasjonene i 1981. Sammenligning av stasjonene i selve Nordrana (innenfor Hemnesberget) viste høyere individ- og artstall i 1992 enn i 1981, mens artsmangfoldet (diversitetsindeksen) bare var moderat (neppe signifikant) forhøyet (Tabell 11). Observasjonene fra 1992 viste et normalt artsmangfold i ytre fjord og et nedsatt artsmangfold i indre fjord (Nordrana). Tabell 12 viser de mest markerte endringene hos enkeltarter i Nordrana fra 1981 til 1992.

Tabell 11. Artstall, individtall og arts mangfold (H og $ES_{n=100}$) i 1981 og 1992. Verdiene fra 1981 gjelder fire sammenslåtte grabbprøver (Petersen-grabb). Verdiene fra 1992 gjelder to sammenslåtte grabbprøver (Day-grabb).

1992 Pr. 0.2 m ²					1981 Pr. 0.4 m ²				
Stasjon	Artstall	Individtall	H	$ES_{n=100}$	Stasjon	Artstall	Individtall	H	$ES_{n=100}$
2	63	5176	2.95	16.77	1	24	1028	3.13	13.4
3	45	3168	3.57	16.13	2	10	78	2.37	11.0
4	45	2436	3.23	16.32	3	7	43	1.39	-
5	33	2025	2.76	15.10	4	24	219	3.14	17.7
B7	29	619	2.44	13.68	5	25	204	3.01	17.7
6	18	739	2.47	9.91	6	17	1276	2.03	8.4
7	38	1438	3.56	17.43	7	10	150	1.35	9.0
8	29	903	2.90	14.67	8	23	2345	1.94	9.3
B13	26	1464	2.93	12.62	9	21	187	3.21	17.1
9	31	931	3.26	14.22	10	15	120	2.56	14.0
10	33	695	2.88	15.39	11	29	412	3.21	18.1
11	31	575	2.91	15.51	12	26	592	2.39	12.7
17	40	383	3.92	23.25	13	12	99	1.68	12.0
19	43	709	3.70	21.60	14	29	659	3.13	14.3
24	53	866	3.77	21.61	15	33	207	3.69	23.6
26	43	436	4.12	25.75					
Median	36	885	3.09	15.82	Median	23	207	2.56	13.7



Figur 28. Plott av artstall mot individtall og klassifisering av arts mangfold på stasjonene i 1992.



Figur 29. Plott av artstall mot individtall på stasjonene i indre fjord (jfr. Figur 28) i 1981 (hvite firkanter) og 1992 (svarte firkanter).

Tabell 12. De mest markerte endringer fra 1981 til 1992 i individtallet av vanlige arter i indre fjord (Nordrana).

Art	1981 (pr. 0.4 m ²)	1992 (pr. 0.2 m ²)
<i>Abra nitida</i>	0	777
<i>Harpinia</i> sp	3	133
<i>Kelliella miliaris</i>	2	113
<i>Spiophanes bombyx</i> / <i>S. kroeyeri</i>	4	309
<i>Tharyx</i> sp	0	126
<i>Polyphysia crassa</i>	104	1

Tabell 13. Individttall av de artene som var tallrike i indre fjord (Nordrana) både i 1981 og 1992.

Art	1981 (pr. 0.4 m ²)	1992 (pr. 0.2 m ²)
<i>Thyasira</i> spp	3292	5073
<i>Chaetozone setosa</i>	1805	4478
<i>Prionospio cirrifera</i>	417	2160
<i>Myriochele oculata</i> / <i>M. heeri</i>	171	1823
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	237	1193
<i>Heteromastus filiformis</i>	371	552
<i>Cossura longocirrata</i>	282	313
<i>Edwardsiidae</i> spp	300	155

For alle artene samlet var individtettheten 5-10 ganger høyere i 1992 enn i 1981. Nesten alle artene som var vanlige i 1981 hadde økt i individtetthet i 1992 (Tabell 13). Et markert unntak var børstemarken *Polyphysia crassa* (Tabell 12). I 1992 ble det også funnet høye individtall av flere arter som nesten eller helt manglet i 1981. Mest framtrædende var de høye individtallene av muslingen *Abra nitida* i 1992, en art som det ikke ble funnet et eneste individ av i 1981 (Tabell 9, 12). Årsaker til forskjellene kan være endrede miljøforhold eller naturlige bestandsfluktuasjoner. Endrede miljøforhold kan være naturlige eller forurensningsbetinget. Svingninger i rekrutteringsbetingelsene, f.eks. innsig av pelagiske larver og larvenedslag, kan gi store variasjoner fra år til år. Stansen i utslippet til sjø av grovfraksjonsavgangen 1988-1992 kan ha medført bedre livsbetingelser for faunaen i 1992. Imidlertid har sedimentene, også i 1988-1992, fremdeles vært preget av av den belastningen som foregikk tidligere. Avgangspartiklene finnes der og overdekkes bare langsomt av naturlige sedimenter. Men også sedimentasjonsraten av avgangspartikler kan ha betydning for faunaen. Denne raten har trolig vært tydelig lavere i 1988-1992.

5. Henvisninger

- Aure J, Dahl E, Green N, Magnusson J, Moy F, Pedersen A, Rygg B, Walday M, 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1991 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 510/93. 100 s. (NIVA løpenr. 2827)
- Clarke K R, 1991. Lecture Notes for a Training Workshop on Multivariate Analysis of Benthic Community Data. University of Oslo 25-27 October 1991.
- Clifford H T, Stephenson W, 1975. An Introduction to Numerical Classification. Academic Press, 229 pp.
- Green N, Knutzen J, Berglind L, Golmen L, 1993. Undersøkelse av miljøgifter i sediment og organismer fra Ranfjorden 1989-90. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 516/93. 157 s. (NIVA løpenr. 2872)
- Hektoen H, Helland A, Næs K, Rygg B. 1992. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden. Sedimenterende materiale, bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og diagnostisk undersøkelse av skrubbe. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 496/92. 95 s. (NIVA løpenr. 2791)
- Helland A, 1993. Nitriden industriområde i Arendal. Prosjektområde 6: Sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta. O-92219, 73 s. (NIVA løpenr. 2846)
- Hurlbert S N, 1971. The non-concept of species diversity. *Ecology* 53, 577-586.
- Kirkerud L, Bokn T, Knutzen J, Kvalvågnæs K, Magnusson J, Skei J, 1977. Resipientundersøkelse i Ranafjorden. Rapport nr. 2. Innledende hydrografiske, geokjemiske og biologiske undersøkelser. O-8000310, 141s. (NIVA)
- Knutzen J, Skei J, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. 139 s. (NIVA løpenr. 2540)
- Loring D H, Rantala R T T, 1991. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth - Science Reviews*, 32: 233-283.
- Næs K, Rygg B, 1990. Overvåking av Årdalsfjorden. Sedimenter og bløtbunnsfauna i 1989. 51 s. (NIVA løpenr. 2385)
- Rygg B, 1983. Basisundersøkelse i Ranafjorden - en marin industriresipient. Delrapport 5. Bløtbunnsfauna. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 121/84. 40 s. (NIVA løpenr. 1584)
- Rygg B, 1984. Bløtbunnsfaunaundersøkelser - et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. 29 s. (NIVA løpenr. F.481)
- Rygg B, 1992. Undersøkelse av bløtbunn i Surnadalsfjorden 1991. 19 s. (NIVA løpenr. 2708)

Rygg B, Th elin I, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av organiske stoffer. SFT-veiledning nr. 93:05, 16 s.

Shannon C E, Weaver W, 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.

Skei J, Paus P E, 1979. Surface metal enrichment and partitioning of metals in a dated sediment core from a Norwegian fjord. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43, 239-246

Vedlegg

Tabell I. Corerstasjoner i Ranfjorden november 1992.

Stasjon	Dyp (m)	Grader N	Grader E	Beskrivelse
2	98	6619.7	1407.47	Homogen siltig leire preget av avgang, grårosa
3	229	6618.8	1406.59	Som stasjon 4 men mer siltig, oransje børstemark oppreist fra sedimentet
4	215	6619.1	1405.48	Mer leirig enn stasjon 2, brunrosa topplag ellers grått, øvre 10 cm bioturbert.
5	316	6618.2	1404.41	Siltig leire, grårosa i toppen, mer grå nedover i kjernen.
6	363	6617.8	1403.88	Sand og silt overveiende, avgang, rødbrun overflate
7	423	6617.5	1400.62	Bare sand silt avgang
8	458	6617.5	1357.92	Brun overflate, silt, kun korte kjerner
9	487	6616.6	1356.16	Brun overflate noen mm, resten siltig avgang svært "fluffy", vanskelig å få tatt prøver
10	373	6616.0	1355.63	Brun overflate går over i grå leire
11	515	6615.7	1353.05	Rødbrun overflate, siltig avgang, horisonter av planterester
17	530	6655.1	1345.51	Brun topp, grårosa skjær ned til 20cm grå i bunnen, leire, bioturbert
19	319	6614.1	1336.56	Brun grønn topp gikk over i grå leire, bioturbert, pellets
24	301	6613.9	1322.09	Olivengrønn topp gikk over i grå leire, noe bioturbert
26	458	6609.8	1301.98	Olivengrønn topp gikk over i lys grå leire, bioturbert og svært løs i toppen, tråling?

Tabell II. Grabbstasjoner i Ranfjorden november 1992.

Stasjon	Dyp (m)	Grader N	Grader E	Beskrivelse (GF = Grabbens fylningsgrad)
2a	92	6619,73	1407,53	GF: 3/4 Glimmerrik sandig, siltig grårosa leire,
2b	96	6619,71	1407,41	GF: 1 alle grabber like
2c	105	6619,72	1407,55	GF: 1
2d	98	6619,72	1407,37	GF: 3/4
3a	230	6618,92	1406,34	GF: 1 Som på stasjon 2
3b	239	6618,85	1406,24	GF: 3/4
3c	233	6619,00	1406,30	GF: 1
3d	229	6618,93	1406,35	GF: 3/4
4a	213	6619,07	1405,47	GF: 1 Som på stasjon 2, men mer leirig,
4b	215	6619,05	1405,42	GF: 1 lite dyr
4c	208	6619,09	1405,53	GF: 1
4d	212	6619,08	1405,57	GF: 1
5a	310	6618,18	1404,38	GF: 1/2 Siltig grårosa leire, oransje
5b	310	6618,22	1404,43	GF: 1 børstemark oppreist i sedimentet,
5c	312	6618,23	1404,45	GF: 1 alle grabber like
5d	310	6618,23	1404,50	GF: 1
B7a	325	6617,88	1404,50	GF: 3/4 Siltig leire i toppen, grov sand med
B7b	322	6617,88	1404,50	GF: 1 mye glimmer i bunn, alle grabber
B7c	325	6617,81	1404,56	GF: 1 like
B7d	325	6617,90	1404,42	GF: 1
6a	365	6617,82	1403,83	GF: 1/2 Silt, sand, grus og større stein
6b	365	6617,79	1403,90	GF: 3/4 Siltig leire, muslingskall synlig
6c	365	6617,79	1403,80	GF: 1 grabb b, c og d var like
6d	372	6617,78	1403,82	GF: 1
7a	426	6617,50	1400,56	GF: 1/2 Svært hardt sediment, leirig silt,
7b	426	6617,52	1400,52	GF: 1/4 brunrosa overflate ellers grå til
7c	425	6617,48	1400,50	GF: 1/2 svart, alle grabber like
7d	424	6617,45	1400,49	GF: 1/2
8a	462	6617,50	1357,93	GF: 1/2 Som stasjon 7
8b	461	6617,49	1358,10	GF: 1/2
8c	455	6617,47	1358,21	GF: 1/2
8d	460	6617,50	1358,01	GF: 1/2
B13a	453	6617,76	1357,69	GF:1 Børstemark oppreist i sedimentet, siltig
B13b	454	6617,74	1357,64	GF:1 leire, brun overflate ellers grå.
B13c	454	6617,77	1357,65	GF:1 Mindre avgangspåvirket enn st.
B13d	454	6617,80	1357,66	GF:1 lenger inn. Alle grabber like
9a	485	6616,59	1356,24	GF:1 Siltig leire, brun overflate ellers
9b	486	6616,60	1356,21	GF:1 grå, endel kvist og planterester
9c	487	6616,58	1356,20	GF:1 alle grabber like
9d	486	6616,61	1356,21	GF:1
10a	375	6615,98	1355,70	GF:1 Homogen leire, brun topp ellers
10b	374	6615,99	1355,60	GF:1 grå, mye tomme rør etter mark
10c	377	6616,01	1355,57	GF:1
10d	375	6616,00	1355,55	GF:1/2

(forts.)

Tabell II (forts.) Grabbstasjoner i Ranfjorden november 1992.

Stasjon	Dyp (m)	Grader N	Grader E	Beskrivelse (GF = Grabbens fylningsgrad)
11a	517	6615,71	1353,02	GF:1 Som stasjon 10, linser av mer
11b	518	6615,69	1353,00	GF:1 avgangspåvirket sediment, alle
11c	517	6615,71	1353,03	GF:3/4 grabber like
11d	517	6615,67	1353,03	GF:1
17a	530	6615,11	1345,50	GF:1 Som stasjon 11, men manglet
17b	530	6615,13	1345,53	GF:1 linser av avgangspåvirket sediment
17c	530	6615,13	1345,54	GF:1
17d	530	6615,12	1345,45	GF:1
19a	322	6614,13	1336,50	GF:1 Homogen grå leire med grønnbrun
19b	319	6614,13	1336,56	GF:1 overflate, slangestjerner og
19c	319	6614,13	1336,54	GF:1 børstemark, klart visuelt skille
19d	319	6614,13	1336,60	GF:1 mellom sedimentet her og nærmere Mo
24a	300	6613,84	1323,00	GF:1 Som stasjon 19
24b	301	6613,86	1322,94	GF:1
24c	300	6613,86	1322,95	GF:3/4
24d	300	6613,84	1323,00	GF:1
26a	455	6609,81	1302,01	GF:1 Som stasjon 19
26b	455	6609,80	1301,97	GF:1
26c	455	6609,80	1302,03	GF:1
26d	455	6609,80	1301,95	GF:1

Tabell III. Sedimentets finhet (<63 μ) og innhold av organisk materiale (glødetap), analysert i overflatesediment (0-2 cm) fra grabbprøvene.

Stasjon (grabb)	<63 μ (%)	Glødetap (mg/g)	Stasjon (grabb)	<63 μ (%)	Glødetap (mg/g)
2a	26.79	11.39	10a	98.75	54.06
2b	74.92	35.79	10b	97.83	52.91
2c	74.50	35.18	10c	96.84	48.90
2d	35.00	17.83	10d	94.43	55.51
3a	58.62	28.05	11a	97.24	38.12
3b	54.73	26.32	11b	97.37	38.40
3c	79.00	32.92	11c	98.57	40.53
3d	65.27	31.70	11d	98.16	40.46
4a	94.85	46.97	17a	98.80	49.49
4b	95.61	46.03	17b	98.78	44.04
4c	94.00	46.55	17c	95.65	42.87
4d	95.70	43.25	17d	98.54	43.58
5a	93.81	35.93	19a	92.40	59.82
5b	94.54	29.56	19b	92.81	58.35
5c	94.03	24.56	19c	93.33	59.97
5d	88.64	23.01	19d	94.26	65.40
B7a	88.87	32.81	24a	89.98	62.24
B7b	93.40	35.59	24b	87.65	60.04
B7c	74.33	22.89	24c	88.05	59.95
B7d	91.71	28.97	24d	92.54	61.86
6a	63.15	13.28	26a	96.02	81.53
6b	67.69	20.59	26b	95.62	80.07
6c	69.10	16.49	26c	96.22	81.85
6d	67.16	19.03	26d	96.30	78.42
7a	59.38	20.09			
7b	70.50	18.74			
7c	75.80	25.54			
7d	74.43	29.26			
8a	62.94	12.74			
8b	57.85	19.82			
8c	69.31	17.83			
8d	43.20	12.57			
B13a	82.37	26.71			
B13b	85.14	30.55			
B13c	84.98	26.71			
B13d	70.16	34.77			
9a	93.57	36.35			
9b	84.19	17.39			
9c	80.24	36.45			
9d	87.40	17.60			

Tabell IV. Konsentrasjoner av total organisk karbon og nitrogen, metaller og PAH i overflatesediment (0-2 cm) fra corerprøvene.

Stasjon	Prøve	TOC	TON	Cd	Cu	Pb	Zn	Fe	Ni	Li	Co	Cr	Mn	F	Hg	PAH
		mg/g	mg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	ng/g
2	a	4.8		0.23	99.0	24.0	136	73.0	24.0	31.0						1498
2	b	4.3		0.28	74.0	24.5	142	77.5	30.0	31.0						1556
3	a	8.4		0.25	66.0	80.0	199	71.5	35.5	38.0						6373
3	b	8.2		0.25	67.5	75.0	203	69.0	36.5	39.5						6232
4	a	6.5		0.15	61.5	70.0	170	78.0	33.0	39.0						4038
4	b	6.3		0.19	66.0	75.0	177	74.5	33.5	38.5						4783
5	a	5.2		0.23	47.0	42.0	143	69.5	33.0	40.0	11.6	100	1510	540	0.03	2779
5	b	5.6		0.20	50.5	42.5	155	71.5	32.5	43.0	12.8	99	1820	380	0.04	2649
6	a	6.6		0.22	33.5	22.5	104	66.0	28.0	37.0						1545
8	a	1.3		0.16	26.5	22.5	71	53.0	21.5	21.5						254
9	a	3.6		0.20	36.0	27.5	105	55.5	29.5	34.5						1547
9	b	4.6		0.21	33.0	28.5	106	53.0	28.5	33.5						1516
10	a	8.7		0.17	74.0	185.0	309	72.0	44.5	57.0						5181
10	b	8.1		0.17	73.0	165.0	299	71.5	46.0	58.5						5750
11	a	7.4		0.22	53.0	44.0	156	71.0	35.5	46.0	12.0	101	1890	630	0.07	3570
11	b	6.8		0.20	51.0	65.0	165	71.5	38.5	50.5	13.8	107	2040	550	0.13	3002
17	a	8.3		0.34	67.5	95.0	224	63.5	40.5	50.5						4814
17	b	8.4		0.29	67.0	100.0	231	79.5	39.5	52.0						
19	a	11.6	1.2	0.22	50.5	105.0	225	60.1	48.5	54.0						3496
19	b	11.2	1.1	0.19	50.0	105.0	222	60.5	51.5	55.0						3137
24	a	10.9	1.3	0.11	37.0	90.0	179	54.5	46.5	50.5	15.3	123	2300	390	0.03	2621
24	b	10.8	1.3	0.11	36.5	95.0	179	54.0	47.0	48.0	14.4	127	2100	300	0.04	3194
26	a	14.5	2.0	0.16	34.5	70.0	167	49.5	49.5	49.0						1709
26	b	13.8	1.8	0.15	34.0	65.0	162	48.5	49.0	46.5						1460

Tabell V. Artenes individtall på de enkelte stasjonene.

	Stasjon	2	3	4	5	B7	6	7	8	B13	9	10	11	17	19	24	26
ANTHOZOA																	
Anthozoa indet		12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Anthozoa indet		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Edwardsiidae indet		21	46	24	30	0	4	18	6	6	0	1	0	0	0	0	0
Pennatulacea indet		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
PLATYHELMINTHES																	
Platyhelminthes indet		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
NEMERTINEA																	
Nemertinea indet		53	33	10	13	14	4	39	20	12	13	3	2	13	14	3	18
POLYCHAETA																	
Amage auricula Malmgren 1865		0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphicteis gunneri (M.Sars 1835)		0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampharete sp		0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0
Aphrodita aculeata Linne 1758		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asychis biceps (M.Sars 1861)		0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Capitella capitata (Fabricius 1780)		164	0	0	0	0	18	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Cauleriella sp		1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Ceratocephale loveni Malmgren 1867		13	7	17	3	0	0	2	0	1	1	0	2	1	0	0	0
Chaetozone setosa Malmgren 1867		2450	442	4	23	347	156	192	381	318	165	0	22	0	0	2	2
Chone sp		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clymenura sp		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
Cossura longocirrata Webster & Benedict		183	10	0	8	3	10	26	15	14	44	0	0	1	0	0	0
Drilonereis filum (Claparede 1868)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	32	49	8
Eteone sp		9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euchone sp		1	5	1	45	2	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0
Euclymene sp		0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
Glycera capitata Oersted 1843		1	7	9	2	2	1	8	2	1	4	0	4	3	0	1	8
Harmothoe sp		10	2	7	3	2	0	3	0	0	1	0	2	1	2	0	1
Hesionidae indet		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)		139	55	23	22	21	0	138	57	38	59	1	61	107	62	75	87
Lanassa venusta (Malm 1874)		0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leanira tetragona (Oersted 1844)		0	10	3	8	2	2	8	4	4	3	2	1	1	1	2	4
Lumbrineris sp		70	10	23	23	1	0	10	6	1	2	1	11	19	5	3	2
Maldane sarsi Malmgren 1865		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Maldanidae indet		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melinna cristata (M.Sars 1851)		1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	1	1
Mugga wahrbergi Eliason 1955		18	7	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myriochele oculata Zaks 1922		0	475	261	97	0	0	119	4	4	3	3	5	1	1	2	0
Myriochele cf. heeri Malmgren 1867		0	6	854	0	0	0	0	0	0	0	7	2	0	2	233	62
Nephtys ciliata (O.F.Mueller 1776)		3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Nephtys hombergii Savigny 1818		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nephtys paradoxa Malm 1874		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2
Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)		3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nothria conchylega (M.Sars 1835)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ophelina sp		7	42	0	0	0	11	0	4	0	0	0	0	1	0	0	1
Orbinia norvegica (M.Sars 1872)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	7	2	13

	Stasjon	2	3	4	5	B7	6	7	8	B13	9	10	11	17	19	24	26
<i>Paraonis gracilis</i> (Tauber 1879)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2	11
<i>Paramphinome jeffreysii</i> (McIntosh 1868)		140	178	24	68	42	90	151	40	213	247	15	75	11	14	10	13
<i>Paraonis lyra</i> (Southern 1914)		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pholoe minuta</i> (Fabricius 1780)		48	4	1	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phyllodoce groenlandica</i> (Oersted 1842)		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Phyllodocidae indet		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polydora caulleryi</i> Mesnil 1897		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polyphysia crassa</i> (Oersted 1843)		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Polycirrus</i> sp		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prionospio cirrifer</i> Wiren 1883		663	387	205	118	96	7	392	135	83	74	0	53	3	0	0	6
<i>Protodorvillea kefersteini</i> (McIntosh 1869)		11	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sabellidae indet		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scalibregmidae indet		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scoloplos armiger</i> (O.F.Mueller 1776)		33	0	6	0	0	0	0	8	0	4	4	0	10	1	4	0
<i>Scolecopsis</i> sp		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spio</i> sp		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spiophanes bombyx</i> (Claparede 1870)		0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spiophanes kroeyeri</i> Grube 1860		7	125	33	45	4	0	29	1	13	2	0	0	1	0	0	4
<i>Spiochaetopterus typicus</i> M.Sars 1856		0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	8	1	2	0	0	1
Syllidae indet		0	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Synelmis klatti</i> (Friedrich 1950)		0	1	0	0	0	0	0	2	1	3	0	1	0	0	0	0
<i>Terebellides stroemi</i> M.Sars 1835		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0
<i>Tharyx</i> sp		0	2	1	0	0	1	84	4	29	5	1	10	2	30	29	4
<i>Trochochaeta multiseta</i> (Oersted 1843)		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Typosyllis cornuta</i> (Rathke 1843)		16	15	29	6	0	0	11	0	1	2	0	0	0	0	0	0
OLIGOCHAETA																	
<i>Oligochaeta</i> indet		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROSOBRANCHIA																	
<i>Eulimella scillae</i> (Scacchi)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Lunatia montagui</i> (Forbes)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
OPISTHOBANCHIA																	
<i>Philine</i> cf. <i>quadrata</i> (S.Wood)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Philine</i> sp		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tectibranchia indet		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAUDOFOVEATA																	
<i>Caudofoveata</i> indet		1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	2	1	5	7
BIVALVIA																	
<i>Abra nitida</i> (Mueller 1789)		119	263	147	168	17	5	5	11	39	3	0	20	1	3	0	3
<i>Batharca pectunculooides</i> (Scacchi 1836)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cuspidaria obesa</i> (Loven 1846)		1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0
<i>Delectopecten vitreus</i> (Gmelin 1789)		5	4	3	17	13	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Kelliella miliaris</i> (Philippi 1844)		75	2	2	11	7	0	13	2	0	1	301	4	43	216	85	4
<i>Macoma calcarea</i> (Gmelin 1790)		57	47	4	15	0	1	3	1	9	3	0	1	0	0	0	0
<i>Modiolus</i> sp		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Mytilus edulis</i> Linne 1758		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nucula tumidula</i> (Malm)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	4	0
<i>Nucula turgida</i> Leckenby & Marshall		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	2	0
<i>Nuculoma</i> cf. <i>corticata</i> (Moeller)		0	2	3	0	1	0	0	0	0	0	21	0	1	9	5	0

	Stasjon	2	3	4	5	B7	6	7	8	B13	9	10	11	17	19	24	26
<i>Nucula cf. tumidula</i> (Malm)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi 1836)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Parvicardium</i> sp		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphenia binghami</i> Turton		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thyasira ferruginea</i> (Forbes)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	4	19	107	150	16
<i>Thyasira</i> spp	690	879	557	1275	29	423	133	183	642	262	69	259	19	25	24	91	
<i>Yoldiella fraterna</i> Verrill & Bush		0	7	81	5	0	0	26	10	26	20	65	17	37	70	54	12
<i>Yoldiella lenticula</i> (Mueller 1842)		18	0	4	6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Yoldiella lucida</i> (Loven 1846)		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	5	7	0
<i>Yoldiella</i> sp		0	0	0	0	1	0	3	0	0	3	2	1	0	1	0	0
SCAPHOPODA																	
Scaphopoda indet		0	2	2	2	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0
OSTRACODA																	
<i>Concheocia borealis</i> G.O.Sars		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Philomedes globosus</i> Lilljeborg		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
CUMACEA																	
<i>Diastylis rathkei</i> Kroeyer		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0
<i>Eudorella emarginata</i> Kroeyer	18	1	11	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	4	2	
<i>Leptostylis longimana</i> G.O.Sars		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Pseudocuma similis</i> Sars		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TANAIDACEA																	
Tanaidacea indet		0	0	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	2	0
ISOPODA																	
<i>Eurycope cornuta</i> G.O.Sars		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
AMPHIPODA																	
<i>Ampelisca cf. tenuicornis</i> Lilljeborg		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
<i>Bathymedon longimanus</i> (Boeck)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Bathymedon saussurei</i> (Boeck)		0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eriopisa elongata</i> Bruzelius		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1	10	5	5	27
<i>Haploops tubicola</i> Liljeborg		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0
<i>Harpinia</i> sp	53	76	0	0	2	1	0	1	0	0	6	0	9	14	19	9	
<i>Hippomedon propinquus</i> G.O.Sars		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hoplonyx caeculus</i> G.O.Sars		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Leptophoxus falcatus</i> (G.O.Sars)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Monoculodes packardi</i> Boeck		1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orchomenella minuta</i> Kroeyer		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paraphoxus oculatus</i> Sars 1891		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1
<i>Paroedicerus lynceus</i> (M.Sars)		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Syrrhoe crenulata</i> Goes		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
DECAPODA																	
Paguridae indet		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pandalus borealis</i> Kroeyer		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
SIPUNCULIDA																	
<i>Golfingia</i> sp		2	1	11	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	3	1	1
ECHIUROIDEA																	
<i>Echiurus echiurus</i> (Pallas)		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ASTEROIDEA																	
<i>Ctenodiscus crispatus</i> (Bruz.)		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	4	8	1

	Stasjon	2	3	4	5	B7	6	7	8	B13	9	10	11	17	19	24	26
OPHIUROIDEA																	
Ophiura cf. affinis	Luetken	5	3	1	2	4	0	3	0	0	0	0	0	19	8	0	0
Ophiura	sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	22	0	1	12	15	1
ECHINOIDEA																	
Echinocardium	cordatum (Pennant)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Echinocardium	flavescens (O.F.Mueller)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HOLOTHUROIDEA																	
Labidoplax	buski (McIntosh)	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	15	20	0
Phyllophorus	pellucidus (Fleming)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VARIA																	
Vermiformis	indet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Tabell VI. Resultater av kjemiske analyser av bunnsedimenter fra Ranfjorden 1992.

Ranfjorden 1992, analyser av overflatesedimenter (0-2 cm)									
Stasjoner	TOC %	TOT-N%	Cd ppm	Fe%	Pb ppm	Zn ppm	Cu ppm	Ni ppm	Li ppm
2	0,48	<,1	0,23	7,3	24	136	99	24	31
2	0,43		0,28	7,75	24,5	142	74	30	31
3	0,84		0,25	7,15	80	199	66	35,5	38
3	0,82		0,25	6,9	75	203	67,5	36,5	39,5
4	0,65		0,15	7,8	70	170	61,5	33	39
4	0,63		0,19	7,45	75	177	66	33,5	38,5
9	0,36		0,2	5,55	27,5	105	36	29,5	34,5
9	0,46		0,21	5,3	28,5	106	33	28,5	33,5
10	0,87		0,17	7,2	185	309	74	44,5	57
10	0,81		0,17	7,15	165	299	73	46	58,5
17	0,83		0,34	6,35	95	224	67,5	40,5	50,5
17	0,84		0,29	7,95	100	231	67	39,5	52
6	0,66		0,22	6,6	22,5	104	33,5	28	37
8	0,13		0,16	5,3	22,5	71	26,5	21,5	21,5
19	1,16	0,12	0,22	6,01	105	225	50,5	48,5	54
19	1,12	0,11	0,19	6,05	105	222	50	51,5	55
26	1,45	0,2	0,16	4,95	70	167	34,5	49,5	49
26	1,38	0,18	0,15	4,85	65	162	34	49	46,5

Stasjoner	Co ppm	Cr ppm	As ppm	Hg ppm	Mn mg/g	F mg/g
5	11,6	100	<25	0,03	1,51	0,54
5	12,8	99		0,04	1,82	0,38
11	12	101		0,07	1,89	0,63
11	13,8	107		0,13	2,04	0,55
24	15,8	123		0,03	2,3	0,39
24	14,4	127		0,04	2,1	0,3

Tabell VI. forts.

Stasjon 5 (K1 = kjerne 1, K2 = kjerne 2)											
Sedimentdybde	K1 Cd mg/kg	K2 Cd mg/kg	K1 Cu mg/kg	K2 Cu mg/kg	K1 Pb mg/kg	K2 Pb mg/kg	K1 Zn mg/kg	K2 Zn mg/kg	K1 Fe %	K2 Fe %	
0-2	0,23	0,2	47	50,5	42	42,5	143	155	6,95	7,15	
2-4	0,24	0,46	49,5	61,5	36,5	100	136	210	8,05	8,05	
4-6	0,53	0,87	65	86	130	185	233	374	10,2	7,5	
6-8	0,78	0,42	73	54	145	75	310	191	7,7	7,4	
8-10	0,35	2,5	53	87,5	65	235	172	595	9,7	7	
10-12	0,72	0,93	61	71,5	100	125	254	353	6,85	6,3	
12-14	2,1	1,4	76,5	68,5	170	110	488	364	7,75	7,2	
14-16	0,61	2	58,5	85,5	90	170	227	474	6,45	6,5	
16-18	0,68	3,8	64,5	109	105	270	243	855	6,8	7,35	
18-20	1,6	1,9	74,5	82,5	135	160	392	483	6,9	7	
20-22	2,4	2,5	89,5	127	195	295	571	679	7,1	6,8	
22-24	1,7	0,86	79,5	78,5	130	145	451	328	6,15	7,4	
24-26	0,74	0,44	62,5	55,5	85	65	267	167	6,3	5,1	
26-28	1,8	0,86	104	77,5	250	125	522	330	7,35	10,4	
28-30	0,5	1	56,5	66	85	120	199	307	9	9,65	
30-32	0,33	0,9	46,5	60	37,5	120	132	284	7,5	10,2	
32-34	0,33	1,2	49	74,5	45,5	185	149	341	8,9	8,8	
34-36	0,6	1,3	74	94	105	215	241	387	10,7	8	
36-38	0,6	1,2	55	89,5	90	195	230	370	6,1	5,85	
38-40	0,56	0,8	53	66,5	80	130	209	279	7,4	7,65	
Stasjon 11											
Sedimentdybde	K1 Cd mg/kg	K2 Cd mg/kg	K1 Cu mg/kg	K2 Cu mg/kg	K1 Pb mg/kg	K2 Pb mg/kg	K1 Zn mg/kg	K2 Zn mg/kg	K1 Fe %	K2 Fe %	
0-2	0,22	0,2	53	51	44	65	156	165	7,1	7,15	
2-4	0,17	0,16	55,5	55,5	80	85	189	179	7,15	6,35	
4-6	0,17	0,26	60,5	50	85	75	188	169	7,1	6,95	
6-8	0,28	0,28	59,5	53	85	85	185	184	8,65	6,9	
8-10	0,39	0,27	58	47	80	75	211	164	8,25	6,8	
10-12	0,37	0,25	51,5	53	65	95	161	189	5,95	6,4	
12-14	0,35	0,22	53,5	55,5	80	105	185	200	7,5	7,5	
14-16	0,32	0,24	41	53,5	60	100	153	187	5,1	6,85	
16-18	0,33	0,22	51	53,5	70	105	157	187	6,95	7	
Stasjon 24											
Sedimentdybde	K1 Cd mg/kg	K2 Cd mg/kg	K1 Cu mg/kg	K2 Cu mg/kg	K1 Pb mg/kg	K2 Pb mg/kg	K1 Zn mg/kg	K2 Zn mg/kg	K1 Fe %	K2 Fe %	
0-2	0,11	0,11	37	36,5	90	95	179	179	5,45	5,4	
2-4	0,13	0,14	39,5	39,5	100	105	193	199	5,7	5,6	
4-6	0,14	0,15	43	41	105	115	204	207	5,7	5,65	
6-8	0,17	0,15	40	39,5	100	100	214	204	5,8	5,75	
8-10	0,14	0,14	39	38	85	85	192	192	5,55	5,55	
10-12	0,14	0,14	37,5	37	75	60	185	174	5,5	5,55	
12-14	0,13	0,11	32	32	37,5	38	153	150	5,45	5,65	
14-16	0,12	0,13	35	32	35,5	33,5	146	140	5,45	5,45	
16-18	0,13	0,13	31,5	32	30,5	30,5	137	134	5,4	5,45	
18-20	0,13	0,13	29	34,5	28	29	130	132	5,5	5,6	
20-22	0,12	0,12	31	31,5	29,5	27	133	129	5,4	5,45	

Tabell VII. PAH analyser av sedimenter fra Ranfjorden 1992. Rådata.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Ranfjord
 Oppdragsnr. : 800310
 Prøver mottatt : 24.6.93
 Lab.kode : XEH 1-6
 Jobb.nr. : 93/130
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 30.8.93
 Analytiker : Brg

1: St.2 0-2cm A
 2: St.2 0-2cm B
 3: St.3 0-2cm A
 4: St.3 0-2cm B
 5: St.4 0-2cm A
 6: St.4 0-2cm B

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	43		100	122		
2-M-Naf.			17	8		
1-M-Naf.			10	4		
Bifenyl	11	7	18	14		
2,6-Dimetylnaftalen	6	4	11	8		
Acenaftalen	14	17	43	46		
Acenaften	6	6	13	15		
2,3,5-Trimetylnaftalen	8	5		5		
Fluoren	10	7	25	26	9	10
Fenantren	69	71	310	297	270	263
Antracen	13	16	69	82	57	63
1-Metylfenantren	5	5	15	15	25	17
Fluoranten	141	131	467	516	372	438
Pyren	106	99	337	372	283	317
Benz(a)antracen*	87	82	289	282	197	225
Chrysen	134	130	459	429	289	327
Benzo(b)fluoranten*	205	223	980	916	613	685
Benzo(j,k)fluoranten*	i.a.)	89	333	311	i.a.)	251
Benzo(e)pyren	139	143	661	588	362	400
Benzo(a)pyren*	144	152	432	602	382	430
Perylen	77	79	246	229	157	174
Ind. (1,2,3cd)pyren*	108	113	593	526	385	468
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1)	23	23	123	122	80	97
Benzo(ghi)perylene	149	154	822	697	557	618
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	1498	1556	6373	6232	4038	4783
Derav KPAH(*)	567	682	2750	2759	1657	2156
%KPAH	37.9	43.8	43.2	44.3	41.0	45.1
%Tørrstoff						

i.a.)-ikke analysert

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Tabell VII. forts.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Ranfjord
 Oppdragsnr. : 800310
 Prøver mottatt : 24.6.93
 Lab.kode : XEH 7-12
 Jobb nr. : 93/130
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 1.9.93
 Analytiker :

1: St.9 0-2cm A
 2: St.9 0-2cm B
 3: St.10 0-2cm A
 4: St.10 0-2cm B
 5: St.17 0-2cm A
 6: St.17 0-2cm B

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen						
2-M-Naf.						
1-M-Naf.						
Bifenyl						
2,6-Dimetylnaftalen					2	23
Acenaftylen					60	381
Acenaften					15	45
2,3,5-Trimetylnaftalen						7
Fluoren		12		28	44	455
Fenantren	55	42	267	283	351	3479
Antracen	27	22	75	128	83	1932
1-Metylfenantren		7		41	24	291
Fluoranten	136	101	426	513	436	5505
Pyren	113	76	326	399	344	4120
Benz(a)antracen*	67	60	247	304	254	2362
Chrysen/trifenylen	115	125	353	412	325	2734
Benzo(b)fluoranten*	285	289	1218	1240	691	3372
Benzo(j,k)fluoranten*	x)	x)	x)	x)	226	1233
Benzo(e)pyren	148	151	449	427	345	1536
Benzo(a)pyren*	167	163	390	463	354	2213
Perylen	183	219	169	187	206	684
Ind. (1,2,3cd)pyren*	107	106	550	589	472	1778
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1	28	27	146	159	108	351
Benzo(ghi)perylene	116	116	565	577	474	1605
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	1547	1516	5181	5750	4814	34106
Derav KPAH(*)	654	645	2551	2755	2105	11309
%KPAH	42.3	42.5	49.2	47.9	43.7	33.2
%Tørrstoff						

x) inkludert i benzo(b)fluoranten

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).

Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Tabell VII. forts.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Ranfjord
 Oppdragsnr. : 800310
 Prøver mottatt : 24.6.93
 Lab.kode : XEH 13-18
 Jobb nr. : 93/130
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 1.9.93
 Analytiker : Brg

1: St.6 0-2cm A
 2: St.8 0-2cm A
 3: St.19 0-2cm A
 4: St.19 0-2cm B
 5: St.260-2A
 6: St.260-2B

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen					79	60
2-M-Naf.					18	12
1-M-Naf.					20	12
Bifenyl			8		20	22
2,6-Dimetylnaftalen			2	2	5	4
Acenaftalen	14	4	26		20	16
Acenaften	12		6	6	19	14
2,3,5-Trimetylnaftalen	2				4	5
Fluoren	19	1	16	18	15	8
Fenantren	75	14	133	143	46	38
Antracen	29	4	45	101	15	12
1-Metylfenantren	10	2	19	19	9	9
Fluoranten	144	23	288	273	122	97
Pyren	111	14	226	213	90	74
Benz(a)antracene*	66	12	175	171	55	42
Chrysen/trifenyl	135	24	257	229	95	74
Benzo(b)fluoranten*	219	71	670	374	334	281
Benzo(j,k)fluoranten*	x)	x)	x)	158	x)	x)
Benzo(e)pyren	114	19	247	207	157	144
Benzo(a)pyren*	121	17	238	210	132	103
Perylen	281	20	97	78	28	24
Ind. (1,2,3cd)pyren*	85	7	482	412	213	192
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1	21	3	114	111	21	39
Benzo(ghi)perylene	87	19	447	412	192	178
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	1545	254	3496	3137	1709	1460
Derav KPAH(*)	512	110	1679	1436	755	657
%KPAH	33.1	43.3	48.0	45.8	44.2	45.0
%Tørrstoff						

x) inkludert i benzo(b)fluoranten

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Tabell VII. forts.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Ranfjord
 Oppdragsnr. : 800310
 Prøver mottatt : 24.6.93
 Lab.kode : XEH 19-20,57-60
 Jobb.nr. : 93/130
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 1.9.93
 Analytiker : Brg

1: St.5A I 0-2cm
 2: St.5A II 0-2cm
 3: St.5A I 38-40cm
 4: St.5A II 38-40cm
 5: St.11A I 0-2cm
 6: St.11A II 0-2cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	34				58	
2-M-Naf.	14				29	
1-M-Naf.	13				23	
Bifenyl	20				29	
2,6-Dimetylnaftalen	6				15	5
Acenaftalen	30				35	35
Acenaften	17		5	7	16	16
2,3,5-Trimetylnaftalen	5				11	4
Fluoren	24	24	5	12	27	27
Fenantren	95	110	38	55	140	126
Antracen	42	55	17	30	64	50
1-Metylfenantren	12	26	3		18	13
Fluoranten	186	192	87	122	250	220
Pyren	150	160	91	126	201	180
Benz(a)antracen*	133	137	109	137	206	166
Chrysen	216	216	134	193	312	264
Benzo(b)fluoranten*	365	481	318	364	635	572
Benzo(j,k)fluoranten*	161	x)	134	154	x)	x)
Benzo(e)pyren	226	214	184	207	254	234
Benzo(a)pyren*	247	240	187	205	276	245
Perylen	248	240	187	195	290	220
Ind. (1,2,3cd)pyren*	226	242	172	200	292	267
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1)	69	71	50	60	91	67
Benzo(ghi)perylene	240	241	173	201	298	291
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	2779	2649	1894	2268	3570	3002
Derav KPAH(*)	1201	1171	970	1120	1500	1317
%KPAH	43.2	44.2	51.2	49.4	42.0	43.9
%Tørrstoff						

x) inkludert i benzo(b)fluoranten

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).

Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Tabell VII. forts.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Ranfjord
 Oppdragsnr. : 800310
 Prøver mottatt : 26.6.93
 Lab.kode : XEH 75-78,98-99
 Jobb nr. : 93/130
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 1.9.93
 Analytiker : Brg

1: St.11A I 16-18cm
 2: St.11A II 16-18cm
 3: St.24A1 I 0-2cm
 4: St.24A1 II 0-2cm
 5: St.24A I 20-22cm
 6: St.24a II 20-22cm

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	22					
2-M-Naf.	7	2	9			
1-M-Naf.	4	5	11			
Bifenyl	14	3	16		13	
2,6-Dimetylnaftalen	6		11	3	4	
Acenaftalen	33	28	20	20		
Acenaften	18	10	11	8		
2,3,5-Trimetylnaftalen	5		15			
Fluoren	34	22	14	10	5	
Fenantren	142	121	60	70		
Antracen	51	55	23	25		
1-Metylfenantren	14	15	11	9		1
Fluoranten	196	227	142	173		
Pyren	183	203	112	143	1	
Benz(a)antracen*	173	155	64	69		
Chrysen/trifenylene	201	253	113	126	4	2
Benzo(b)fluoranten*	463	707	476	427	7	?
Benzo(j,k)fluoranten*				177		
Benzo(e)pyren	192	265	194	230	7	9
Benzo(a)pyren*	203	251	168	192	?	2
Perylen	207	246	31	55		
Ind.(1,2,3cd)pyren*	206	271	278	287	4	1
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1	47	75	52	62		
Benzo(ghi)perylene	200	280	239	274	1	?
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	2621	3194	2070	2360	46	15
Derav KPAH(*)	1092	1459	1038	1214	11	3
%KPAH	41.7	45.7	50.1	51.4	23.9	20.0
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Tabell VIII. Aldersdatering av bunnsedimenter (stasjon 5 og 24) fra Ranfjorden 1992.



Rapport til:

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
(NIVA)

Vedrørende:

^{210}Pb -DATERING AF TO SEDIMENTKERNER
FRA RANAFJORDEN

Sagsbehandler:

Akad.ing. Arne Jensen

Sag nr.: 408144

Dato: 1994-03-09/AAW

HEAD OFFICE - SCIENCE PARK HØRSHOLM

11, Agern Allé
Forskningscentret
DK-2970 HØRSHOLM
Denmark
Telefon: + 45 42 86 52 11
Telefax: + 45 42 86 72 73

Giro: 314 49 09
Bank: DEN DANSKE BANK
Telex: 37874 VKICPH
Telegram: waterquality hørsholm

REGIONAL OFFICE - SCIENCE PARK AARHUS

Forskerparken
10, Gustav Wiedes Vej
DK-8000 AARHUS C
Denmark
Telefon: + 45 86 20 20 00
- (direct): + 45 86 20 20 11/2100
Telefax: + 45 86 20 12 22

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	INDLEDNING	1
2.	CRS DATERING	1
3.	BESTEMMELSE AF AKKUMULATIONS-RATER FOR TØRSTOF	2
3.1	Model	2
3.2	Resultater	3
3.3	Kommentarer	3
4.	KONKLUSION	5
5.	REFERENCER	5

BILAG 1 FIGURER OG RÅDATA FOR STATION NO. 5

BILAG 2 FIGURER OG RÅDATA FOR STATION NO. 24

1. INDLEDNING

Vandkvalitetsinstituttet har for Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA), Aud Helland, foretaget bly-210 (^{210}Pb) datering af to sedimentkerner udtaget i Ranafjorden, Nordnorge. Kernerne blev opskåret af rekvirenten i 2,0 cm tykke skiver. Sammen med de tørrede sedimentskiver blev fremsendt resultaterne af tørstofbestemmelserne ned igennem sedimentkernerne. Prøvetagningslokalitet og saliniteten er ligeledes blevet oplyst.

^{210}Pb isotopen, der har en halveringstid på 22,3 år, tilføres atmosfæren ved henfald af radon-222, som diffunderer ud af jorden. Disse isotoper er en del af uran-238's henfaldskæde. ^{210}Pb i sedimentprofilet stammer dels fra atmosfærisk nedfald (unsupported ^{210}Pb), og dels fra henfald af radon i sedimentet (supported ^{210}Pb). Baggrundsværdien for ^{210}Pb bestemmes ud fra mængden af supported ^{210}Pb , som er uafhængig af sedimentationen. Bestemmelsen af supported ^{210}Pb sker fra de dybere lag i sedimentet, hvor koncentrationen er konstant, idet al unsupported ^{210}Pb er henfaldet.

2. CRS-DATERING

Kernen er dateret ved hjælp af CRS-metoden (Constant Rate of Supply af ^{210}Pb). Metoden til bestemmelse af ^{210}Pb -koncentrationen i sedimentet, samt principperne for CRS-datering af sedimentkerner, er nærmere beskrevet i ref. /1/. Dateringen er udført på basis af tørstofindholdet korrigeret for saltindholdet i sedimentet.

3. BESTEMMELSE AF AKKUMULATIONS-RATER FOR TØRSTOF

På grundlag af ^{210}Pb -koncentrationen på tørstofbasis ned igennem sedimentsøjlen bestemmes akkumulationsraten af sedimentet.

3.1 Model

Fordelingen af unsupported ^{210}Pb i en sedimentkerne kan matematisk beskrives ved advektions-diffusionsligningen:

$$(1) \quad \frac{dA}{dt} = D \frac{d^2A}{dz^2} - \omega \frac{dA}{dz} - \lambda A$$

hvor

A = koncentration af ^{210}Pb (dpm/g)

D = blandingskoefficient ($\text{cm}^2/\text{år}$)

z = dybde fra overfladen (cm)

ω = lineær akkumulationsrate ($\text{cm}/\text{år}$)

λ = henfaldskonstanten for ^{210}Pb (år^{-1})

t = tiden (år)

Denne ligning løses, idet man forudsætter stationære sedimentationsforhold ($dA/dt = 0$). Blandingsintensiteten D antages at følge en halv gausisk fordeling, ref. /2/:

$$(2) \quad D = D_0 e^{-\frac{z^2}{2\sigma^2}}$$

hvor D_0 er blandingsintensiteten i sedimentoverfladen og σ er den effektive blandingsdybde. Blandingsparametrene er fundet ved at optimere løsningen af ligning (1) i forhold til det målte ^{210}Pb profil.

3.2 Resultater

Resultaterne af bestemmelserne af ^{210}Pb findes i bilag 1B og 2B. Ved CRS-metoden er sedimentets alder som funktion af dybden under sedimentoverfladen blevet bestemt. Resultaterne ses i figur 1 i bilag 1A og 2A.

I figur 2 i bilag 1A og 2A er vist dels de målte koncentrationer af ^{210}Pb og dels den optimerede løsning af ligning (1) for de to sedimentkerner som funktion af massedybden (g/cm^2). Løsningen af ligning (1) er baseret på det antal snit, som er vist i tabel 1. For at opnå den optimale modelløsning kan der være udelukket nogle af de øverste snit i modelberegningerne. Dette bevirker, at akkumulationsraten bestemmes på snittene derunder.

Ved konstant sedimentationsrate bør sammenhængen imellem ^{210}Pb koncentrationen som funktion af massedybden være lineær (figur 2). Er dette tilfældet, kan resultaterne af dateringen tolkes med relativ stor sikkerhed, idet dette normalt bevirker, at der findes en god sammenhæng imellem sedimentets dybde og alder (figur 1).

I bilag 1B og 2B er vist de benyttede data ved dateringen af sedimentkernen.

Tabel 1. Antal snit af kernen inkluderet i beregningerne.

Stationsnavn	Bilagsno.	Antal snit inkl. i model	Antal snit excl. i modeloptimering	Bemærkninger
Ranafjorden st. no. 5	1	3	0	
Ranafjorden st. no. 24	2	10	1 (0-1 cm)	

3.3 Kommentarer

Ranafjorden st. no. 5

Resultaterne af ^{210}Pb -målingen viser stort set konstant indhold under 10 cm dybde. Der er derfor foretaget en datering på de øverste 6 cm. Figur 1 i bilag 1A viser et groft estimat af den lineære akkumulationsrate (de horisontale linier angiver 68 % prediktionsinterval).

Af bilag 1A, figur 2, ses det, at den tilpassede steady state model af sedimentationsforholdene passer dårligt med de observerede værdier. Den beregnede akkumulationsrate giver derfor kun en størrelsesorden for masseakkumulationsraten.

På grund af den meget lille dybde med et faldende indhold af ^{210}Pb er resultatet af dateringen ikke særlig god, hvorfor resultatet kun skal anvendes til at angive en størrelsesorden for sedimentakkumulationen. Formentlig er området ikke et permanent akkumulationsområde.

Ranafjorden st. no. 24

Figur 1 i bilag 2A viser, at akkumulationsraten stort set er lineær fra overfladen til 14 cm dybde og med en lille standardafvigelse på de estimerede aldre (de horisontale linier viser 68 % prediktionsinterval). På det dybdeste snit er der en meget stor usikkerhed på aldersbestemmelsen.

Af bilag 1A, figur 2, ses det, at den tilpassede steady state model af sedimentationsforholdene passer fint med de observerede værdier. Den beregnede akkumulationsrate beskriver derfor sedimentationen i den anførte tidsperiode. Der er nogen opblanding i de øverste lag, idet den lineære blandingsdybde er 1,0 cm. Da denne er beregnet som en halv gaussisk fordeling, svarer opblandingen til 2-3 cm dybde. Dateringen betragtes som værende meget fin.

Tabel 2. Akkumulationsrater, blandingskoefficient, effektiv og reel blandingsdybde.

Stationsnavn	Akkumulationsrate		Blandingskoefficient cm ² /år	Blandingsdybde		Kvalitet af datering
	Masse g/cm ² /år ± s.d.	Lineær mm/år (dybde 0-2 cm)		Effektiv model cm	Reel cm	
Ranafjorden st. no. 5	0,34 ± 0,44	0,4	43	0,2	0,4- 0,6	*
Ranafjorden st. no. 24	0,108 ± 0,007	1,9	12	1,0	2,0- 3,0	***

s.d. = standard deviation

*** fin datering, ** rimelig datering, *dårlig datering

4. KONKLUSION

På sedimentkernen fra den inderste del af Ranafjorden (st. no.5) er det ikke muligt at foretage en tilfredstillende datering, idet ²¹⁰Pb-indholdet stort set er konstant under 10 cm dybde. Den foretagne aldersbestemmelse angiver derfor kun en størrelsesorden for akkumulationen. Formentlig er området ikke et permanent akkumulationsområde.

På den anden kerne fra Ranafjorden (st. no. 24) er der blevet udført en meget fin datering.

5. REFERENCER

- /1/ Pfeiffer Madsen, P. and Sørensen, J., 1979. Validation of the Lead-210 Dating Method. J. Radioanal. Chem. **54**, 39-48.
- /2/ Christensen, E. R., 1982. A Model for Radionuclides in Sediment Influenced by Mixing and Compaction. J. of Geophysical Research **87**, 566-572.

BILAGSDEL

Ranafjorden st. no. 5, Nordnorge

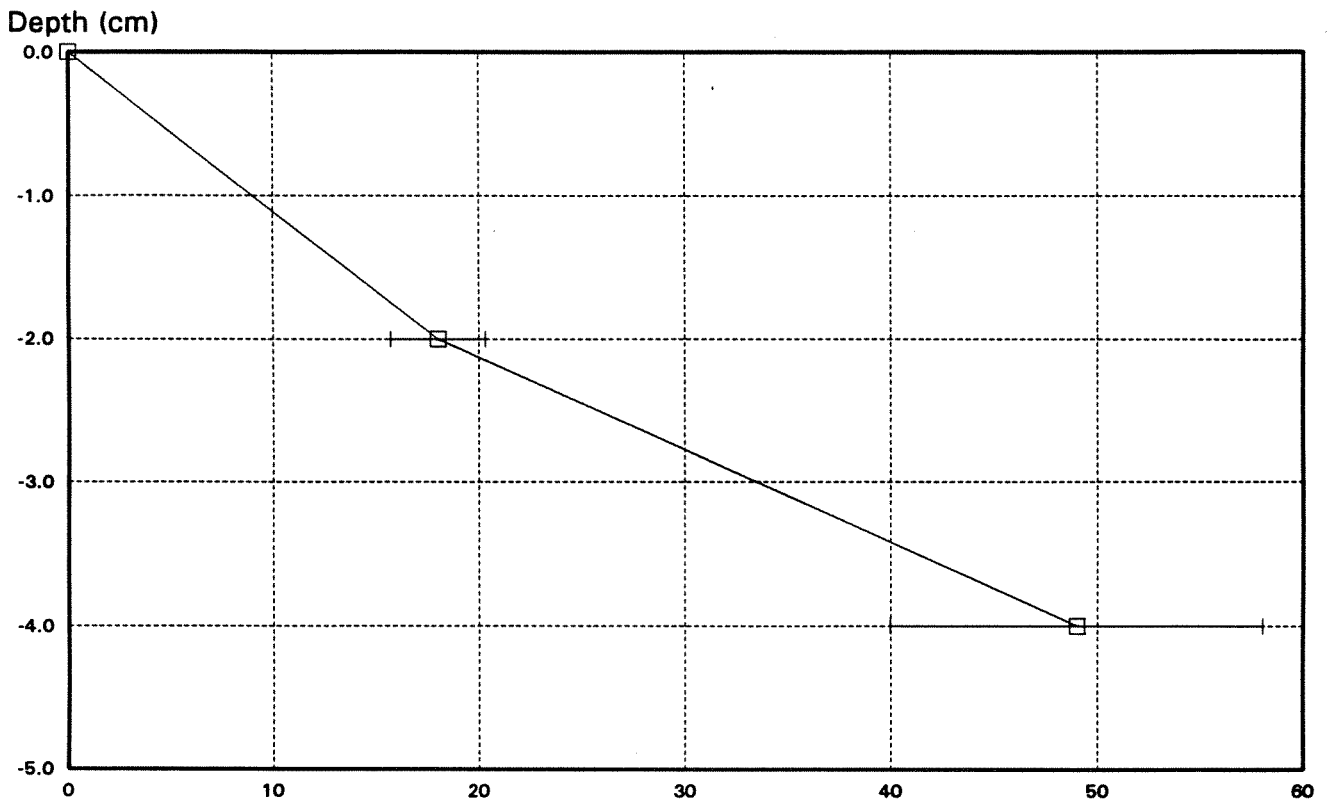


Figure 1. Years from 1993 (including 68% prediction interval)

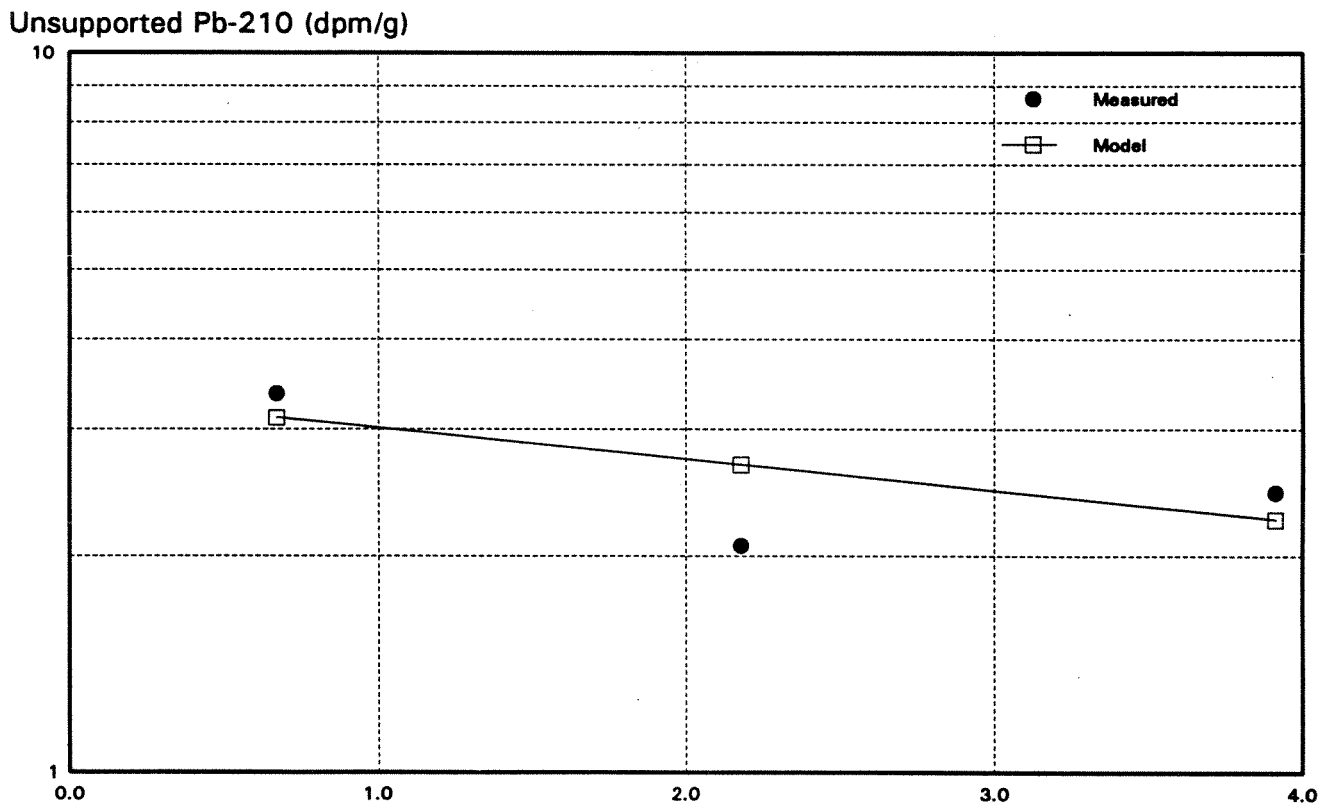


Figure 2. Mass depth (g/cm²)

SAG NR 408144-D404
 DATO 23. feb. 1994
 BETEGNELSE Ranafjorden st. 5, Nordnorge
 OPERATØR US/AJE

BILAG 1B

I	T	B	TS	GL	TPB	STPB	TRV	TV	MD	LD	UPB	SUPB
cm	cm	cm	% vv	% ts	dpm/g	dpm/g	g/cm3	g/cm2	g/cm2	cm	dpm/g	dpm/g
1	0	2	47.80	IM	4.56	0.16	0.670	1.34	1.34	1.00	3.36	0.19
2	2	4	55.78	IM	3.27	0.13	0.838	1.68	3.02	3.00	2.07	0.16
3	4	6	58.18	IM	3.65	0.15	0.894	1.79	4.81	5.00	2.45	0.18
4	6	8	58.15	IM	IM	IM	0.893	1.79	6.59	7.00	IM	IM
5	8	10	59.48	IM	1.20	0.10	0.925	1.85	8.44	9.00	-0.00	0.14
6	10	12	63.70	IM	IM	IM	1.031	2.06	10.50	11.00	IM	IM
7	12	14	66.92	IM	2.01	0.10	1.118	2.24	12.74	13.00	0.81	0.14
8	14	16	63.93	IM	IM	IM	1.037	2.07	14.81	15.00	IM	IM
9	16	18	62.58	IM	2.05	0.11	1.002	2.00	16.82	17.00	0.85	0.15
10	18	20	63.39	IM	IM	IM	1.023	2.05	18.86	19.00	IM	IM
11	20	22	63.76	IM	IM	IM	1.033	2.07	20.93	21.00	IM	IM
12	22	24	62.28	IM	IM	IM	0.994	1.99	22.92	23.00	IM	IM
13	24	26	63.25	IM	IM	IM	1.019	2.04	24.96	25.00	IM	IM
14	26	28	61.94	IM	2.21	0.11	0.986	1.97	26.93	27.00	1.01	0.15
15	28	30	64.46	IM	IM	IM	1.051	2.10	29.03	29.00	IM	IM
16	30	32	65.13	IM	IM	IM	1.069	2.14	31.17	31.00	IM	IM
17	32	34	64.77	IM	2.01	0.10	1.059	2.12	33.29	33.00	0.81	0.14
18	34	36	66.85	IM	IM	IM	1.116	2.23	35.52	35.00	IM	IM
19	36	38	66.42	IM	IM	IM	1.104	2.21	37.73	37.00	IM	IM
20	38	40	66.60	IM	1.36	0.08	1.109	2.22	39.95	39.00	0.16	0.13
21	40	42	66.67	IM	IM	IM	1.111	2.22	42.17	41.00	IM	IM
22	42	44	67.12	IM	IM	IM	1.124	2.25	44.42	43.00	IM	IM
23	44	46	68.46	IM	1.96	0.11	1.162	2.32	46.74	45.00	0.76	0.15

ANTAL LINIER = 3. PRØVEINTERVAL = 2.000 CM
 SPB = 1.20 DPM/G
 SSPB = 0.10 DPM/G
 PRØVETAGNING = 1993
 BLANDINGSDYBDE = 0.2 CM
 BLANDINGSINT. = 43 CM**2/YEAR
 SEDIMENTATIONSRATE = 0.34 G/CM2/YEAR
 STANDARDAFVIGELSE = 0.44 G/CM2/YEAR
 LINEER AKK. RATE (TOP) = 0.4 CM/YEAR

SPB : SUPPORTED PB-210
 IM : IKKE MÅLT
 DPM : DISINTEGRATIONER/MINUT
 I : INDEX
 T, B : DYBDE TOP OG BUND
 TS : TØRSTOF
 GL : GLØDETAB
 TPB : TOTAL PB-210
 SSPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ SPB
 STPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ TPB
 TRV : TØR RUMVEGT
 TV : TØR VÆGT
 MD : MASSE DYBDE
 LD : LINIÆR DYBDE
 UPB : UNSUPPORTED PB-210
 SUPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ UPB

Ranafjorden st. no. 24, Nordnorge

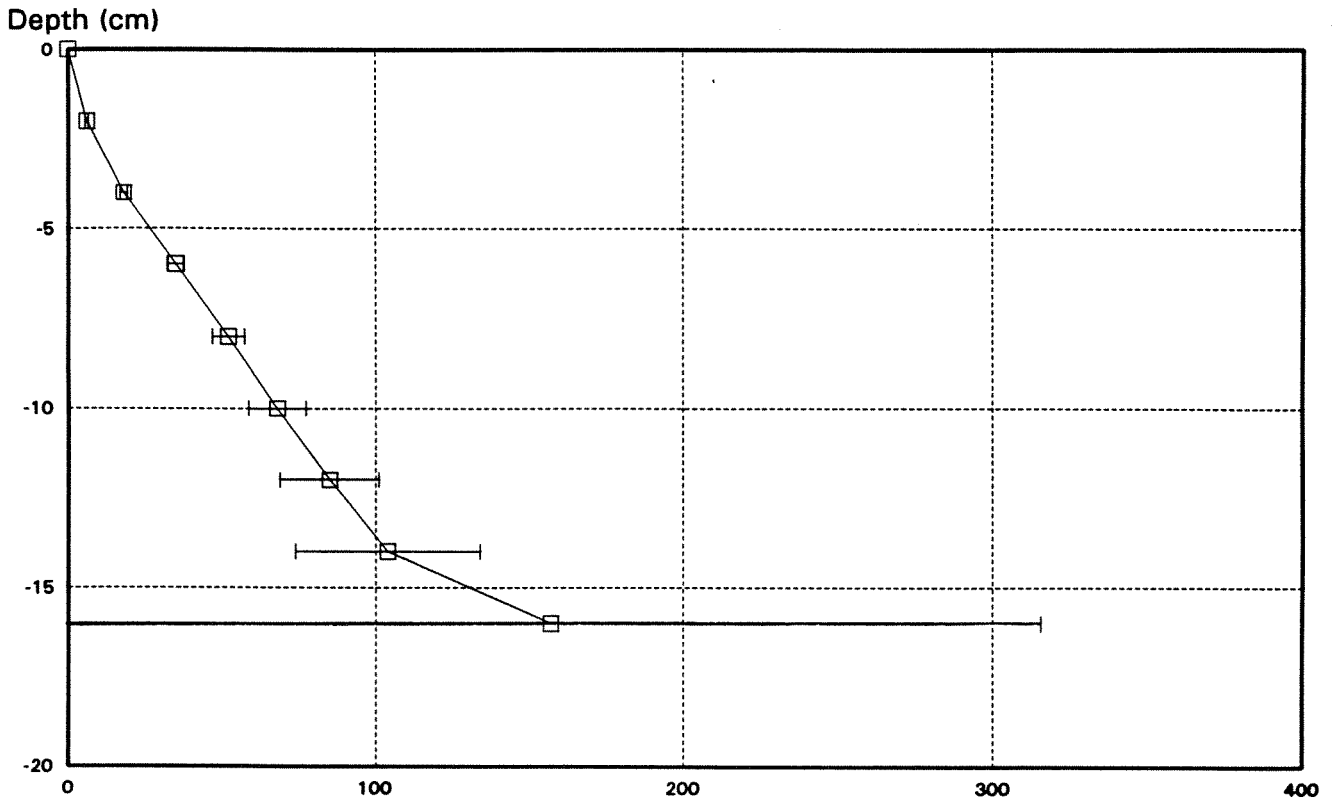


Figure 1. Years from 1993 (including 68% prediction interval)

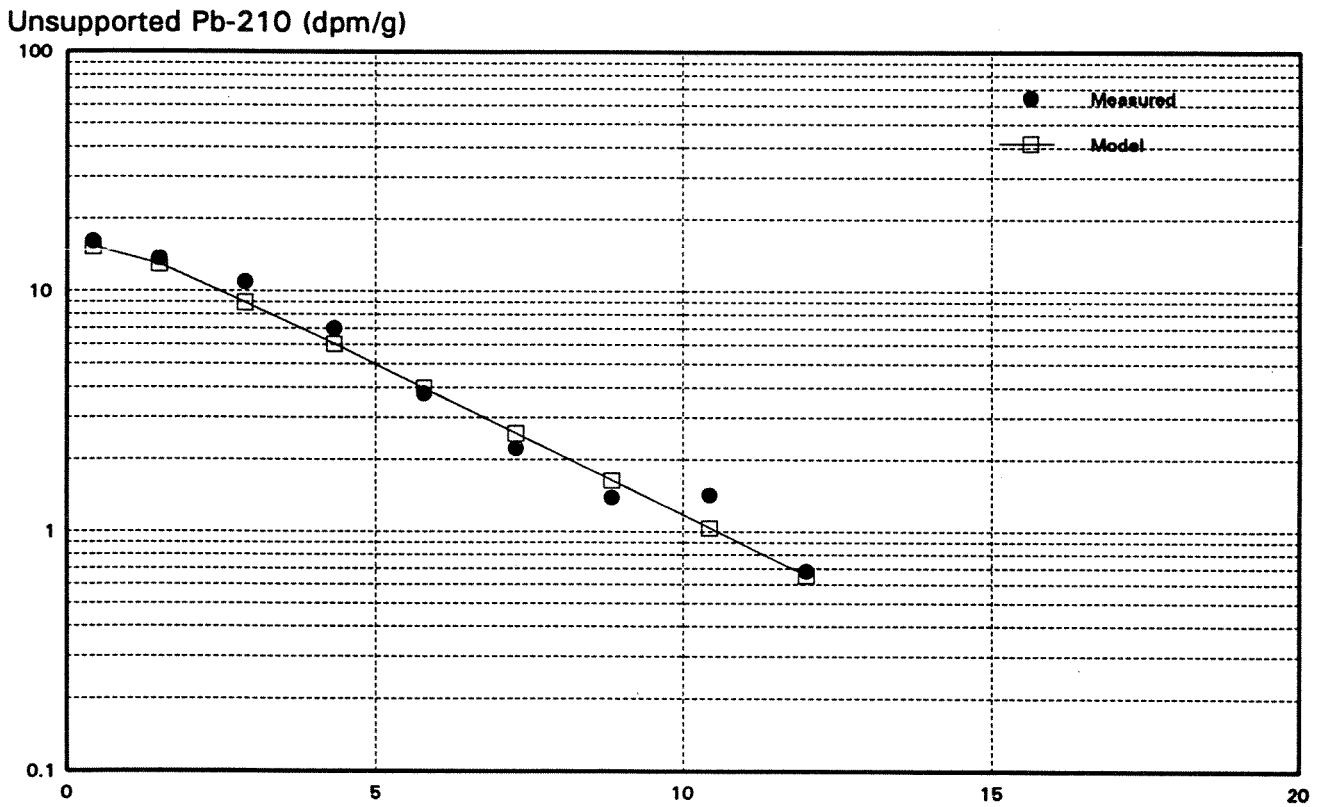


Figure 2. Mass depth (g/cm²)

SAG NR 408144-D405
 DATO 24. feb. 1994
 BETEGNELSE Ranafjorden st. 24, Nordnorge
 OPERATØR US/AJE

BILAG 2B

```
*****
```

I	T	B	TS	GL	TPB	STPB	TRV	TV	MD	LD	UPB	SUPB
cm	cm	cm	% vv	% ts	dpm/g	dpm/g	g/cm3	g/cm2	g/cm2	cm	dpm/g	dpm/g
1	0	2	33.44	IM	18.16	0.44	0.418	0.84	0.84	1.00	16.12	0.45
2	2	4	47.12	IM	15.74	0.39	0.657	1.31	2.15	3.00	13.70	0.41
3	4	6	50.78	IM	12.97	0.32	0.730	1.46	3.61	5.00	10.93	0.34
4	6	8	50.02	IM	9.06	0.25	0.715	1.43	5.04	7.00	7.02	0.27
5	8	10	51.51	IM	5.81	0.20	0.745	1.49	6.53	9.00	3.77	0.23
6	10	12	51.67	IM	4.27	0.18	0.749	1.50	8.03	11.00	2.23	0.21
7	12	14	54.42	IM	3.43	0.14	0.808	1.62	9.65	13.00	1.39	0.18
8	14	16	53.21	IM	3.46	0.17	0.782	1.56	11.21	15.00	1.42	0.20
9	16	18	53.32	IM	2.72	0.14	0.784	1.57	12.78	17.00	0.68	0.18
10	18	20	54.43	IM	2.04	0.11	0.808	1.62	14.39	19.00	0.00	0.15
11	20	22	53.78	IM	IM	IM	0.794	1.59	15.98	21.00	IM	IM

```
*****
```

ANTAL LINIER = 10 PRØVEINTERVAL = 2.000 CM
 SPB = 2.04 DPM/G
 SSPB = 0.11 DPM/G
 PRØVETAGNING = 1993 SEDIMENTATIONSRATE = 0.108 G/CM2/YEAR
 BLANDINGSDYBDE = 1.0 CM STANDARDAFVIGELSE = 0.007 G/CM2/YEAR
 BLANDINGSINT. = 12 CM**2/YEAR LINEÆR AKK. RATE (TOP) = 0.19 CM/YEAR

SPB : SUPPORTED PB-210 SSPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ SPB
 IM : IKKE MÅLT STPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ TPB
 DPM : DISINTEGRATIONER/MINUT TRV : TØR RUMVÆGT
 I : INDEX TV : TØR VÆGT
 T , B: DYBDE TOP OG BUND MD : MASSE DYBDE
 TS : TØRSTOF LD : LINIÆR DYBDE
 GL : GLØDETAB UPB : UNSUPPORTED PB-210
 TPB : TOTAL PB-210 SUPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ UPB

```
*****
```

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2143-9