

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-8000310
Undernummer: III
Løpenummer: 1484
Begrenset distribusjon: F r i

Rapportens tittel: BASISUNDERSØKELSE I RANAFJORDEN En marin industriresipient Delrapport III. Løste metaller og partikler i vannmassene. (Overvåkingsrapport 67/83)	Dato: 1. juni 1983
	Prosjektnummer: 0-8000310
Forfatter(e): Kristoffer Næs Jens Skei	Faggruppe: HYDROØKOLOGI
	Geografisk område: Nordland
	Antall sider (inkl. bilag): 49

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn, Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

Denne delrapporten presenterer resultater fra analyser av løste metaller og partikulært materiale i vannmassene i Ranafjorden i oktober 1979, desember 1980 og september 1981. En betydelig kontaminering av sink og spesielt bly ble registrert nær Andfiskå på grunn av utslipp fra Bergverks-selskapet Nord-Norge A/S. Det ser ut til at bly løses fra avgangen i sjøvann. Redusert sikt og høye konsentrasjoner av jern, mangan og fosfor ble observert ved 30-50 m dyp nær Jernverkets dypvannsutslipp. Forurensningen av vannmassene er av lokal karakter, tilsynelatende på grunn av god vannutskiftning. Unntak er overflatevannet som viser forhøyede jern-verdier i det partikulære materiale i hele området nord for Strømholmen.

4 emneord, norske:
1. Basisundersøkelse
2. Metaller i vann
3. Partikulært materiale
4. Ranafjorden
Overvåkingsrapport 67/83

Delrapport III

Prosjektleder:

Laus A. Kirkemud

Divisjonssjef:

Hans Holten

4 emneord, engelske:
1. National monitoring
2. Metals in water
3. Particulate matter
4. Ranafjorden

For administrasjonen:

[Signature]
Laus Ouenin

ISBN 82-577-0619-1



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000310

BASISUNDERSØKELSE I RANAFJORDEN

En marin industriresipient

Delrapport III

Løste metaller og partikler i vannmassene

Oslo, 1. juni 1983

Prosjektleder: Lars Kirkerud

Forfattere: Kristoffer Næs

Jens Skei

For administrasjonen:

J.E. Samdal

Lars N. Overrein

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

F o r o r d

Basisundersøkelsen av Ranafjorden, som del av Statlig program for forurensningsovervåking, startet i 1980. Undersøkelsen er utført i samarbeid med Nordland Distriktshøgskole (NDH).

En spesialundersøkelse høsten 1979, finansiert av Statens forurensnings-tilsyn, ble utført for å se på nivåene av løste metaller utenfor Bergverksselskapet Nord-Norges flotasjonsverk. Undersøkelsen ble gjort i samarbeid med Grønlands Geologiske Undersøgelser (Gert Asmund) for å sammenligne nivåer funnet utenfor et tilsvarende flotasjonsverk (bly-sink) ved en fjord på Grønland. Prøvene ble innsamlet fra havnevesenets båt i Mo i Rana. Ved toktene i 1980 og 1981 ble NDH's forskningsfartøy F/F Raud den Rame brukt ved prøveinnsamlingen. Innsamling av partikulært materiale i Ranaelva ble utført av Per Straumfors, Rana Museum.

De kjemiske analysene av løste metaller og partikulært materiale, samt scanning elektron mikroskopiering ble utført ved Sentralinstitutt for industriell forskning (Per Paus, Betty Dirdahl, Sigurd Melsom, Kari Baardseth og Trond Wahl). Samtlige som har bidratt til innhold og presentasjon av denne delrapporten takkes for sin innsats.

Jens Skei

INNHOOLD

	Side
FORORD	
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
2. INNLEDNING	5
3. FELTARBEID OG METODER	6
4. RESULTATER OG DISKUSJON	9
4.1 Løste metaller i vann	11
4.2 Kjemiske analyser av partikulært materiale	15
4.3 Scanning elektron mikroskopiering av partikler	25
5. LITTERATUR	37
APPENDIKS	38

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Stasjonsplassering ved tokt i oktober 1979	7
2. Stasjonsplassering ved tokt i desember 1980 og september 1981 (stasjon RA1, som ikke er vist på kartet, ligger ved innløpet til Ranafjorden (Hugla - Sandnes))	8
3. Vannføring, mengde og transport av partikulært materiale i Ranaelva i perioden august 1980 - juli 1981	10
4. Den relative konsentrasjonsfordelingen av løst bly på stasjonene nær Andfiskå, oktober 1979	12
5. Partikulært aluminium i vannmassene ved Strømholmen (RA4)	17
6. Partikulært mangan (Mn), fosfor (P) og jern (Fe) ved Jernverkets dypvannsutslipp (RA13)	19
7. Forholdet mellom mangan og aluminium i partikulært materiale (RA4)	21
8. Transmisjonsprofiler ved Jernverkets dypvannsutslipp (RA13)	23
9. Scanning elektron mikroskopiering av partikler fra dypvannet (≥ 40 m) i Ranafjorden	26
10. Røntgenanalyse av tilfeldig valgt areal av bilde 9a	29
11. Røntgenanalyse av partikkelaggregat (bilde 9b)	30
12. Røntgenanalyse (punktanalyse) av partikkel midt i bilde 9e	32
13. Scanning elektron mikroskopiering av partikler fra overflatevannet (1 m dyp) i Ranafjorden	33

TABELLFORTEGNELSE, APPENDIKS

1. Løst sink, kadmium og bly i vannprøver fra Ranafjorden 5/10 1979 (analysert av Gert Asmund, GGU, Danmark)	39
2. Løst sink og bly i vannprøver fra Ranafjorden 5/10 1979	40
3. Løst bly, jern og sink i Ranafjorden 16.-18/12 1980	41
4. Løst bly, jern og sink i Ranafjorden 16/9 1981	42
5. Partikulært sink og bly i Ranafjorden 5/10 1979	43
6. Partikulært jern, aluminium, mangan, fosfor og svovel i Ranafjorden 16.-18/12 1980	44
7. Partikulært jern, aluminium, mangan, fosfor og svovel i Ranafjorden 16/9 1981	47

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Hovedkonklusjonen på denne delundersøkelsen er at:

- 1) *Vannmassene i området nær Andfiskå er forurenset av både løst og partikulært bly og sink. Forurensningen har lokal karakter (figur 4).*
- 2) *Jernverkets dypvannsutslipp (30 m) fører til forhøyede konsentrasjoner av jern, mangan og fosfor i det partikulære materialet i dybdeområdet 30-60 m (figur 6). Forurensningen har lokal karakter, bortsett fra det bunn-nære vannet som viser forhøyede jernkonsentrasjoner ut til Strømholmen (figur 2).*
- 3) *Overflatevannet i hele Ranafjorden er forurenset av ørsmå, kulerunde jernpartikler (figur 13 c-e) som stammer fra Jernverkets hovedkloakk som slippes ut på 5 m dyp.*

- I. Indre deler av Ranafjorden har i hele dette århundre vært influert av industriell virksomhet og utslipp til fjorden. Bergverksdrift, opprednings- og smelteverksvirksomhet er konsentrert i området rundt Mo i Rana.
- II. Undersøkelser i Ranafjorden knyttet til miljøproblemer har pågått siden 1975. Det er blitt fokusert på miljøgifter (tjærestoffer og metaller), ammoniakk, hydrogensulfid, cyanid og partikulært materiale (med hensyn til spredning i fjorden og biologiske effekter).
- III. Denne delrapporten beskriver resultater av analyser av løste metaller og partikulært materiale i vannmassene i Ranafjorden ved tre tokt, henholdsvis i oktober 1979, desember 1980 og september 1981.
- IV. Analyser av løste metaller viser at vannmassene i nærområdet til Andfiskå (Bergverksselskapet Nord-Norge A/S) er forurenset med sink og bly og tildels kadmium. Dette antyder en ikke uvesentlig oppløsning av spesielt bly i avgangen fra flotasjonsverket. Konsentrasjonene avtar raskt med avstanden fra forurensningskilden, noe som tyder på stor fortynning.

- V. Analyser av partikulært materiale (vannet filtrert ved hjelp av membranfilter) viser at mengden av naturlige partikler (leire, silt og plankton) var større i september enn i desember. Dette skyldes større tilførsler av ferskvann og større planktonproduksjon om høsten enn om vinteren.
- VI. Fordeling og sammensetning av det partikulære materialet var sterkt påvirket av utslipp fra Jernverket og Bergverksselskapet Nord-Norge. Høye konsentrasjoner av jern, mangan og fosfor ved midlere dyp innerst i fjorden skyldes Jernverkets dypvannsutslipp (hematitt, apatitt). Store mengder partikulært svovel, sink, bly og tildels jern nær Andfiskå skyldes utslipp av avgang fra Bergverksselskapet Nord-Norge A/S. Forhøyede konsentrasjoner av jern i partikler i overflatevannet i hele Ranafjorden er utvilsomt forårsaket av partikler i Jernverkets hovedkloakk. Disse partiklene er lett å kjenne igjen ved scanning elektron mikroskopiering (kulerunde partikler).
- VII. Målinger av siktbarheten i vannet (transmisjonsmålinger) viste at dypvannsutslippet fra Jernverket ga svært høye partikkelkonsentrasjoner mellom 30 og 60 meters dyp. Partikkelskyen sank med avstanden fra utslippspunktet og allerede 2-3 km lenger ute kan partikkelskyen ikke registreres i de øvre 100 m av vannmassen.

2. INNLEDNING

Ved en sedimentundersøkelse i 1975-76 og ved analyser av metaller i tang og skjell i samme tidsrom, ble det påvist tildels høye metallkonsentrasjoner i Ranafjordens indre deler (NIVA 1977).

Oppkonsentrering av metaller i sedimenter, tang og skjell ble i hovedsak tilskrevet industritilførsler. En ny kartlegging av industriutslipp i 1980-81 (NIVA 1983, Delrapport 1) bekreftet tidligere utslippstall med store utslipp både av løste og partikkelbundne metaller.

Basisundersøkelsen i Ranafjorden under det Statlige program for forurensningsovervåking startet i 1980, men allerede høsten 1979 ble det i samarbeid med Grønlands Geologiske Undersøgelser (GGU) gjennomført et tokt til Ranafjorden for særlig å se på vannmassenes innhold av metaller utenfor Bergverksselskapet Nord-Norges oppredningsverk. Samarbeidet kom i stand som et resultat av GGUs undersøkelser i Marmorilikfjorden på Grønland, hvor store mengder løste metaller ble observert i vannet utenfor et flotasjonsanlegg for bly og sink (GGU 1980). Idéen var derfor å sammenligne Marmorilikfjorden og Ranafjorden.

For å undersøke spredningen av partikulært avfall og løste metaller, ikke bare fra Bergverksselskapet Nord-Norge, men også fra Rana Gruber og Norsk Jernverk, ble det gjennomført ett tokt i desember 1980 og ett tokt i september 1981. Det er resultatene fra disse toktene samt toktet i 1979 som er presentert i denne rapporten. Alle tabulerte resultater er gjengitt i Appendiks.

3. FELTARBEID OG METODER

Vannprøver ble innsamlet 5. oktober 1979 ved hjelp av HydroBios vannhentere fra Havnevesenets båt i Mo i Rana. Vannet ble trykkfiltrert gjennom 0,4 μm Nuclepore membranfiltre ombord. Stasjonsplasseringen er vist på figur 1. Analysene av løste metaller ble utført ved anodisk stripping voltametri ved Grønlands Geologiske Undersøgelser i Danmark. Parallellprøver ble analysert ved Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) i Oslo ved atomabsorpsjon etter ekstraksjon. Begge sett resultater er gjengitt i Appendiks for sammenligning mellom de to analysemetodene (tabell 1 og 2).

I desember 1980 og september 1981 ble vannprøver tatt fra F/F Raud den Rame, Nordland Distriktshøgskole. Stasjonsnettets (figur 2) dekket da større deler av Ranafjorden. Prøvene ble tatt, filtrert og analysert (SI) på samme måte som i 1979. I tillegg til analyser på filtratet ble selve filtrene analysert ved hjelp av røntgenfluorescense (Skei & Melsom 1982). Enkelte filtre ble oppsluttet i syre, ekstrahert og analysert for metaller ved atomabsorpsjon. Andre filtre ble analysert ved scanning elektron mikroskopi i følge Skei & Melsom (1982).

På samtlige stasjoner ble det tatt transmisjonsprofiler ned til 100 m. Dette ble gjort for å studere den vertikale og horisontale partikkelfordelingen i vannmassene.

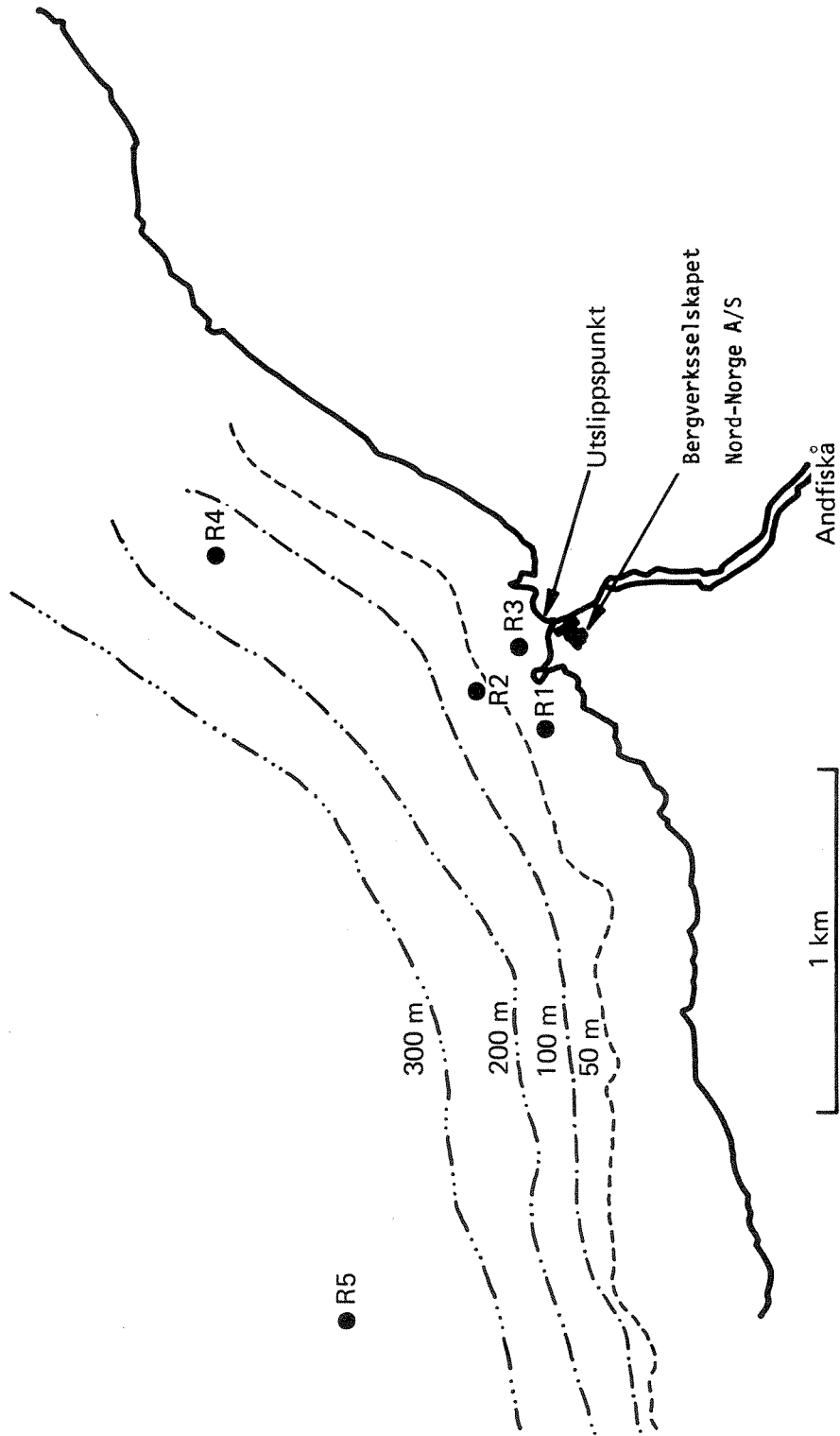


Fig. 1. Stasjonsplassering ved tokt i oktober 1979

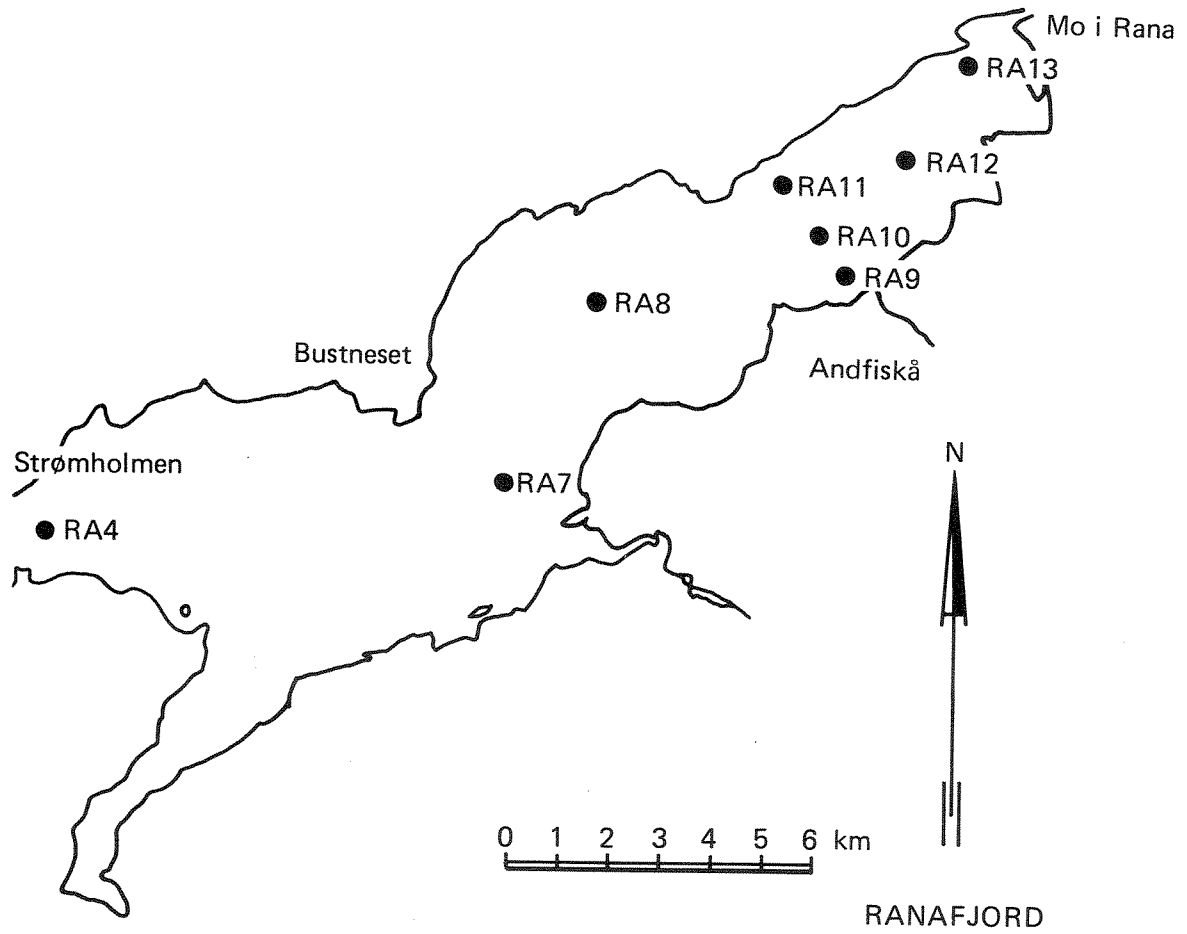


Fig. 2. Stasjonsplassering ved tokt i desember 1980 og september 1981 (stasjon RA1, som ikke er vist på kartet, ligger ved innløpet til Ranafjorden, Hugla - Sandnes)).

4. RESULTATER OG DISKUSJON

Det er velkjent at vannkjemien i fjorder viser tildels store variasjoner over året, delvis som følge av endringer i ferskvannstilrenningen og delvis på grunn av store forskjeller i tilførsler fra industri (støtutslipp, produksjonsvariasjoner etc.). Resultater fra enkeltstående tokt i løpet av tre forskjellige år vil således kun ha verdi som beskrivelse av forholdene på det aktuelle tidspunkt. Det er derfor ikke mulig å trekke noen slutninger med hensyn til utvikling over tid. Det bør også tilføyes at analyser av løste metaller i sjøvann er beheftet med tildels store kontamineringsproblemer, og usikkerheten i resultatene er spesielt store når konsentrasjonsnivåene nærmer seg bakgrunnsnivå.

Ved undersøkelsen i Ranafjorden er det lagt stor vekt på partikulært materiale i vannmassene. Dette skyldes at Ranafjorden får tilført betydelige mengder partikler, dels naturlig via Ranaelva og dels fra industribedrifter i området (2,2 mill. tonn pr. år, NIVA 1983). Målinger av mengde partikulært materiale i Ranaelva i 1980-81 basert på målinger fra en stasjon ved utløpet er vist på figur 3. Det ser ikke ut til å være noen sammenheng mellom målte partikkelkonsentrasjoner og ferskvannstilførsel til fjorden (fig. 3). Under toktet i desember 1980 var ferskvannstilførselen ca $100 \text{ m}^3/\text{s}$. En målt partikkelkonsentrasjon på $\sim 1 \text{ mg/l}$ i Ranaelva tilsvarer en sedimenttransport på 8,5 tonn pr. dag. I september 1981 var vannføringen $343 \text{ m}^3/\text{s}$, men det eksisterer ingen målinger av partikulært materiale i elva fra det tidspunktet.

Figur 3 viser at den største ferskvannstilførselen fra Ranaelva i 1981 var i perioden juni-juli, trolig pga. stor snøsmelting. Høyeste partikkelkonsentrasjon nederst i elva ble målt i mars og mai, mens den største sedimenttransporten til Ranafjorden var om sommeren (fig. 3). På grunnlag av data vist på figur 3 ble det beregnet en gjennomsnittlig årlig sedimenttransport på 26.600 tonn. Selv om slike beregninger er beheftet med usikkerhet er det likevel klart at Ranaelvas bidrag med partikulært materiale til Ranafjorden er lite sammenlignet med industriens bidrag (2.2 mill. tonn pr. år).

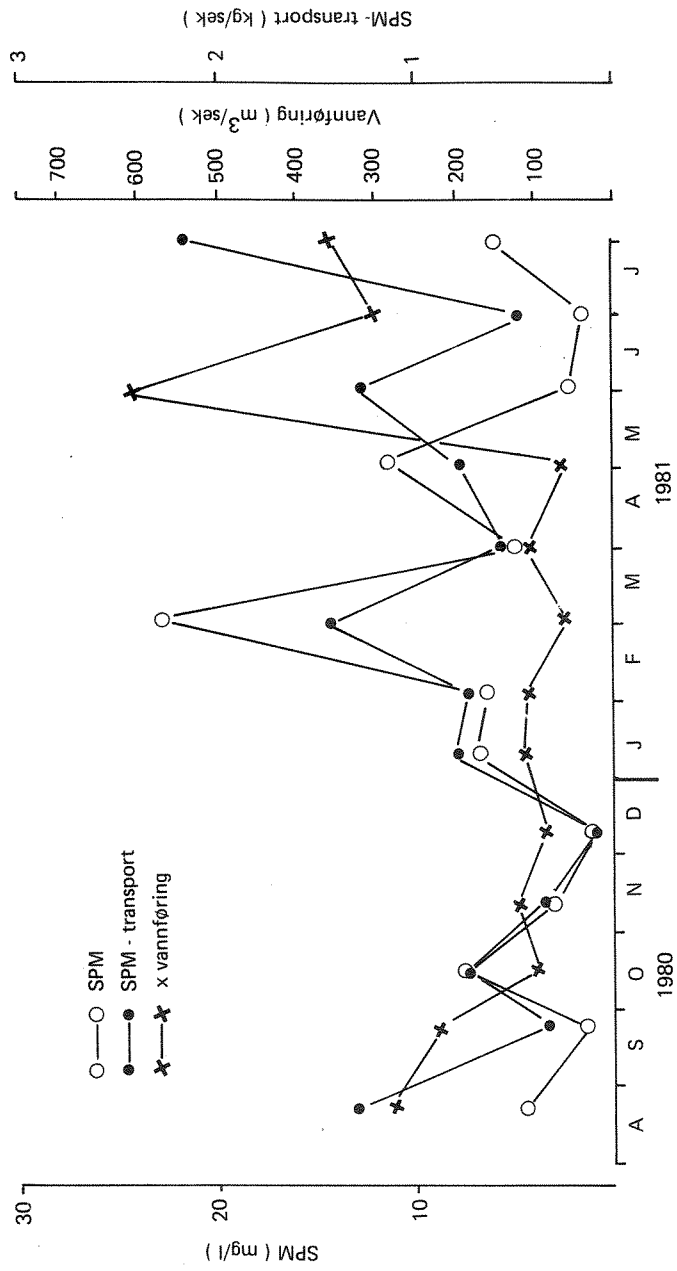


Fig. 3. Vannføring, mengde og transport av partikulært materiale i Ranaelva i perioden august 1980 - juli 1981

4.1 Løste metaller i vann

Oktober 1979

Stasjonsplasseringen er vist på figur 1. Stasjonene ble konsentrert rundt Bergverksselskapet Nord-Norge A/S' utslipp fra flotasjonsverket (R1, 2, 3), og i tillegg to stasjoner lengre ut i fjordområdet (R4 og R5). Hensikten var å se i hvilken grad sedimentert avgang av metaller til vannmassen og hvordan dette var i forhold til Marmorilikfjorden på Grønland. Resultatene gjengitt i Appendix (tabell 1), viser ingen tegn på utluting av sink fra sedimentert avgang i utslippsområdet. Konsentrasjonene varierte mellom 2,2 og 9,6 µg/l, som må betraktes som normalt for fjordvann. Med hensyn til kadmium ble det påvist høyere konsentrasjoner på stasjonene nærmest utslippet (0,07-0,16 µg/l) i forhold til stasjoner lengre unna (0,04-0,09 µg/l). Konsentrasjonene var ikke særlig høye, men det er grunn til å konkludere med at en viss frigivelse av kadmium fra avgangen finner sted. Dette er også i overensstemmelse med kjemien til kadmium (dannelse av sterke klorkomplekser i sjøvann, Nilsen & Lund 1982). Konsentrasjonene av kadmium (løst) i Oslofjorden varierer i stor grad mellom 0,03 og 0,06 µg/l (Nilsen & Lund 1982).

Konsentrasjonen av løst bly på de fem stasjonene nær Andfiskå var gjennomgående høye, særlig på stasjonene nærmest utslippet (2-16 µg/l, figur 4). Det er helt klart at betydelige mengder bly frigis fra avgangen. Dette er forøvrig i overensstemmelse med analyser av avløpsvannet og utlutforsøk med avgang (Delrapport 1, NIVA 1983). Konsentrasjonene var gjennomgående høyere i dypvannet enn i overflatelaget. Sammenlignet med data fra Oslofjorden (Nilsen & Lund 1982) er konsentrasjonene nær Andfiskå 10-100 ganger høyere. Sammenligner vi med data fra Marmorilikfjorden derimot (GGU 1980) er konsentrasjonene av disse metallene lave i Ranafjorden. I september 1977 ble det i Marmorilikfjorden målt opp til 500 µg/l sink, 7 µg/l kadmium og 460 µg/l bly i bunnvann over sedimentert avgang fra flotasjonsverket. Det er derfor klart at meget spesielle forhold må forårsake den formidable frigivelsen av metaller fra avgang i denne fjorden på Grønland.

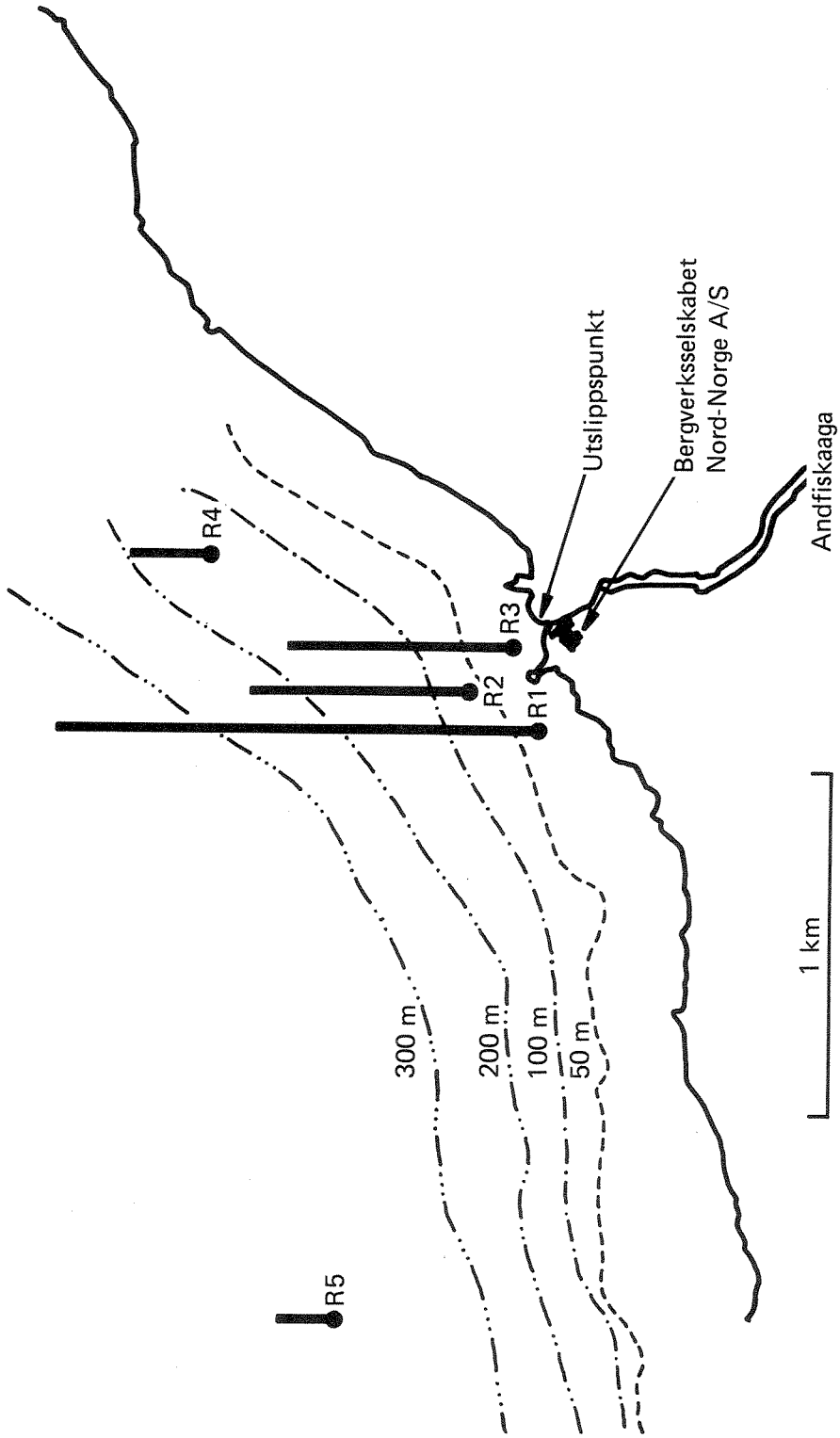


Fig. 4. Den relative konsentrasjonsfordelingen av løst bly på stasjonene nær Andfiskaå, oktober 1979

Som nevnt i innledningen ble løste metaller i vannprøver innsamlet i oktober 1979 analysert både ved anodisk stripping voltametri (GGU) og ved atomabsorpsjon (SI). Kadmium gir for høy deteksjonsgrense ved atomabsorpsjon og er således utelatt. Derimot ble kobber analysert i tillegg. Konsentrasjonene av kobber varierte mellom 0,5 og 2,6 $\mu\text{g/l}$, og det er ingenting som tyder på at kobber avgis fra avgangen.

Sammenligningen av resultater for bly og sink i enkeltprøver fremkommet ved forskjellige analysemetoder ga ikke god overensstemmelse (tabell 2), men dette endrer ikke konklusjonene. Overkonsentrasjoner av bly nær utslippet og relativt normale sinkkonsentrasjoner ble observert. Uoverensstemmelsen i resultatene gjengitt i tabell 1 og 2 kan delvis skyldes at vannprøver ble tatt fra forskjellige vannhentere og dermed noe forskjellig vanddyb. I tillegg er kontaminasjonen stor under prøvetaking fra fartøyer som ikke er konstruert for den slags arbeid.

Desember 1980

Prøveinnsamlingen i desember 1980 omfattet 8 stasjoner fordelt fra utløpet av Ranaelva (RA13) til Strømholmen (RA4) (figur 2). Vannprøver ble tatt fra overflaten til bunnen (maks. 500 m dyp) og analysert for løst bly, jern og sink.

Tabell 3 i Appendiks viser at konsentrasjonene av løst bly stort sett var lavere enn 0,5 $\mu\text{g/l}$ for hele undersøkelsesområdet bortsett fra stasjon RA9 (figur 2) som er utenfor Andfiskå, hvor konsentrasjonene var noe høyere. Dette er i samsvar med resultatene fra 1979 som påviste bly-kontaminerte vannmasser i dette området.

Konsentrasjonene av løst jern var lave fra Bustneset og utover fjorden ($< 1 \mu\text{g/l}$). I den innerste delen av Ranafjorden (RA8-13, fig. 2) var konsentrasjonene 2-10 ganger høyere. Dette må antas å skyldes en samlet effekt av all oppredningsvirksomhet i området samt en generell påvirkning av naturlige tilførsler fra et mineralisert nedbørfelt. Når effekten bare er registrerbar i den indre delen av Ranafjorden, må det skyldes stor fortykning og gode blandingsforhold i vannmassene i Ranafjorden.

Målinger av løst sink i vannmassene bekrefter resultatene fra 1979. Konsentrasjonene var relativt normale og det var ingen avstandsgradi-
enter. Et par høyere verdier som ble observert kan skyldes kontami-
nering av prøvene eller analysefeil (tabell 3).

September 1981

Antallet prøver som ble innsamlet ble redusert fra 40 (1980) til 35 på
bekostning av antall prøver fra de ytterste stasjonene. Dette ble vurdert
på bakgrunn av lave og normale konsentrasjoner av metaller i de ytre
deler av Ranafjorden. I stedet ble det konsentrert om nokså tette dybde-
profiler på de to innerste stasjonene (RA12 og 13, figur 2).

Analysene av løst bly viste samme tendens som i 1979 og 1980. De høyeste
konsentrasjonene ble registrert utenfor Andfiskå (RA9 og tildels RA10).
Men i tillegg ble det også observert høyere bly-verdier i dypvannet på
stasjon RA13 utenfor Ranaelvas munning (0,8-1,2 µg/l bly). Det er så-
ledes tegn som tyder på at bly frigis fra de underliggende sedimenter
på dette stedet.

Konsentrasjonene av løst jern viste seg igjen å være høyere i de innerste
delene av Ranafjorden. De høyeste verdiene ble påvist i overflatevannet
på de to innerste stasjonene (RA13 og 12) og i dypvannet på stasjon RA13.
Når konsentrasjonene av løst jern i overflatevannet var såvidt høyere
i september 1981 enn i desember 1980, kan det skyldes en betydelig større
ferskvannstilførsel i september.

Målinger av løst sink viste samme trend som tidligere, med lave og nor-
male verdier. Unntak er stasjon RA13 ved Ranaelvas munning. Her ble
det påvist høyere konsentrasjoner ved 50-80 m dyp. Dette
kan ha en sammenheng med Jernverkets (Oppredningsverket) dypvannsutslipp
i dette området, selv om utslippene av sink er små (Delrapport 1, NIVA
1983).

På bakgrunn av resultater av målinger av løst bly, jern, sink og tildels kobber og kadmium i vannmassene i Ranafjorden, kan vi konkludere med at bly er det metallet som definitivt viser forhøyede konsentrasjoner og at hovedkilden her er klar (Bergverksselskapet Nord-Norge A/S). Dette er også rimelig i lys av tidligere undersøkelser av sedimentene i Ranafjorden som viste høye konsentrasjoner av bly i nærområdet til Andfiskå (8-900 ppm bly i sedimentene, NIVA 1977). Analyser av tang og skjell i området har også vist at det er særlig bly som oppkonsentreres i tildels store mengder, men at influensområdet er begrenset (NIVA 1977). Dette er i overensstemmelse med vannanalysene. Det må imidlertid tilføyes at analyser av tang innsamlet i 1980 og 1981 har gitt noe motstridende resultater, noe som vil bli vurdert i en senere rapport om miljøgifter i organismer.

Når sink og kobber ikke opptrer i unormale konsentrasjoner i vannmassene til tross for høye konsentrasjoner i sedimentene nær Andfiskå, må det skyldes at disse metallene er sterkt knyttet til det partikulære materialet, trolig i form av sulfidminerale.

4.2 Kjemiske analyser av partikulært materiale

Oktober 1979

Nucleopore membranfiltre, brukt for å skille løste og partikulære komponenter, ble etter bruk analysert for partikulært bly og sink. Det var en stor grad av samvariasjon mellom partikulært sink og bly, spesielt nær utslippspunktet ved Andfiskå hvor de høyeste konsentrasjonene ble registrert (R2 og R3, figur 1). Særlig høye konsentrasjoner nær bunnen på stasjon R2 skyldes oppvirvling av bunnsedimenter under prøvetakingen. Sammenlignet med den løste fraksjonen er den partikulære fraksjonen noe mer fremtredende for bly og sink. Dette gjelder spesielt nær utslippsstedet, mens den løste fraksjonen dominerer lengre fra utslippet. Dette skyldes at avgangen fra flotasjonsverket i Andfiskå sedimenterer nokså raskt. Dette er også i overensstemmelse med utførte sedimenteringsforsøk (Delrapport 1, NIVA 1983).

Desember 1980

Et stort antall prøver (82 filtre) ble analysert for jern, aluminium, svovel, fosfor og mangan. Disse elementene er vanlige komponenter i naturlige sedimenter (leire og silt), men opptrer også i industrielt avløpsvann som tilføres Ranafjorden. Aluminium er det elementet som best beskriver mengde og fordeling av naturlige sedimentpartikler, men i avgang, som inneholder mye gråberg, er aluminium også en fremtredende komponent.

Konsentrasjonene av partikulært aluminium i overflatelaget (1 m dyp) i Ranafjorden i desember var relativt små (40-50 µg/l innerst i fjorden og 20-30 µg/l lengre ute) (tabell 6). Dette antas å skyldes liten ferskvannstilførsel og liten sedimenttransport i Ranaelva. Saltholdigheten i overflatelaget i Ranafjorden varierte mellom 29,6 o/oo (RA13) og 30,0 o/oo (RA4). Relativt små vertikale gradienter i partikulært aluminium (figur 5) indikerer at sjiktningen i vannmassene var liten under prøvetakingen og at partiklene lett sedimenterte fra brakkvannslaget. Relativt høye aluminiumskonsentrasjoner, selv på flere hundre meters dyp, tyder på en betydelig sedimentering. Nær bunnen ble det observert en markert økning i partikulært aluminium på samtlige stasjoner (figur 5). Dette indikerer tildels kraftige vannbevegelser i bunnvannet som virvler opp partikler fra sedimentene (resuspensjon). Dette er også observert i Glomfjord (NIVA, 1982), men ikke i Vefsønfjorden (NIVA 1981). En betydelig økning i partikulært aluminium mellom 30 og 100 m på den innerste stasjonen (RA13) settes i forbindelse med Jernverkets utslipp av avgang på dette stedet. Avgangen inneholder store mengder oppmalt gråberg hvor aluminium er knyttet til silikatmineralene. En tilsvarende økning i aluminium ble observert utenfor oppredningsverket i Andfiskå (RA9). Dette er også i overensstemmelse med utslippsdata (Delrapport 1, NIVA 1983).

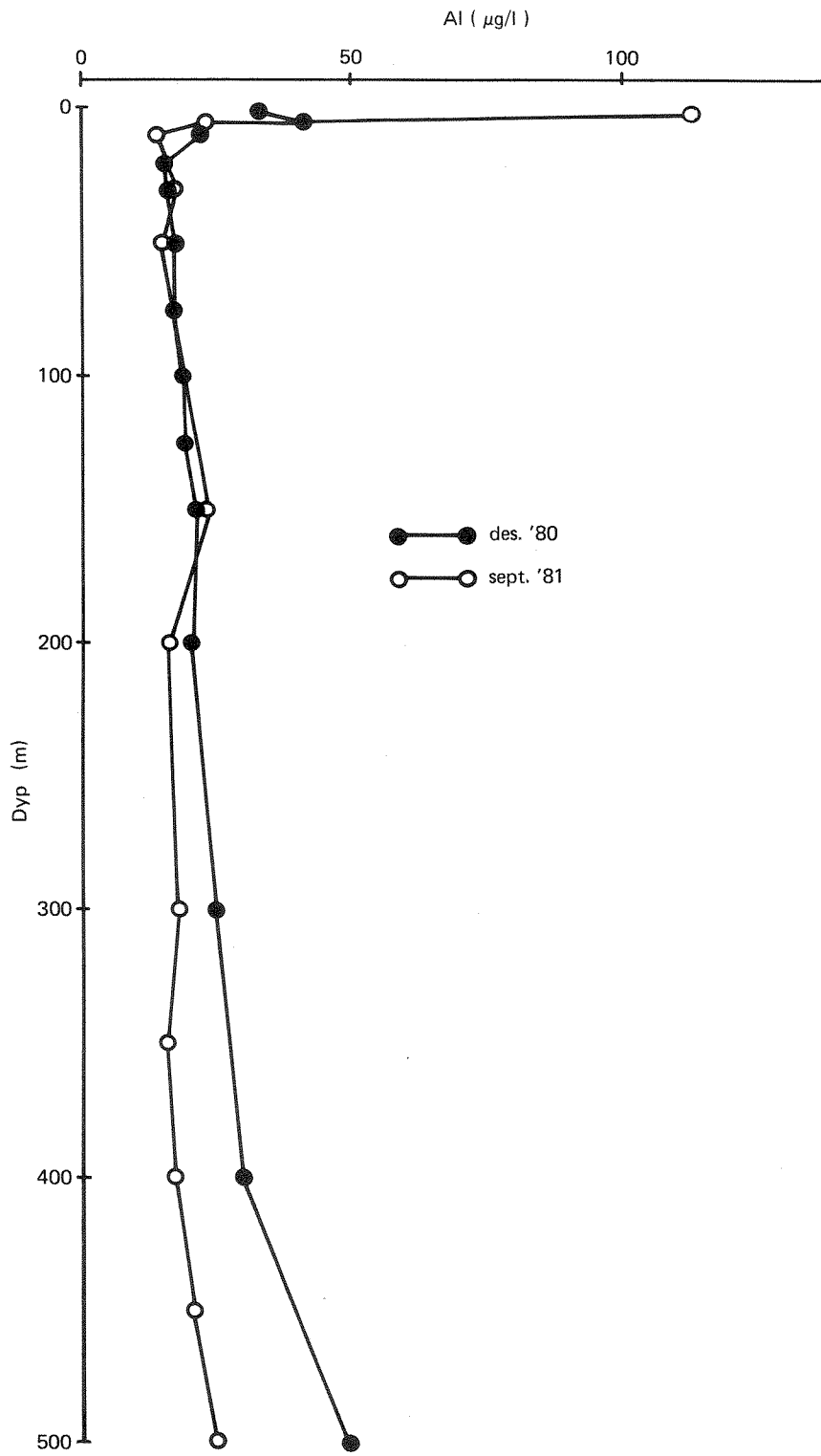


Fig. 5. Partikulært aluminium i vannmassen ved Strømholmen (RA4)

Under normale forhold opptrer partikulært jern i konsentrasjoner som tilsvarende omtrent halvparten av aluminiumkonsentrasjonene ($Fe/Al \sim 0,5$). I Ranafjorden derimot er dette forholdstallet generelt mye høyere. Det betyr at det eksisterer store mengder "ekstra" partikulært jern i vannmassene i fjorden. Dette jernet antas i hovedsak å komme fra oppredningsvirksomhet, særlig fra Jernverket (hematitt). Mengdene av industri-tilført jern var klart størst nær Jernverkets dypvannsutslipp (RA13). Her ble det målt opp til $900 \mu g/l$ jern ved 50 m dyp (figur 6). Det er tydelig at hovedmengden av det suspenderte materialet fra utslippet var innlagret ved ca 50 m dyp. Filtrene som ble brukt for å filtrere vann fra dette dypet ble rødfarget, trolig på grunn av store mengder hematitt. På stasjon RA12 som ligger 2-3 km utenfor utslippet, var konsentrasjonene av jern ved 50 m dyp redusert med 97%. Dette betyr at avgangen synker relativt raskt. I stedet finner vi igjen et jernmaksimum på stasjon RA12 nær bunnen (200 m). Det som trolig skjer er at partikkelskyen fra Jernverkets utslippsledning synker raskt på grunn av høy egenvekt og at den følger bunnen et stykke utover. Dette er svært likt det som skjer i Sørfjorden i Hardanger hvor jarosittutslippet (jern-suspensjon) fra Norzink A/S brer seg som en sky samtidig som skyen kommer nærmere bunnen med økende avstand fra utslippspunktet (Skei 1982). Samtidig skjer det en sedimentering av partikler med høyt jerninnhold og "skyen" mister gradvis sin identitet. Ved stasjonene RA12, 10, 7 og 4 hvor bunnvannet er analysert, er konsentrasjonen av partikulært jern henholdsvis 177, 121, 65 og $36 \mu g/l$. Noe av årsaken til forhøyede jernkonsentrasjoner nær bunnen kan imidlertid være oppvirkning av sedimentene.

Jernverkets hovedkloakk munner ut på 5 m dyp i fjorden og avløpsvannet inneholder store mengder jern (Delrapport 1, NIVA 1983). Dette er en sannsynlig årsak til de høye forholdstallene mellom jern og aluminium (Fe/Al) i det partikulære materialet i overflatevannet i Ranafjorden. De høyeste forholdstallene i 1-5 m dyp ble registrert på stasjonene RA12 og RA10, med avtagende konsentrasjoner av "ekstra jern" utover fjorden. Men selv ved Strømholmen (RA4) var det partikulære materialet påvirket av jernrike partikler. I motsetning til dypvannet, som var mest forurenset i utslippsnære områder, var spredningen av partikulære forurensningskomponenter i overflatevannet større som resultat av utgående strøm i overflaten.

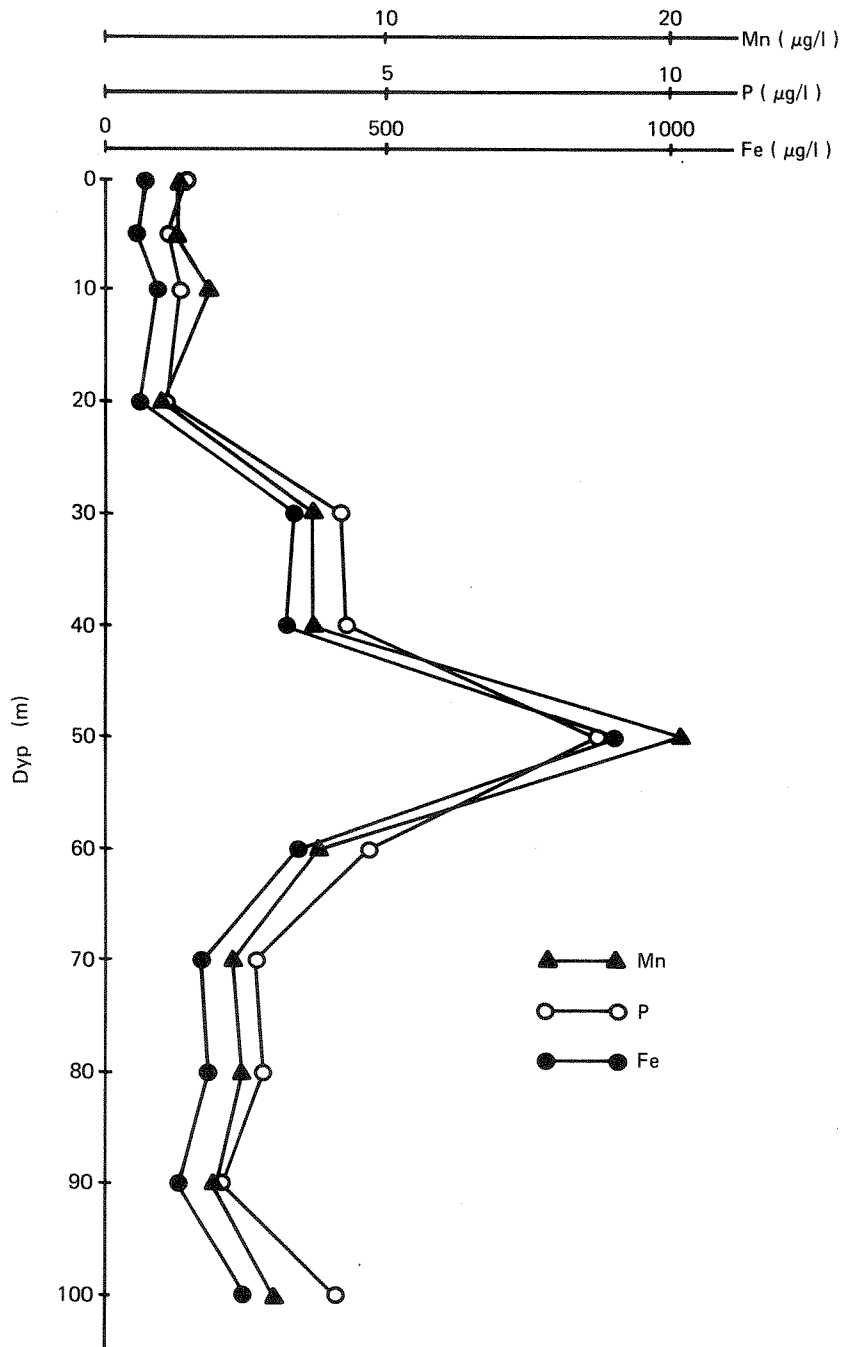


Fig. 6. Partikulært mangan (Mn), fosfor (P) og jern (Fe) ved Jernverkets dypvannsutslipp (RA13)

Partikulært svovel i sjøvann opptre vanligvis i organisk materiale og i sulfidpartikler. I Ranafjorden var konsentrasjonene lave på de ytterste stasjonene (RA4, 7, 8) og på stasjonen innerst i fjorden (RA13) (tabell 6). Størst innhold av partikulært svovel på disse stasjonene var i de øvre 10-20 m av vannsøylen og skyldes mest sannsynlig svovel i organisk materiale (sot ?). På stasjonene RA9, 10, 11 og 12 var imidlertid konsentrasjonene høyere enn på RA4, 7, 8 og 13, og fordelingen annerledes. Høye svovelverdier ble funnet i hele vannsøylen, særlig utenfor Andfiskå (RA9). Forhøyede konsentrasjoner i denne delen av fjorden kan med stor sikkerhet settes i forbindelse med oppredning av sulfidiske malmer ved Bergverkselskapet Nord-Norge A/S og for de innerste stasjonenes vedkommende tilførsler av partikler som inneholder metallsulfider via Mobekken.

Partikulært fosfor kan i liket med svovel opptre i organisk materiale (f.eks. plankton), men også i mineraler, slik som apatitt. Konsentrasjonen av partikulært fosfor var generelt lave i hele Ranafjorden i desember. Dette må antas å skyldes at det var minimal planktonproduksjon i fjorden på denne tiden. En noe høyere konsentrasjon av partikulært fosfor i brakkvannslaget (0-10 m), i likhet med svovel, kan tilskrives organisk bundet fosfor. En forhøyning i fosforkonsentrasjonene mellom 30 m og bunnen på den innerste stasjonen (RA13) antas å skyldes forekomst av apatitt (jernfosfat) i utslippet fra Jernverkets oppredningsverk i Gullsmedvik (figur 6).

Partikulært mangan er en komponent som finnes stort sett i små mengder i alle typer partikulært materiale. I fjorder med rikelig oksygen i bunnvannet observeres det ofte en generell økning i innholdet mot bunnen. Dette er f.eks. blitt registrert i Hardangerfjorden (Price & Skei 1975). Forklaringen kan være at etter resuspensjon av sedimentet synker de groveste partiklene raskest. Det skjer således en selektiv sedimentering av grove partikler som inneholder lite mangan, mens den fineste partikkelfraksjonen med høyere manganinnhold får lengre oppholdstid i vannmassen. På den måten blir forholdstallet mellom mangan og aluminium høyere jo nærmere bunnen vi kommer, slik som vist på figur 7.

I tillegg til den naturlige forekomsten av mangan i Ranafjorden er det tydelig at avløpsvannet fra Jernverket også inneholder partikulært mangan (se Delrapport 1, NIVA 1983). På stasjon RA13 viser den vertikale

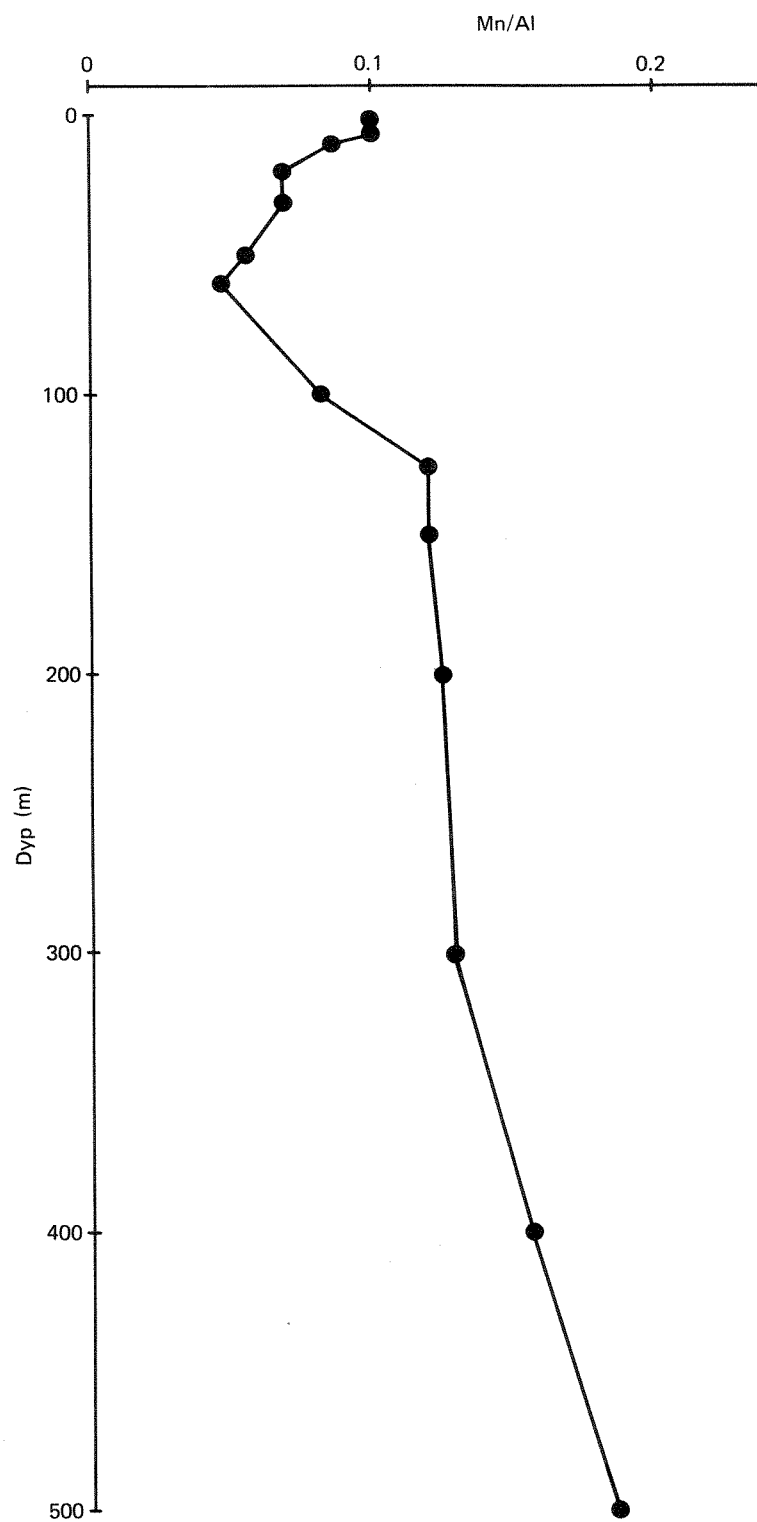


Fig. 7. Forholdet mellom mangan og aluminium i partikulært materiale (RA4)

profilen for mangan stort sett samme trend som partikulært jern (figur 6). Det er vanlig at jern og mangan er assosierte elementer i oksydmalmer.

I tillegg til elementanalyser av partikulært materiale i desember 1980, ble det tatt transmisjonsprofiler på stasjonene. Målingene begrenser seg til de øvre 100 m (maks. lengde på kabel). På de ytterste stasjonene ble det registrert noe lavere transmisjon i de øvre vannlag, ellers ingen vertikale forskjeller. Heller ikke på stasjonene RA10 og 12 ble det registrert store endringer, bortsett fra noe lavere transmisjon i 20-30 m dyp. På stasjon RA13 derimot var det store vertikale forskjeller (figur 8). Her kommer Jernverkets utslipp på 30 m dyp godt til syne med lavest transmisjon (mest partikler) ved 45-50 m dyp. Det er på dette dypet de største jernkonsentrasjonene ble observert (figur 6).

September 1981

De samme elementene ble analysert på filterne som i 1980. Det er verdt å merke seg at ferskvannstilførselen til Ranafjorden var betydelig større i september 1981 enn i desember 1980. (henholdsvis $343 \text{ m}^3/\text{sek}$ og $97 \text{ m}^3/\text{sek}$).

Partikulært aluminium viste høyere konsentrasjoner i overflatevannet enn i desember. På grunn av en større ferskvannstilførsel var det en betydelig sjiktning i vannmassen med et sprangsjikt ved ~ 5 m. Dette førte til en tilsvarende kraftig sjiktning i partikkelfordelingen med store forskjeller i konsentrasjonene av aluminium mellom 1 og 5 m dyp (figur 5). Konsentrasjonene av aluminium ved midlere vanddyb var stort sett de samme som i desember. Det ble også nå registrert en økning i aluminiumkonsentrasjonene mot bunnen, slik som i desember 1980. Det samme var tilfelle i Glomfjord i september 1981 (NIVA, 1982). (De eksepsjonelt høye konsentrasjonene ved 530 m dyp skyldes at loddet under vannhenteren berørte bunnen og forårsaket en oppvirvling.)

Fordelingen av partikulært jern var nokså lik desember-situasjonen med høye konsentrasjoner ved 50-60 m dyp nær Jernverkets utslipp, og i overflatevannet. Selve maksimumskonsentrasjonen ved 50 m dyp var nærmest halvert i forhold til desember 1980. Dette behøver ikke å

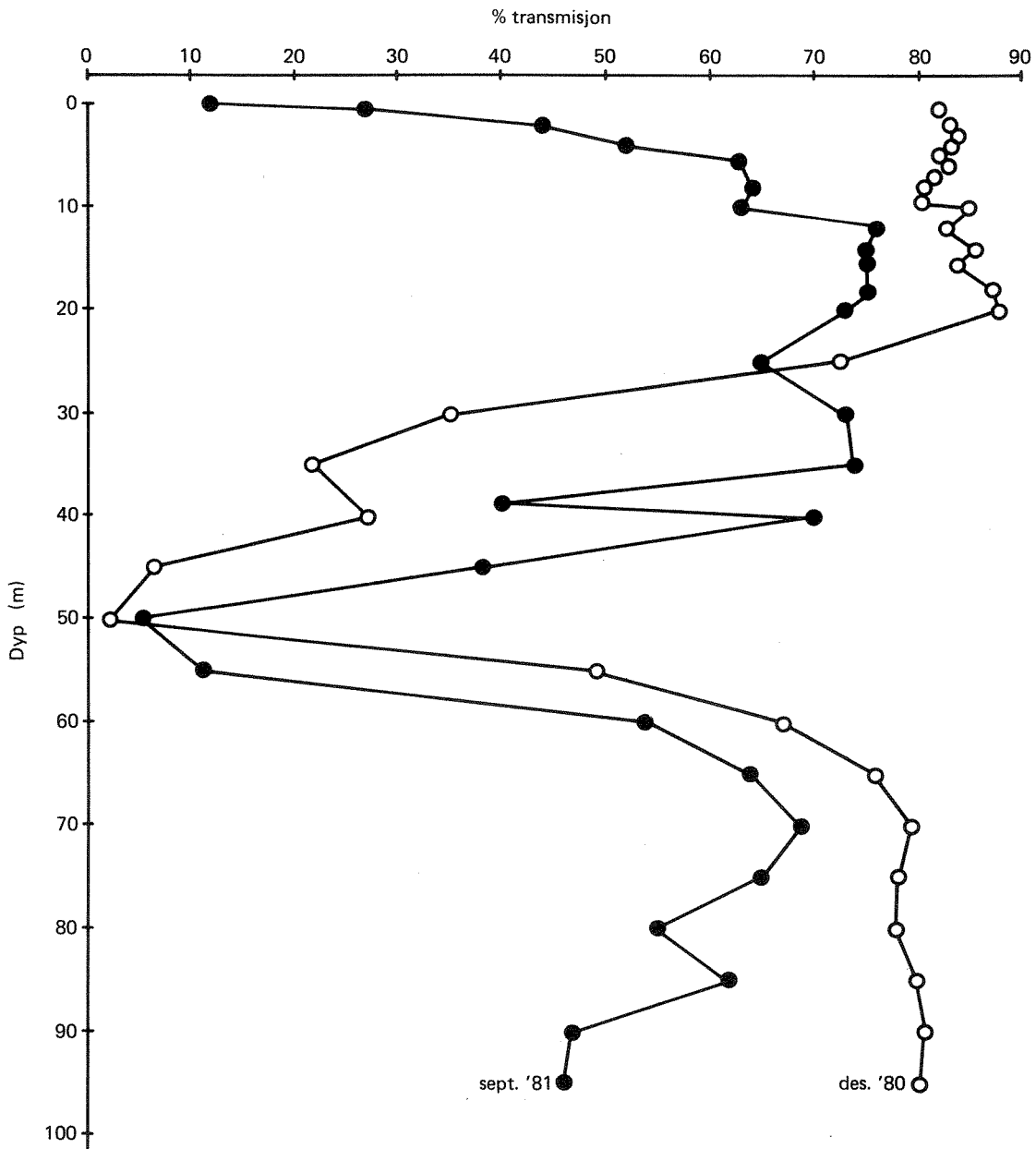


Fig. 8. Transmisjonsprofiler ved Jernverkets dypvannsutslipp (RA13)

skyldes reduserte utslipp, men bare at avstandsgradienten fra utslippspunktet er så stor at med mindre posisjoneringen av stasjonen er meget presis, vil slike store forskjeller lett oppstå.

Analysen av partikulært svovel bekreftet resultatene fra året før, som viste at oppredningsverket i Andfiskå er hovedkilden. Eneste forskjellen var høyere konsentrasjoner på den innerste stasjonen (RA13). Man kan ikke se bort fra at dette er sulfidpartikler som transporteres nord-østover fra Andfiskå/Mobekken-området (bakevje-effekt). Transporten via Mobekken må antas å ha vært mer fremtredende i september enn i desember på grunn av større ferskvannstilførsel.

Noe høyere konsentrasjoner av partikulært fosfor i overflatevannet i fjorden i september kan forklares med en generelt større planktonbiomasse enn i desember. Forøvrig ble det som tidligere registrert økt fosforinnhold i nærområdet til Jernverkets utslipp som resultat av avløpsvannets innhold av apatitt.

Partikulært mangan viste heller ingen store forskjeller fra desember-toktet. Som tidligere ble det påvist både en naturlig anrikning i bunn-nære vannmasser og også mangan assosiert med jern-mineraler fra Jernverkets utslipp.

Transmisjonsmålingene bekreftet de kjemiske målingene ved lavere transmisjon i overflatevannet grunnet høye partikkelkonsentrasjoner og en dramatisk reduksjon i transmisjon ved 50-60 m dyp på stasjon RA13 (figur 8). Mens hovedtyngden av partikler i desember 1980 lå ved 45-50 m dyp (figur 8) ble de største partikkelmengdene registrert ved 50-55 m dyp i september 1981. Dette kan igjen tyde på at posisjoneringen av stasjon RA13 i september var noe lengre fra selve utslippspunktet.

Resultatene av analysene av partikulært materiale i Ranafjorden kan oppsummeres på følgende måte:

- (i) Den naturlige sedimenttransporten i Ranaelva var størst i juli 1981 og lavest i desember 1980.
- (ii) Området rundt Andfiskå er preget av store mengder sulfidmineraler (bly og sink) i vannmassen. Bly løses dessuten fra avgangen.
- (iii) Området rundt utslippet til Jernverkets opprenningsverk i Gullsmedvik er sterkt forurensset av jernpartikler (hematitt, apatitt). Partikkelskyen har lokal utbredelse og synker til nær bunnen, 2-3 km lengre ute.
- (iv) Partiklene i overflatevannet har et høyt jerninnhold i hele Ranafjorden. Den mest sannsynlige årsaken er Jernverkets hovedkloakk.

4.3 Scanning elektron mikroskopiering av partikler

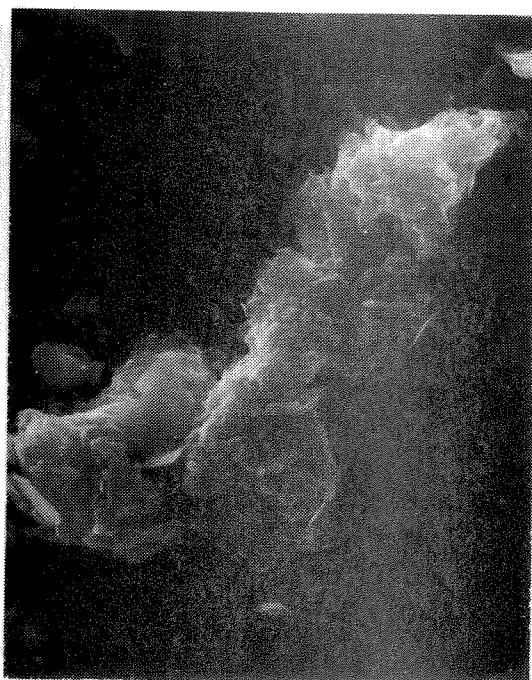
Membranfiltre fra fem stasjoner (RA7, 9, 10, 12 og 13) ble analysert ved scanning elektron mikroskopi for å se på partiklenes form, størrelse og kjemiske sammensetning. Et utvalg fotografier er vist på figur 9 og 13.

Innerst i Ranafjorden (stasjon RA13) på 50 m dyp dominerte uorganiske bergartsfragmenter fra Jernverkets dypvannsutslipp (figur 9a). Partiklene var skarpkantede og varierte i størrelse mellom 1 og 10 μm . Det var ingen partikler av biologisk opprinnelse å se. Partiklene inneholdt jevnt over mye kalsium og jern, som i hovedsak stammer fra Jernverkets utslipp. Ellers ble det registrert mye kvarts og feltspatmineraler. En typisk kjemisk sammensetning av et tilfeldig valgt areal på filteret er vist på figur 10.

En prøve fra dypvannet (300 m) på stasjon RA10 viste stort sett samme partikkeltype som på stasjon RA13. Skarpkantede enkeltpartikler uten tegn til aggregering, bortsett fra ett unntak vist på figur 9b. Dette aggregatet inneholdt mye jern og nikkel, foruten kobber, sink og mangan (figur 11). På stasjon RA9 nær Andfiskå ble det også påvist skarpkant-



- a. Skarpkantede partikler med varierende kornstørrelse. Hovedsakelig kvarts og feltspat
RA13 - 50 m



- b. Partikkelaggregat som inneholder mye jern og nikkel.
RA10 - 300 m

Fig. 9. Scanning elektron mikroskopierring av partikler fra dypvannet (≥ 40 m) i Ranafjorden

Fig. 9 forts.

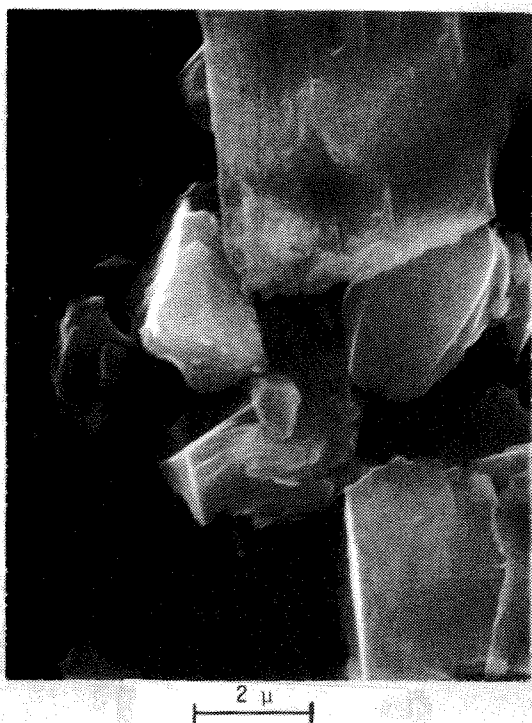


c. Stort kvartskorn med
konisk bruddflate.
RA9 - 40 m



d. Chalcoprytt-partikkel
(kobber, svovel og jern).
RA9 - 40 m

Fig. 9 forts.



e. Partikkel midt i bildet
(trekantet endeflate)
inneholder svovel, jern,
sink og barium.

RA9 - 40

216 CNT

4K FS: A

4160 EU

20 EU/CHAN

Link Systems 860 Analyser

20-Dec-82

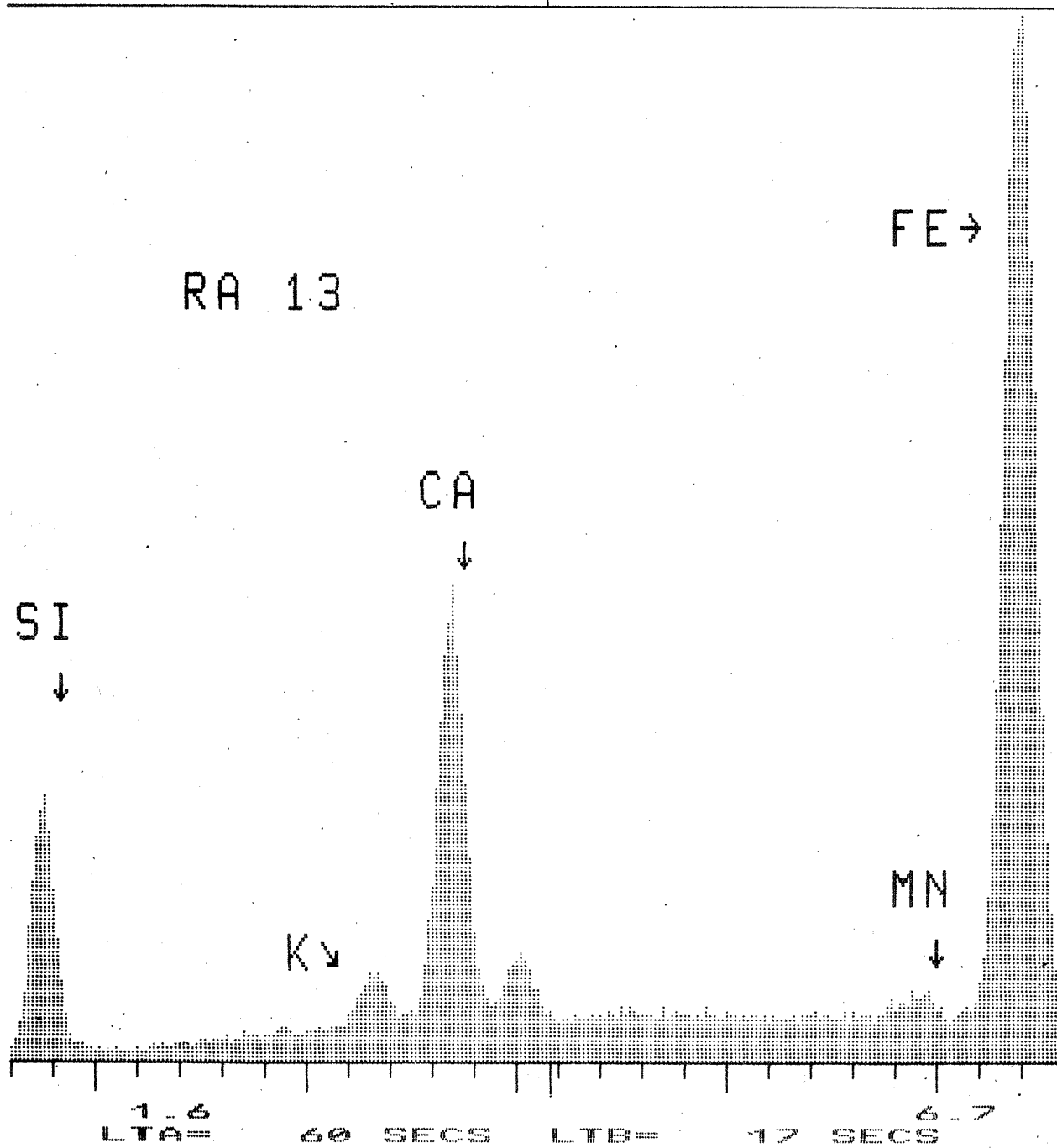


Fig. 10. Røntgenanalyse av tilfeldig valgt areal av bilde 9a

101 CNT

5200 EV

1K FS: A

20 EV/CHAN

Link Systems 860 Analyser

21-Dec-82

RA 10

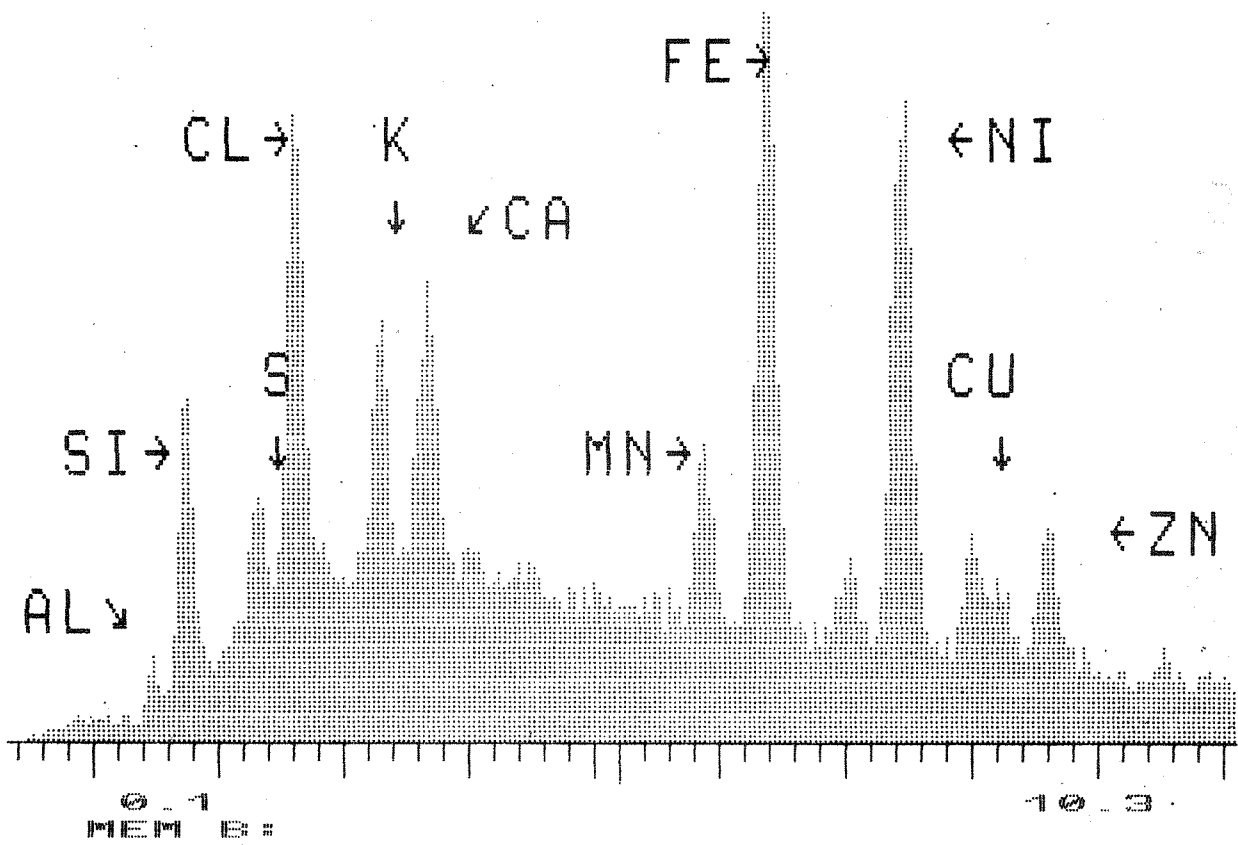


Fig. 11. Røntgenanalyse av partikkelaggregat (bilde 9b)

ede partikler som er typiske for gruveavgang. Foruten store kvartskorn (figur 9c) ble det påvist mye sulfidholdige partikler. En partikkel inneholdt f.eks. svovel, kobber og jern (figur 9d) og skyldes trolig innhold av chalcopyritt i avgangen fra Bergverksselskapet Nord-Norge A/S. Andre partikler inneholdt svovel, sink, jern og barium (figur 9e og figur 12).

Figur 13 viser partikler fra overflatevannet (1 m dyp) i Ranafjorden. Innerst i fjorden (RA12) var partikkelmengden stor og det ble registrert hyppig forekomst av skarpkantede og til dels store partikler som inneholdt jern (figur 13 a). Dette er tilsynelatende avgangspartikler. Foruten jern opptrådte partikkel-aggregater med høyt kalsiuminnhold (figur 13 b). Dette er i samsvar med SEM-analyser av partikler i hovedkloakken fra Norsk Jernverk (se Delrapport nr. 1, s. 60). Lenger ute i fjorden (RA10 og 7), hvor partikkelmengden var mindre, ble det observert små kuleformede partikler som inneholdt stort sett bare jern (figur 13 c, d, e). Størrelsen på disse partiklene var overveiende mindre enn 1 μm . Dette er åpenbart partikler som stammer fra Jernverkets hovedkloakk (se Delrapport 1, s. 60). På grunn av partiklenes størrelse vil disse transporteres lange strekninger og må forventes å finnes i hele Ranafjorden i overflatevannet.

Mikroskopieringen og analyser av enkeltpartikler bekrefter de øvrige analysene av partikulært materiale, samt analyser og mikroskopiering av partikler i det industrielle avløpsvannet (se delrapport 1). Mens jern dominerer i partikler i vannet influert av Jernverkets utslipp, dominerer metallsulfider i vannet nær Andfiskå.

128 CNT 1K FS: A
5560 EV 20 EU/CHAN
Link Systems 860 Analyser 21-Dec-82

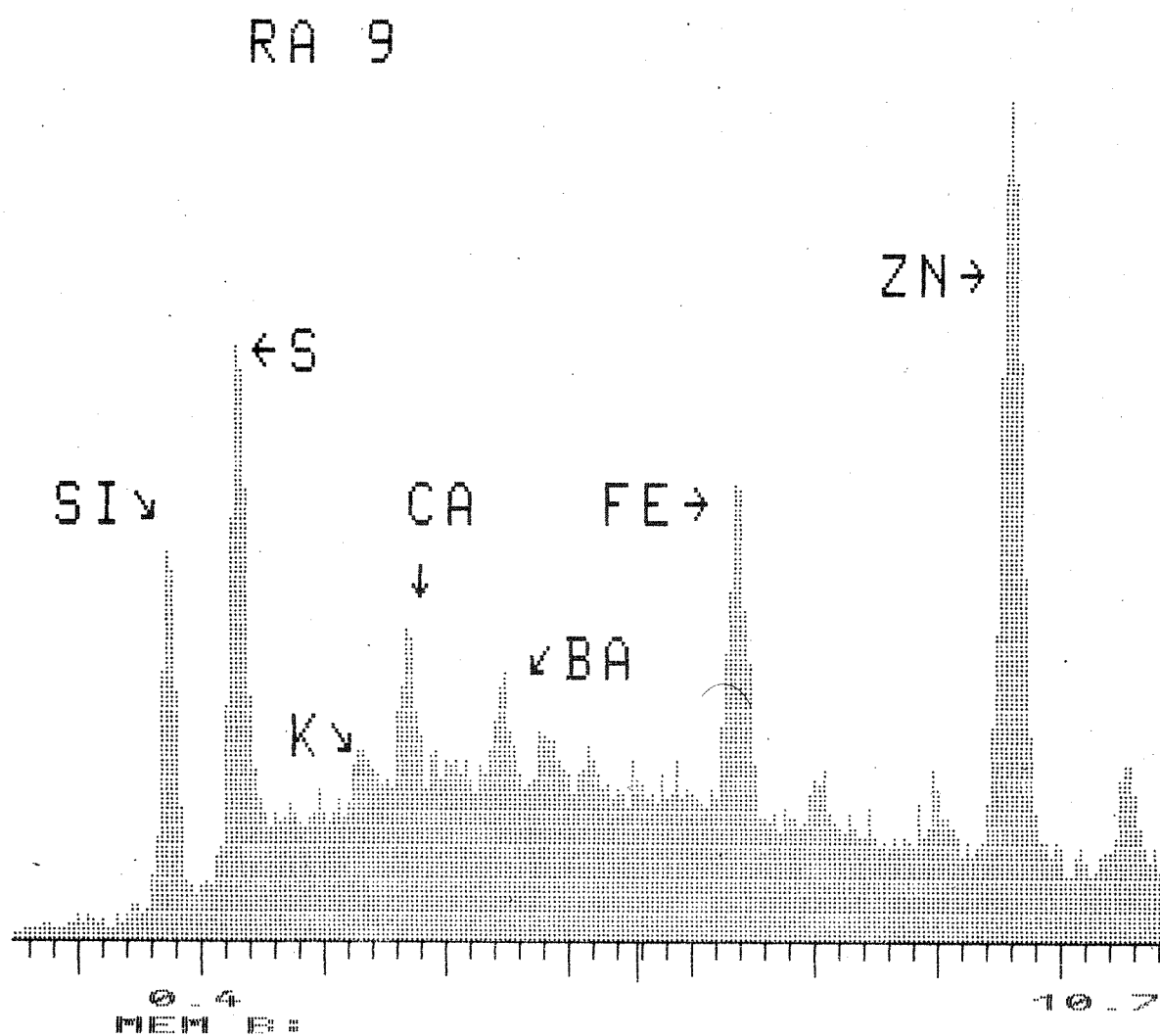
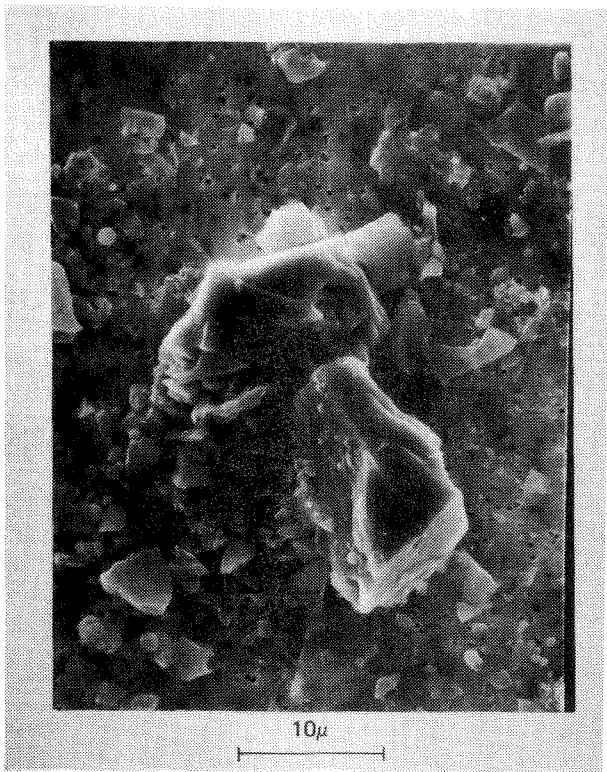
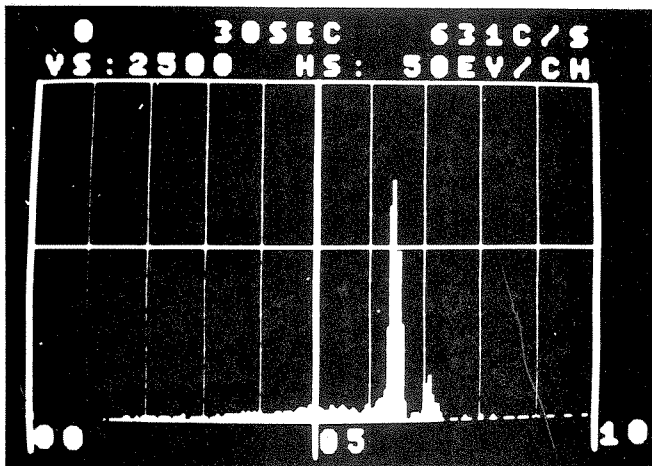


Fig. 12. Røntgenanalyse (punktanalyse) av partikkel midt i bilde 9e



a Skarpkantede jernpartikler
(hematitt ?)

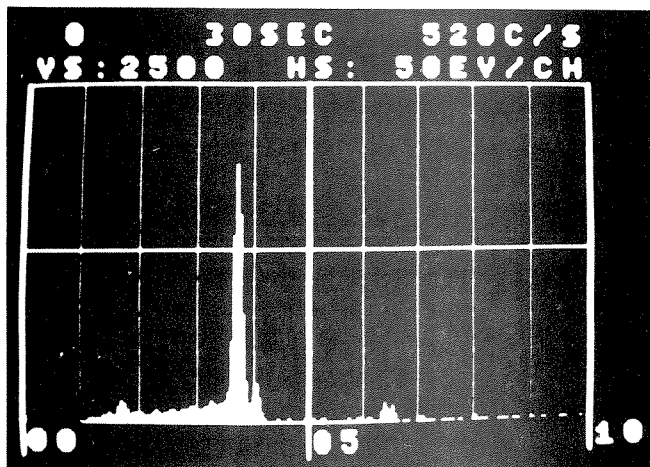


Fe

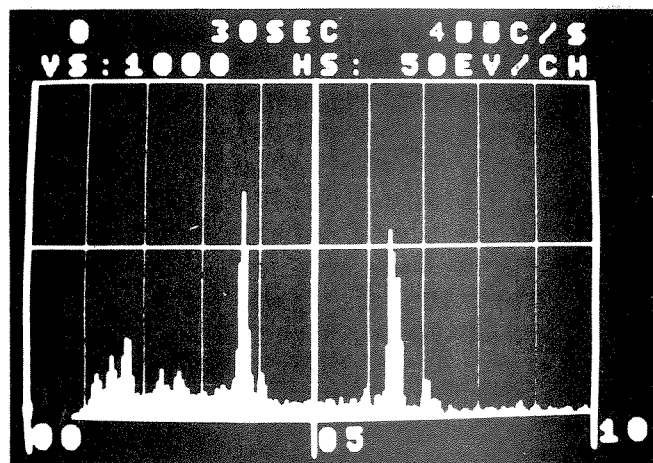
Fig. 13. Scanning elektron mikroskopiering av partikler fra overflatevannet (1 m dyp) i Ranafjorden



b Partikkelaggregat som inneholder kalsium og jern (kalsiumkarbonat og hematitt ?)



Ca



Ca Fe



c Sfæriske jernpartikler med størrelse $< 1 \mu\text{m}$



d Sfæriske jernpartikler med størrelse ca. $0,5 \mu\text{m}$



e Sfæriske jernpartikler og
rester av coccolithoforider

5. LITTERATUR

Grønlands Geologiske Undersøgelser (1980)

Oppløsning af tungmetaller fra marint deponeret bly-zink-tailings.

Sammenligning af Marmorilik, Grønland og Rana Fjord, Norge.

Forf. Gert Asmund, Steinsilert. 7 s.

Nilsen, S.K. & Lund, W. (1982). The determination of weakly and strongly bound copper, lead and cadmium in Oslofjord samples. *Mar. Chem.*, 11, 222-233.

NIVA (1977). Resipientundersøkelse i Ranafjorden. Rapport nr. 2.

Innledende hydrografiske, geokjemiske og biologiske undersøkelser.

0-31/75. Forfattere: L. Kirkerud, T. Bokn, J. Knutzen,

K. Kvalvågnæs, J. Magnusson, J. Skei. Stensilert. 141 s.

NIVA (1981). Vefsnfjorden som resipient for avfall fra Mosjøen

Aluminiumverk. Rapport 1. Undersøkelser 1978-1980.

Forfattere: I. Haugen, L. Kirkerud, J. Knutzen, K. Kvalvågnæs,

J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei. Stensilert. 175 s.

NIVA (1982). Basisundersøkelse i Glomfjord. Delrapport I. Sedimenter,

bløtbunnsfauna og partikler i vann. Forfattere: Kristoffer Næs,

Brage Rygg og Jens Skei, Stensilert: 42 s.

NIVA (1983). Basisundersøkelse i Ranafjorden. Delrapport 1. Under-

søkelse av utslipp fra Jernverket, Koksverket, Rana Gruber og

Bergverkselskapet Nord-Norge A/S i oktober 1980 og juni 1981.

Forfatter. Ø. Tryland. Stensilert 71 s.

Skei, J.M. (1982). Dispersal and retention of pollutants in Norwegian fjords. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer.*, 181, 78-86.

Skei, J.M. & Melsom, S. (1982). Seasonal and vertical variations in the chemical composition of suspended particulate matter in an oxygen deficient fjord. *Estuar.Coast. Shelf. Sci.*, 14, 61-78.

A P P E N D I K S

Tabell 1. Løst sink (Zn), kadmium (Cd) og bly (Pb) i vannprøver fra Ranafjorden 5/10 1979 (µg/l)
(analysert av Gert Asmund, GGU, Danmark)

Stasjon	Dyp (m)	Zn	Cd	Pb
R1	1	7.1	0.09	4.6
	5	5.4	0.15	2.3
	10	6.2	0.08	15.9
	15	6.6	0.11	6.1
	19	7.3	0.09	4.8
R2	5	4.9	0.10	3.1
	10	4.5	0.07	2.6
	20	4.0	0.16	2.2
	30	6.2	0.12	4.0
	50	4.7	0.09	3.0
	59	8.1	0.11	6.6
	69	4.7	0.13	7.8
R3	1	8.3	0.12	0.33
	5	5.6	0.09	5.5
	10	3.7	0.08	2.3
	14	7.7	-	4.2
R4	1	8.0	0.06	0.49
	5	3.7	0.05	2.2
	10	3.2	0.05	1.6
	20	4.6	0.04	0.6
	30	4.8	0.05	1.2
	50	1.9	0.04	0.5
	75	2.4	0.03	1.0
	100	6.4	0.06	2.5
	125	4.7	0.05	0.9
	135	3.1	0.06	1.2
R5	1	9.6	0.04	0.49
	10	2.2	0.04	0.34
	20	4.3	0.08	0.69
	50	3.8	0.05	1.11
	75	2.3	0.09	0.43

Tabell 2. Løst sink (Zn) og bly (Pb) i vannprøver fra Ranafjorden
5/10 1979 (parallellprøver analysert ved SI)

Stasjon	Dyp (m)	Løst ($\mu\text{g}/\text{l}$)	
		Zn	Pb
R1	1	10.9	5.7
	5	7.4	1.1
	10	7.1	3.7
	15	5.5	3.3
	19	7.4	3.7
R2	1	8.3	1.1
	5	4.8	1.1
	10	2.5	1.3
	20	2.9	1.7
	30	3.8	1.3
	50	-	-
	59	5.0	4.6
69	5.1	8.5	
R3	1	8.9	< 1.0
	5	2.9	12.0
	10	7.9	15.5
	14	-	-
R5	1	-	-
	10	1.8	< 1.0
	20	2.8	2.9
	50	5.8	1.7
	75	2.5	2.4

Tabell 3. Løst bly (Pb), jern (Fe) og sink (Zn) i Ranafjorden 16.-18/12-80 (µg/l)

Stasjon	Dyp (m)	Dato	Pb	Fe	Zn
RA-4	1	16-12-80	< 0,5	0,4	9,6
"	5	"	< 0,5	0,3	8,4
"	10	"	< 0,5	0,2	2,3
"	20	"	< 0,5	0,3	1,9
"	30	"	< 0,5	0,2	3,6
"	50	"	0,6	0,2	0,9
"	75	"	0,6	0,3	3,7
"	100	"	< 0,5	0,3	1,9
"	125	"	< 0,5	0,1	4,6
"	150	"	< 0,5	0,5	7,6
"	200	"	< 0,5	0,3	4,6
"	300	"	< 0,5	0,3	3,2
"	400	"	0,6	0,4	18,0
"	500	"	0,6	0,4	-
RA-7	1	17-12-80	< 0,5	0,5	4,6
"	10	"	< 0,5	0,1	1,4
"	50	"	< 0,5	0,4	1,0
"	100	"	< 0,5	0,6	2,1
"	125	"	< 0,5	0,2	22,4
"	200	"	0,6	0,4	3,3
"	400	"	< 0,5	1,0	4,1
"	500	"	< 0,5	2,8	2,6
RA-8	1	"	0,7	7,6	9,0
"	5	"	< 0,5	2,3	1,9
"	100	"	< 0,5	1,6	0,9
RA-9	1	18-12-80	0,7	7,4	3,7
"	20	"	1,9	3,4	4,3
"	50	"	0,8	3,1	2,8
RA-10	1	17-12-80	< 0,5	2,6	2,5
"	50	"	< 0,5	1,1	1,1
"	100	"	< 0,5	1,2	1,6
"	300	"	< 0,5	3,9	4,1
RA-11	1	18-12-80	< 0,5	4,6	4,1
"	25	"	< 0,5	2,4	1,8
"	50	"	< 0,5	3,0	1,8
RA-12	1	"	< 0,5	1,9	2,1
"	200	"	< 0,5	3,4	3,7
RA-13	1	17-12-80	< 0,5	1,6	4,3
"	50	"	< 0,5	4,3	7,5
"	100	"	< 0,5	3,3	2,2

Tabell 4. Løst bly (Pb), jern (Fe) og sink (Zn) i Ranafjorden 16/9 1981 ($\mu\text{g/l}$)

St.	Dyp(m)	Dato	Pb	Fe	Zn
RA 8	1 m	16/9-81	< 0,5	5,7	6,0
"	50 "	"	"	3,7	0,8
"	300 "	"	"	5,2	1,4
"	400 "	"	"	1,6	1,0
RA 9	1 m	16/9-81	0,9	3,1	6,5
"	5 "	"	2,1	1,9	4,9
"	10 "	"	2,1	4,1	2,7
"	30 "	"	3,0	2,8	2,3
"	50 "	"	3,2	2,1	3,4
RA 10	1 m	16/9-81	0,7	2,8	4,3
"	5 "	"	0,8	1,8	3,2
"	10 "	"	0,7	2,6	3,8
"	30 "	"	0,7	1,5	1,3
"	50 "	"	0,8	3,8	1,5
RA 12	1 m	16/9-81	0,7	10,2	5,0
"	5 "	"	0,6	5,5	2,5
"	10 "	"	0,6	5,7	5,7
"	20 "	"	0,5	3,7	4,1
"	40 "	"	0,5	1,9	2,1
"	50 "	"	0,5	3,4	4,3
"	100 "	"	0,5	2,3	4,4
"	150 "	"	0,5	4,8	1,7
"	200 "	"	0,6	2,2	3,5
RA 13	1 m	16/9-81	0,8	30,8	7,5
"	5 "	"	0,6	4,4	5,3
"	10 "	"	0,5	4,7	6,8
"	20 "	"	0,6	6,2	2,4
"	30 "	"	0,7	3,6	8,6
"	40 "	"	0,8	4,7	5,7
"	50 "	"	0,8	4,2	8,8
"	60 "	"	0,9	2,4	16,4
"	70 "	"	0,9	6,7	10,8
"	80 "	"	1,1	6,7	11,7
"	90 "	"	1,2	7,7	6,6

Tabell 5. Partikulært sink (Zn) og bly (Pb) i Ranafjorden
5/10 1979 ($\mu\text{g/l}$)

Stasjon	Dyp (m)	Zn	Pb
R1	1	< 1.9	2.3
	5	< 1.9	1.2
	10	-	-
	15	9.3	9.6
	19	2.6	3.4
R2	1	< 1.8	1.5
	5	< 1.8	1.1
	10	3.2	1.5
	20	3.0	2.3
	30	3.8	2.2
	50	8.0	1.6
	59	-	-
69	126.4	91.9	
R3	1	17.5	11.1
	5	26.0	27.1
	10	12.6	12.6
	14	15.0	13.9
R4	1	10.8	4.3
	5	1.4	2.1
	10	< 1.0	0.9
	20	1.1	0.5
	30	16.5	0.8
	50	< 1.1	0.3
	75	1.4	0.8
	100	1.3	0.6
	125	1.1	0.4
135	5.0	1.3	
R5	1	5.4	2.2
	10	1.1	0.3
	20	1.2	0.7
	50	0.9	0.2
	75	4.4	0.4

Tabell 6. Partikulært jern (Fe), aluminium (Al), mangan (Mn), fosfor (P) og svovel (S) i Ranafjorden 16.-18/12 1980
($\mu\text{g/l}$)

Stasjon	Dyp (m)	Fe	Al	Mn	P	S
RA 4	1	74	33	2,8	1,6	2,8
	5	56	41	2,6	1,1	3,7
	10	30	22	1,7	0,8	1,3
	20	14	15	0,9	0,4	$\leq 0,6$
	30	13	16	0,8	0,5	$< 0,6$
	50	11	17	0,7	0,5	$< 0,6$
	75	11	17	0,6	0,5	0,7
	100	16	18	0,9	0,4	0,6
	125	14	19	2,0	0,8	0,8
	150	14	21	1,7	0,6	$< 0,6$
	200	14	20	2,0	0,7	$< 0,6$
	300	17	25	2,8	0,6	0,7
	400	24	30	5,0	1,0	$< 0,6$
	500	36	50	7,9	1,2	1,0
RA 7	1	72	28	2,8	1,3	3,4
	5	48	22	2,2	1,1	2,0
	10	22	15	1,3	0,5	3,5
	20	13	13	0,9	0,4	1,2
	30	12	13	0,9	0,4	0,7
	50	12	16	0,9	0,5	$\leq 0,6$
	75	13	17	0,8	0,5	$< 0,6$
	100	15	17	1,4	0,5	0,7
	125	14	15	1,8	0,5	$< 0,6$
	150	13	15	1,8	0,5	$< 0,6$
	200	16	16	2,0	0,5	0,6
	300	23	24	3,1	0,6	$< 0,6$
	400	27	28	4,4	0,7	$\leq 0,6$
	500	65	53	9,9	2,3	0,8

(forts.)

Tabell 6 (forts.)

Stasjon	Dyp (m)	Fe	Al	Mn	P	S
RA 8	1	53	26	2,4	1,3	2,2
	5	60	23	2,7	1,1	2,7
	10	26	15	1,6	0,5	0,9
	30	16	13	1,0	0,5	1,5
	50	16	14	1,0	0,4	0,7
	100	12	13	1,3	0,5	< 0,6
	125	20	16	2,7	0,6	≤ 0,6
	150	15	15	2,2	0,5	< 0,6
RA 9	1	75	35	2,9	1,4	5,8
	5	81	87	2,4	1,0	22,5
	10	51	40	2,6	0,8	7,8
	20	104	125	2,3	1,0	29,2
	30	74	85	1,9	0,9	21,1
	40	93	116	1,8	0,9	29,7
	50	127	151	2,3	1,0	39,6
RA 10	1	85	33	3,4	1,3	3,9
	5	49	20	2,7	0,9	1,7
	10	28	19	1,7	0,6	1,0
	20	24	17	1,5	0,6	0,8
	30	25	18	1,4	0,6	1,7
	50	24	18	1,4	0,6	1,6
	75	19	15	1,3	0,5	1,1
	100	26	23	2,2	0,7	2,0
	125	33	29	2,9	0,8	1,4
	150	37	31	2,5	0,9	0,7
	200	23	21	2,4	0,6	≤ 0,6
	300	121	111	4,3	2,6	1,7

Tabell 6 (forts.)

Stasjon	Dyp (m)	Fe	Al	Mn	P	S
RA 11	1	105	44	3,1	2,2	3,9
	5	44	26	2,0	1,1	1,4
	10	31	20	1,9	0,7	1,6
	25	82	49	2,2	1,5	1,5
	50	41	30	1,7	0,8	4,3
RA 12	1	84	42	3,0	1,6	1,5
	5	87	29	3,9	1,1	2,9
	10	49	22	2,8	0,9	1,8
	20	68	35	2,2	1,2	1,5
	40	30	20	1,4	0,6	2,3
	50	31	20	1,4	0,8	1,3
	60	29	20	1,6	0,7	1,8
	100	58	42	3,1	1,4	1,6
	150	60	44	3,3	1,4	1,1
	200	177	119	5,2	3,3	1,2
RA 13	1	76	40	2,6	1,4	1,1
	5	59	30	2,6	1,1	1,8
	10	92	37	3,7	1,3	1,2
	20	60	30	2,1	1,1	< 1,2
	30	331	119	7,4	4,2	< 1,2
	40	320	110	7,4	4,3	< 1,2
	50	906	178	20,5	8,8	< 1,2
	60	347	102	7,7	4,7	< 1,2
	70	176	63	4,6	2,7	1,5
	80	187	67	4,9	2,8	1,2
	90	134	51	3,8	2,0	1,5
100	247	91	6,1	4,1	< 1,2	

Tabell 7. Partikulært jern (Fe), aluminium (Al), mangan (Mn), fosfor (P) og svovel (S) i Ranafjorden 16/9 1981

(µg/l)

Stasjon	Dyp (m)	Fe	Al	Mn	P	S
RA 1	1	25	30	0,8	1,7	1,8
RA 4	1	115	113	2,6	3,2	6,4
	5	21	23	1,2	2,1	1,9
	10	11	14	0,8	1,1	1,6
	30	11	17	0,6	0,6	1,0
	50	12	15	0,7	0,6	1,1
	100	14	18	1,7	0,5	0,6
	150	20	23	1,8	0,5	1,2
	200	11	16	1,7	0,5	< 0,6
	250	(74)	(75)	(3,7)	(1,2)	(1,5)
	300	12	18	1,7	0,4	1,1
	350	11	16	2,2	0,4	1,2
	400	13	17	3,0	0,6	< 0,6
	450	18	21	6,1	0,6	< 0,6
	500	26	25	8,8	0,9	2,8
530	(1730)	(1080)	(65)	(9,2)	(6)	
RA 7	1	210	162	4,8	4,4	7,2
	5	10	12	1,2	2,0	1,9
	10	17	17	1,0	1,0	2,4
	30	11	16	0,6	0,6	0,7
	50	9	13	0,7	0,5	1,6
	100	17	20	2,4	0,6	0,9
	200	11	15	1,5	0,5	1,3
	300	20	23	1,9	0,5	0,9
	400	15	19	2,9	0,9	2,3
500	49	53	14	1,5	2,1	

(forts.)

Tabell 7 (forts.)

Stasjon	Dyp (m)	Fe	Al	Mn	P	S
RA 8	1	247	198	6,8	4,7	12,4
	50	10	12	0,7	0,8	1,7
	100	19	20	2,8	0,6	1,7
	200	23	24	3,0	0,7	1,9
	300	14	7	1,9	0,5	0,7
	400	32	35	4,3	0,8	1,7
RA 9	1	347	274	7,9	6,6	24
	5	48	39	2,1	2,4	11
	10	69	65	1,8	1,3	21
	30	78	81	1,8	1,0	25
	50	251	234	3,7	1,4	70
RA 10	1	405	205	14,1	4,4	15,6
	5	29	18	2,1	2,3	4,5
	10	26	17	1,5	1,3	3,2
	30	26	23	1,0	0,7	1,6
	50	30	22	1,9	0,8	3,7
RA 11	1	326	223	3,8	3,4	4,6
	5	24	19	1,9	2,3	2,4
	10	30	23	1,4	1,3	3,2
	30	43	36	1,6	1,0	2,4
	50	125	76	4,6	2,5	7,1

(forts.)

Tabell 7 (forts.)

Stasjon	Dyp (m)	Fe	Al	Mn	P	S
RA 12	1	207	272	4,0	4,1	2,4
	5	29	19	2,0	2,0	3,7
	10	35	19	1,8	1,2	2,2
	20	31	20	1,5	0,8	2,9
	40	90	54	3,8	2,5	3,2
	50	60	37	2,8	1,3	3,2
	100	48	35	3,9	1,3	3,1
	150	173	108	7,5	3,3	2,7
	200	254	145	9,4	4,3	3,5
RA 13	1	77	108	1,5	1,7	1,1
	5	49	28	2,5	2,4	6,4
	10	60	27	2,3	1,9	1,6
	20	43	25	1,8	1,0	7,2
	40	61	34	2,4	1,4	7,2
	50	505	169	17,5	8,4	2,3
	60	120	54	4,2	2,1	6,1
	70	68	39	2,9	1,6	3,3
	80	61	36	3,0	1,6	6,1
	90	166	101	6,3	7,0	5,8
	100	133	77	5,9	3,9	23,0



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsternes naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter vil bli publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.