

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

O-147/76

ORIENTERENDE UNDERSØKELSE I KARMSUNDET

Hydrokjemiske, sedimentgeokjemiske og biologiske undersøkelser i juni 1977.

Brekke, 11.9.1978

Saksbehandler: *Jens Skei*

Medarbeidere : *Ivar Haugen*
Svein Arild Holmen
Tone Kristoffersen
Øivind Tryland

Forskningsjef John Erik Sandal

ISBN 82-577-0085-1

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

Side:

FORORD	1
1. FORMÅL	2
2. FORURENSNINGSTILFØRSLER	3
2.1 <u>Tilførsler fra befolkning</u>	3
2.2 <u>Industri. Utslipp av prosessavløpsvann til Karmsundet</u>	7
3. FELTARBEID	11
4. ANALYSEMETODER	13
5. RESULTATER OG DISKUSJON	15
5.1 <u>Hydrografi</u>	15
5.2 <u>Oksygen og organisk karbon</u>	22
5.3 <u>Total fosfor og ortofosfat</u>	22
5.4 <u>Total nitrogen, nitrat og ammonium</u>	23
5.5 <u>Forholdet mellom nitrogen og fosfor</u>	23
5.6 <u>Siktedyp</u>	23
5.7 <u>Metaller i vannmassen</u>	24
5.8 <u>Bunnsedimentundersøkelser</u>	24
5.8.1 <u>Visuell betraktning av sedimentene</u>	25
5.8.2 <u>Metaller og organisk materiale i sedimentene</u>	26
5.8.3 <u>Polyklorerte bifenyler (PCB) i sedimentene</u>	32
5.8.4 <u>Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentene</u>	34
5.9 <u>Biologiske registreringer</u>	39
5.9.1 <u>Sammenfattende vurdering</u>	44
5.10 <u>Metaller i alger</u>	53
6. SAMLET VURDERING AV DEN HYDROKJEMISKE, SEDIMENTGEOKJEMISKE OG BIOLOGISKE UNDERSØKELSEN	54
7. REFERANSER	57

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
Fig. 1. Befolkning i tettsteder med utslipp til Karmsundet.	5
Fig. 2. Utslipp fra befolkning i Haugesund. Kilde: Kloakkavløpsplan pr. 1973.	6
Fig. 3. Utvalgte industribedrifter med utslipp til Karmsundet.	9
Fig. 4. Målestasjoner i Karmsundet.	12
Fig. 5. Biologiske stasjoner i Karmsundet.	14
Fig. 6. Kvikksølv (Hg), sink (Zn) og organisk materiale (org.mat.) i overflatesedimentene i Karmsundet.	29
Fig. 7. Kadmium (Cd), bly (Pb) og kopper (Cu) i overflatesedimentene i Karmsundet.	31

TABELLFORTEGNELSE

Side:

Tabell 1. Antall bosatte og beregnede tilførsler fra befolkning i tettsteder med utslipp til Karmsundet.	4
Tabell 2. Utslippsmengder fra industri til Karmsundet. Haugesund og Karmøy kommuner.	8
Tabell 3. Resultater fra de hydrokjemiske målingene i Karmsundet.	16
Tabell 4. Salinotemdata fra Karmsundet.	21
Tabell 5. Beskrivelse av sedimentkjernene.	25
Tabell 6. Metaller og organisk materiale i sedimentprøver fra Karmsundet, juni 1977 (ppm, unntatt Fe og org.mat. i %)	27
Tabell 7. Metaller og organisk materiale i sedimentene i Karmsundet og andre norske fjorder (ppm. unntatt Fe og org.mat. i %).	28
Tabell 8. Polyklorerte bifenyler (PCB) i to overflatesedimenter fra Karmsundet (i ppm tørrvekt).	33
Tabell 9. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimenter fra Karmsundet (ppb, tørrvekt)	35
Tabell 10. Biologiske registreringer i Karmsundet.	45
Tabell 11. Metaller i tangprøver (<i>Fucus serratus</i>) fra Karmsundet (ppm tørrvekt).	52

FORORD

Etter henvendelse fra Fylkesmannen i Rogaland, Utbyggingsavdelingen (brev datert 13. august 1976) utarbeidet Norsk institutt for vannforskning (NIVA) et programforslag (datert 23. desember 1976) til en orienterende resipientundersøkelse i Karmsundet. Ved møte i Regionplanrådet for Nord-Rogaland 25. mars 1977 ble det vedtatt å iverksette undersøkelsen i henhold til nevnte programforslag.

Feltarbeidet ble utført i periodene 20.6.-21.6. og 28.6.-30.6. 1977.

Denne rapporten presenterer og diskuterer data fra den hydrokjemiske, sedimentgeokjemiske og biologiske undersøkelsen. Konklusjonene som kan trekkes ut fra det eksisterende datamaterialet har begrenset omfang på grunn av undersøkelsens orienterende art.

Fylkesingeniør Sigmund Hatløy takkes for hjelp under tilretteleggelse av feltarbeidet.

Takk rettes også til cand.real. Alf Bjørseth, cand.real. Kari Martinsen, cand.real. Sigurd Melsom og cand.real. Per Paus, alle Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) for analyser av henholdsvis polysykliske aromatiske hydrokarboner, polyklorerte bifenyler, metaller i alger og metaller i vann.

Ved NIVA har

Tekn.ass. Frank Kjellberg og cand.mag. Norman Green assistert ved feltarbeidet. Cand.real. Ivar Haugen har vært ansvarlig for den biologiske undersøkelsen.

Cand.agric. Svein Arild Holmen og cand.real. Øivind Tryland har med assistanse av laborant Tone Kristoffersen sammenstilt data om forurensningstilførsler.

Jens Skei, Ph.D. har bearbeidet de hydrokjemiske- og sedimentgeokjemiske data, samt vært saksbehandler.

Brekke, 11. september 1978



Jens Skei

Ph.D.

1. FORMÅL

Undersøkelsens formål er skissert i programforslag av 23.12.1976 og omfatter følgende punkter:

1. Kartlegge forurensningstilførslene til Karmsundet.
2. Få en grov oversikt over kjemisk og biologisk tilstand i undersøkelsesområdet.
3. Gi en foreløpig vurdering av behov for vernetiltak og retningslinjer for utslipp.
4. På grunnlag av resultatene fra den foreløpige undersøkelsen plukke ut felter der det er nødvendig med ytterligere informasjoner og programmere mer omfattende resipientstudier.

Undersøkelsens begrensede omfang tilsier at de konklusjoner som dras må betraktes som foreløpige og av orienterende art. Men undersøkelsen skal dog kunne gi viktige opplysninger om Karmsundet som resipient og de eksisterende forurensningsproblemer.

2. FORURENSNINGSTILFØRSLER

2.1. Tilførsler fra befolkning

Det meste av befolkningen med utslipp til Karmsundet er bosatt i tettsteder (Bosettingskart 1970, M1 : 250.000). I denne sammenheng er derfor bare tettbebyggelsen og utslippene fra denne kartlagt. Kilder for befolkningsdata og antall bosatte i tettsteder går fram av tabell 1 og figur 1.

Det fins ikke renseanlegg i området. Alt avløpsvannet går derfor urensset ut i sjøen.

Haugesund by med sine 26.000 innbyggere utgjør det meste av tettstedsbefolkningen i området (ca. 70 %). En detaljoversikt over utslippene fra byen er vist i figur 2. På fastlandet er det også flere mindre tettsteder med 200 til 1500 innbyggere (figur 1).

På Karmøy ligger tettstedene Kopervik og Skudeneshavn med henholdsvis 4200 og 2200 innbyggere. I tillegg er det en del mindre tettsteder med 200 til 400 innbyggere.

Tilførslene av organisk stoff (BOF_7), totalnitrogen og totalfosfor er beregnet ut fra følgende spesifikke tall for forurensningsproduksjon:

BOF_7	=	75 g O/person og døgn
TOT-N	=	12 g N/ " "
TOT-P	=	2,5 g P/ " "

De beregnede tilførslene går fram av tabell 1. Det er regnet med at alt avløpsvannet når resipienten, Karmsundet.

Tabell 1 Antall bosatte og beregnede tilførsler fra befolkning i tettsteder med utslipp til Karmsundet.

Kommune	Tettsted	Data fra	Antall	Tilførsel av fosfor tonn/år	Tilførsel av nitrogen tonn/år	BOF ⁷ tonn/år
Haugesund	Haugesund	Haugesund byingeniørkontor april 1977	26.000	23,7	113,9	711,8
Karmøy	Kopervik	} Folke- og bolig telling 1970	} 4.220	} 3,9	} 18,5	} 115,5
	Stangeland					
	Indre Eide					
	Skudeshavn					
	Fiskå					
	Avaldnes					
	Litlasund					
	Storesund					
	Bø					
	Spanne					
Norheim	for fastlandssiden	1.500	1,4	6,6	41,1	
Moksheim	Karmøy komm.	600	0,5	2,6	16,4	
Vormedal	okt. 1975	500	0,5	2,2	13,7	
Snik		250	0,2	1,1	6,8	
Sum		38.200	35,0	167,7	1.046,1	

Fig. 1 Befolkning i tettsteder med utslipp til Karmsundet.

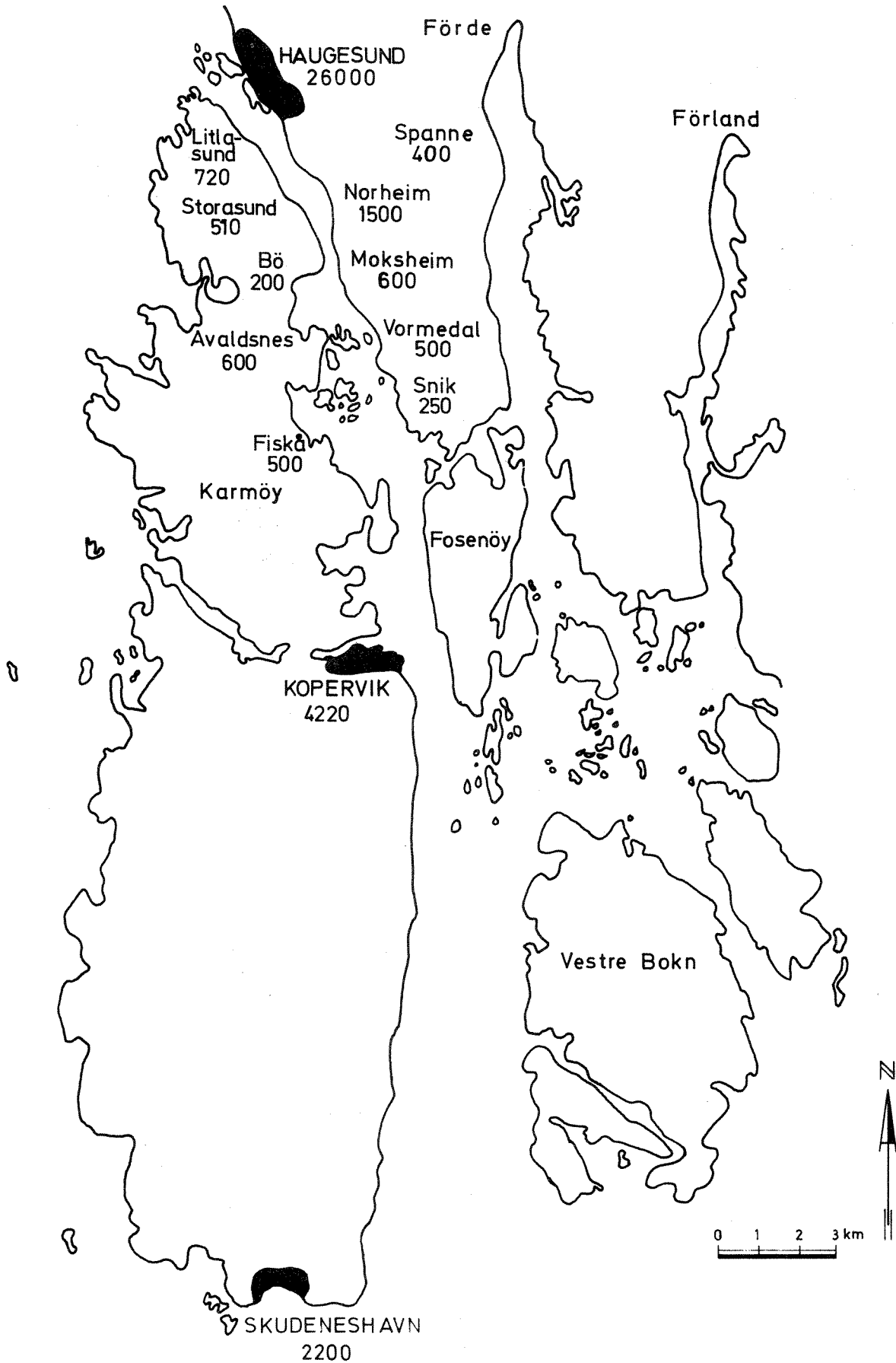
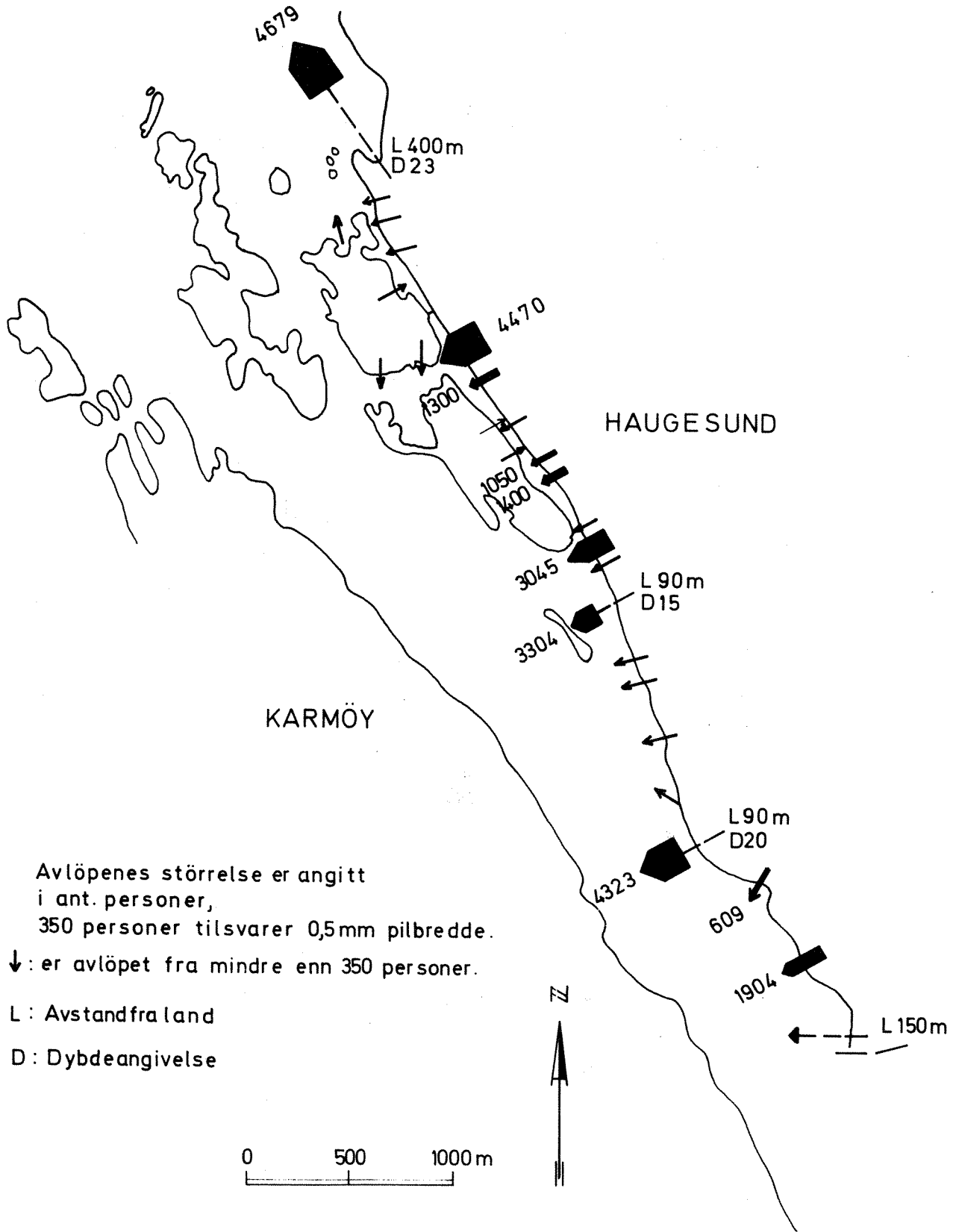


Fig. 2 Utslipp fra befolkning i Haugesund.

Kilde: Kloakkavløpsplan pr. 1973.



2.2 Industri. Utslipp av prosessavløpsvann til Karmsundet

I tabell 2 er det gitt utslippstall (årsutslipp) for industri i Haugesund og Karmøy kommuner som har utslipp til Karmsundet. Bedriftenes lokalisering er vist på Fig. 3. For én av bedriftene, Roglan Sildoljefabrikk, er det uvisst om avløpsvannet går til vestsiden av Karmøy eller Karmsundet.

Opplysninger om bedriftene er i størst grad hentet fra konsesjoner gitt av Statens forurensningstilsyn (SFT). Utslippstall for Protan & Fagertun A/S er hentet fra NIVA (1977 b). Bedriften har godtatt at disse tallene brukes, men hevder at en stor del av nedbrytningen av det organiske stoff vil skje i åpent farvann og ikke i Karmsundet.

Utslipp av organisk stoff er gitt ved parameteren BOF_7 (biokjemisk oksygenforbruk, 7 døgn). Andre typer utslipp er gitt ved kjemiske betegnelser o.a. i tabellen og nedenfor gis en kort forklaring:

Fe	= jern
Zn	= sink
P	= fosfor (utslipp i form av fosfat, PO_4^{3-})
Olje	= oljelignende forbindelser
SS	= suspendert stoff (partikler)
F	= fluorid
Al	= aluminium
PAH	= polysykliske aromatiske hydrokarboner
Cr	= krom
Cu	= kobber
In	= indium
Sn	= tinn
KOF_0	= totalt oksygenforbruk (beregnet , se NIVA (1977 b))

Totalt utslipp BOF_7 for alle bedriftene er beregnet til 2617 tonn/år. For en del av bedriftene vil ikke utslippet foregå jevnt over året, det gjelder

Tabell 2. Utslippsmengder fra industri til Karmsundet. Haugesund og Karmøy kommuner.

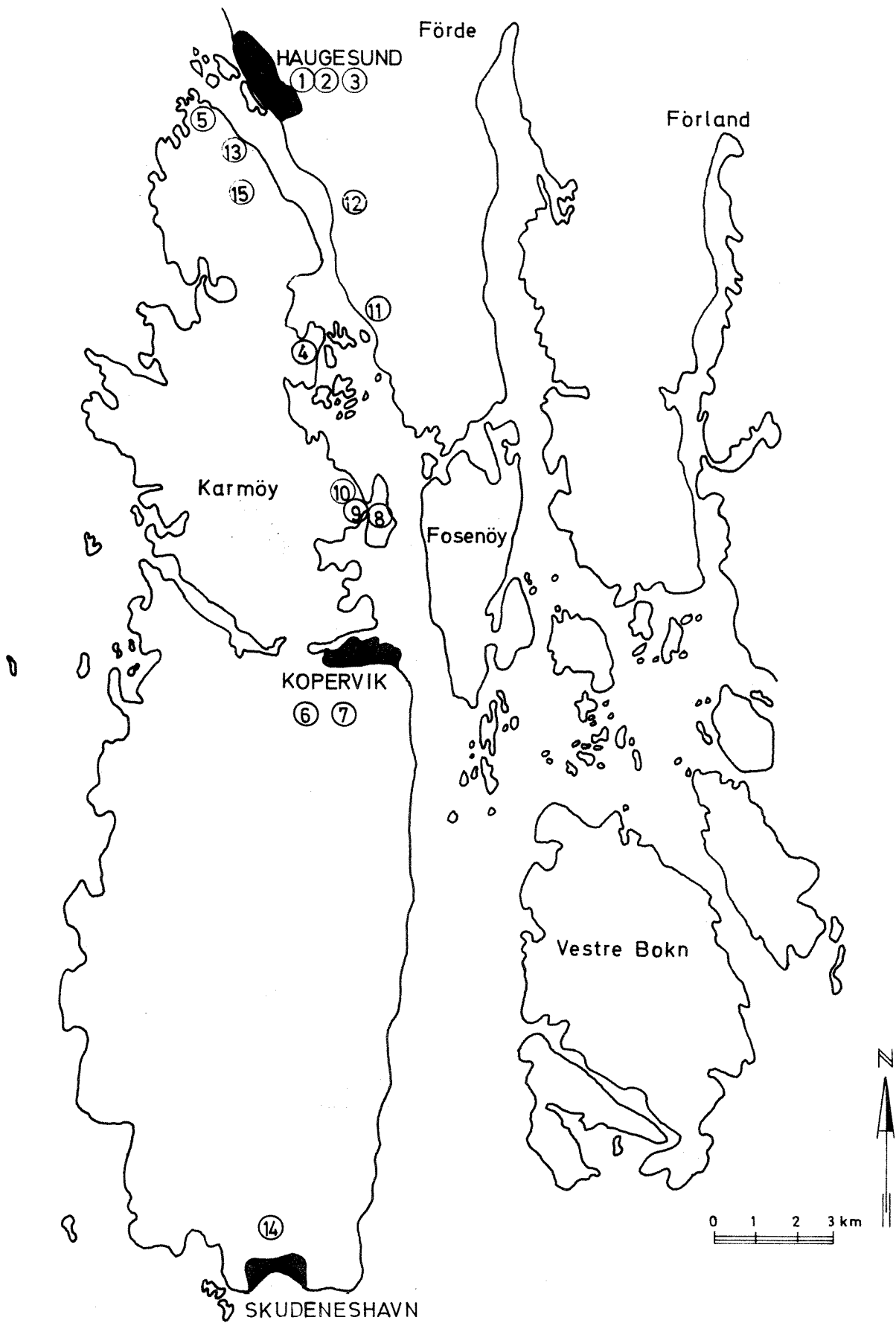
Kommuner	Bedrift		Produksjonstype	Utslippsmengder, tonn/år		Opplysninger fra
	Nr. 1)	Navn		BCF to/år	Andre komponenter	
Haugesund	1	Gartnerhallen	Potetskrelling	2,5		K SFT
	2	Haugesund Meieri	Meieriprodukter	44		K SFT
	3	Haugesund Mekaniske Verksted	Galvanoteknisk		Fe(0,004), Zn(0,002), P(0,004), Olje(0,015)	E SFT
	4	Eidsknappen Sildoljefabrikk A/S Limvann	Fiskeoljer og mel	88		E SFT
Karmøy	5	Haugesund Sildolje og Fodermelfabrikk A/S	Fiskeoljer og mel	255		E SFT
	6	Karmøy Veveri A/S	Seilduksvarer	1,4		Anslått SFT
	7	Kopervik Sildoljefabrikk A/S	Fiskeoljer og mel	4,5		E SFT
	8	Norsk Hydro A/S Karmøy Fabrikker	Aluminium		SS(420), F(352), Al(40), PAH(17)	E SFT
	9	Norsk Hydro A/S Karmøy Fabrikker	Anodiseringsanlegg		Cr(0,3), Al(2,7), Olje(5,3)	E SFT
	10	Norsk Hydro A/S Karmøy Fabrikker	Galvanoteknisk		Cu(0,007), In(0,007), Al(0,070), Sn(0,070)	E SFT
	11	Protan og Fagertun A/S	Alginatprodukter	1670	KOF ₀ (8400), Løste salter (2500)	E NIVA-rapport 0-10/77-1
	12	Rogaland Felleslag A/S	Slakteriprodukter	32		K SFT
	13	Rogland, S. Sildoljefabrikk	Fiskeoljer og mel	240		E SFT
	14	Snøtteland T.	Slakteriprodukter	0,4		K SFT
	15	Storesund Salteri og Kraftforfabrikk A/S	Fiskeoljer og mel	279		E SFT

1) Nr. i figur

2) K = Kommunal ledning

E = Egen utslippsledning

Fig. 3 Utvalgte industribedrifter med utslipp til Karmsundet.



særlig fiskeolje- og fiskemelfabriker. I perioder vil derfor belastningen i resipienten være større enn utslippstallene tilsier.

For de bedrifter hvor konsesjoner er brukt for å beregne utslippstall er de maksimale utslipp angitt. Etter de opplysninger som foreligger er det bare et fåtall bedrifter hvor det er foretatt noen målinger av utslippsmengder. Det har derfor vært nødvendig i de fleste tilfeller å benytte grenseverdiene gitt i konsesjonene.

Tabell 2 skulle omfatte de vesentligste bedriftene forurensningsmessig i området. Det kan imidlertid være bedrifter som er uteglemt. Tabellen omfatter de bedrifter som i henhold til SFT's arkiv var gitt konsesjon inntil mai 1978.

3. FELTARBEID

Vannprøver og sedimentprøver ble innsamlet fra M/S "Ferro" fra Hellevik, 20-21.6. 1977. Vannprøvene ble tatt med 1,7 l Hydrobios vannhentere med vendetermometre. Vannhentere er fri for metalleder. Sedimentprøvene ble tatt med rustfritt stål "gravity corer" (Niemistø 1974).

Lokaliseringen av vannstasjoner og sedimentstasjoner er vist på fig. 4. På hver stasjon ble det tatt prøver fra 4 måledyp (overflaten, sprangsjiktet, intermediært dyp og dypvannet) til analyse av saltholdighet, oksygen, total organisk karbon, total fosfor, ortofosfat, total nitrogen, nitrat og ammonium. I tillegg ble det tatt ut vannprøver til analyse av metaller (kvikksølv, bly og kopper). Ingen av vannprøvene ble filtrert.

På hver stasjon ble det også utført salinoterm-målinger og siktedypsmålinger. Salinoterm-målingene ble hovedsakelig gjort for å fastslå sprangsjiktets beliggenhet.

Det var klarvær og nordlig bris under prøvetakingen.

Sedimentkjernene ble snittet ombord i 2 cm skiver og lagt i petriskåler. Alle disse prøvene (totalt: 21 prøver) er analysert for organisk stoff (glødetap), kvikksølv, sink, krom, jern, nikkel, bly, kadmium og kopper. I tillegg ble det tatt ekstra kjerner på stasjonene K-1 og K-7 for analyse av polyklorerte bifenyler (PCB) i de øverste 2 cm og på stasjonene K-4, K-5 og K-6 for analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

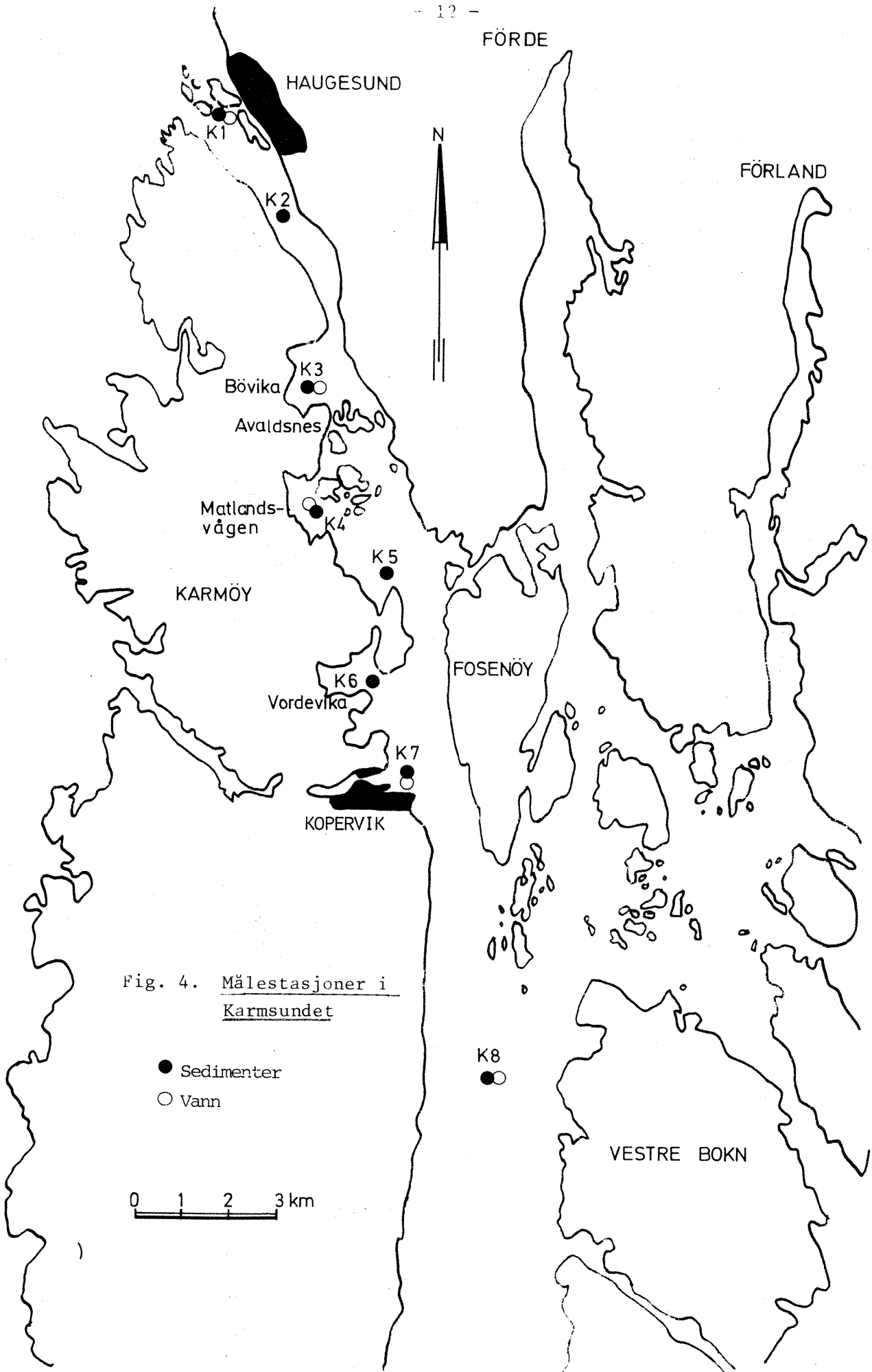


Fig. 4. Målestasjoner i Karmsundet

- Sedimenter
- Vann

0 1 2 3 km

Biologisk registrering av fastsittende alger ble utført på 7 stasjoner i Karmsundet (Fig. 5) ved hjelp av dykking (28.-30.6. 1977). På samtlige stasjoner ble det også innsamlet sagtang (*Fucus serratus*) for analyser av metaller.

4. ANALYSEMETODER

Analyser av næringssalter ble utført etter standard forskrift (se f.eks. NIVA, 1976a). Metallene i vannprøvene ble analysert etter MIBK-APDC ekstraksjon og flammeatomabsorpsjon, med unntak av kvikksølv som ble analysert ved flammeløs atomabsorpsjon etter opplutning i H_2SO_4 og $KMnO_4$.

Sedimentprøvene ble etter tørking ved $80^{\circ}C$ i 24 timer oppluttet i HNO_3 i ett døgn ved $60^{\circ}C$. Denne opplutningsmetoden løser ikke metaller bundet i silikatmineraler. Imidlertid er metaller bundet på denne måten av mindre interesse i forurensningssammenheng, ettersom de ikke inngår i noen omdannelse, og transport/spredning i miljøet er av relativt lite omfang. Bestemmelsen av metallkonsentrasjonene ble gjort ved atomabsorpsjon.

I de samme sedimentprøvene ble det også målt gløderest, etter gløding ved $550^{\circ}C$ i 2 timer og mengden organisk materiale ble estimert ut fra differensen mellom tørrvekt og gløderest.

20 gram vått sediment ble ekstrahert to ganger med 120 ml cyclohexan/isopropanol (1:1) og analysert for PCB ved gasskromatografi og electron capture detektor. På forhånd var ikke-persistente forbindelser fjernet ved å behandle prøvematerialet med kons. H_2SO_4 . Disse analysene ble utført ved Sentralinstitutt for industriell forskning.

Samme institutt utførte også analysene av PAH. Prøvene ble tørket ved $60^{\circ}C$ i 65 timer og deretter ekstrahert i Soxhlet-apparat i ca. 20 timer med cyklohexan. PAH ble ekstrahert fra cyklohexan med DMF/ H_2O (9:1) og ekstrahert tilbake i ny cyklohexan etter tilsats av vann. Det ble ellers brukt glasskapillargasskromatografi og indre standard og i alt 25 PAH-komponenter ble identifisert og kvantifisert.

Analysene av metaller i alger ble utført ved røntgenfluoresensspektrometri, bortsett fra kvikksølv som ble analysert ved atomabsorpsjon.

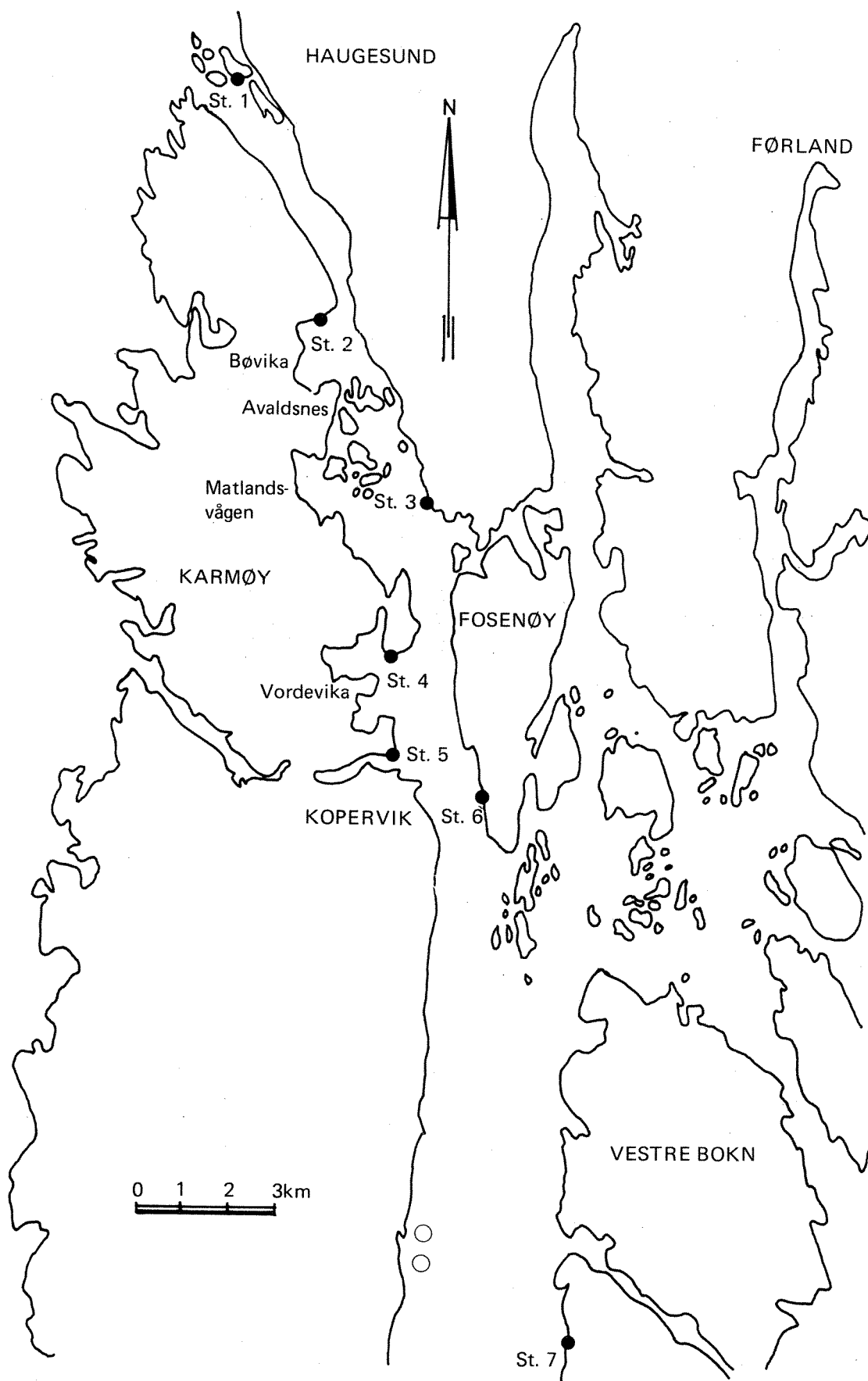


Fig. 5. Biologiske stasjoner i Karmsundet.

5. RESULTATER OG DISKUSJON

Resultatene av de hydrokjemiske målingene og salinotermregistreringene er gjengitt i tabell 3 og 4, og resultatene fra sedimentanalysene er sammenstilt i tabell 6, 8 og 9. Analyseresultater fra metaller i alger er vist i tabell 11.

5.1 Hydrografi

Hydrografiske målinger ble utført på 5 stasjoner i Karmsundet, fordelt i området mellom Haugesund i nord og Vestre Bokn i sør (Fig. 4).

Det bør innledningsvis påpekes at de hydrografiske forholdene antas å skifte meget raskt i Karmsundet, avhengig av vind- og tidevannsforhold. Resultatene av målingene gir derfor et bilde av situasjonen under nordlig vind. Det var høyvann da stasjonene K-1 og K-3 ble tatt, og minkende vannstand under prøvetakingen på K-4, K-7 og K-8.

Saltholdigheten i overflaten varierte mellom 32.8 ‰ og 33.5 ‰, med avtagende saltholdigheter sørover i sundet (tabell 3). Dette skyldtes trolig at den til dels sterke nordavinden førte salt kystvann inn i Karmsundet ved Haugesund. En medvirkende årsak kan være tilførsler av brakt overflatevann fra Førdefjorden og Førlandsfjorden under de rådende vindforhold, og som påvirket overflatevannet i de sørligste deler av Karmsundet. Hydrografiske målinger utført i Karmsundet i 1971-72 (NIVA, 1973) viste også lavere saltholdigheter sørover, spesielt ved nordlige vinder. Også sjiktningen ble mere utpreget sørover (Tabell 4). Lengst nord i Karmsundet (K-1) var vannmassene nesten homogene fra overflaten til bunnen (~ 20m), med en økning i saltholdighet på 0.01 ‰ (tabell 3). Dette antas å skyldes sterk turbulens og kraftig strøm i det grunne og smale området i de nordligste deler av sundet, som gir en meget effektiv blanding av vannmassene. I det dype og åpne området sør for Kopervik var det klar sjikting i vannmassene, med et sprangsjikt i 20 meters dyp (Tabell 4). Tidligere undersøkelser (NIVA, 1973), konkluderer med at det er vinddrevne strømmen og tidevannsstrømmen som er de mekanismer som har størst betydning for vanntransporten gjennom Karmsundet.

Tabell 3. Resultater fra de hydrokjemiske målingene i Karmsundet.

MARINE HYDROGRAPHIC DEPTH STATION

NBI:PROOF-SHEET/KORREKTUR

7d.1.23-8:33:0 PAGE:1

```

*****
* COUNTRY *   * INSTITUTION *   * SHIP *   * PROJECT *   * LOCATION *   * STATION *   * DEPTH *   * DATE *   * TIME *
*   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *
* NORWAY *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *
*   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *
* WIND *   * DIRECTION *   * DEG.CELS *   * DIR *   * WET *   * M *   * 6.5 *   * GREEN *   * CLEAR *   * NO *
*   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *   *
* SEA *   * WAVES *   * 0.5-1.25M *   * ICE *   * *
* SLIGHT *   * WAVES *   * 0.5-1.25M *   * *
* COMMENTS *
*****

```

```

*****
* : DEPTH *   * TEMP. *   * SAL. *   * DENS. *   * O2 *   * H2S *   * O2-SAI *   * O/O *   * TO1P *   * P04P *   * ORGP *   * TOIN *   * NO3N *   * NH4N *   * ORGN *   * TOC *   * FE *
* : M *   * DEG.C *   * O/00 *   * SIGMA-t *   * ML/L *   * *   * ML/L *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *
* : 0 *   * 13.00 *   * 33.527 *   * 25.290 *   * 7.40 *   * 123.7 *   * 8 *   * 3 *   * 5 *   * 170 *   * 30 *   * 60 *   * 80 *   * 1.60 *
* : 4 *   * 8.36 *   * 33.534 *   * 26.035 *   * 7.29 *   * 111.4 *   * 7 *   * <2 *   * >5 *   * 180 *   * 10 *   * 175 *   * -5 *   * 1.50 *
* : 8 *   * 8.79 *   * 33.534 *   * 26.046 *   * S *   * *   * 7 *   * 3 *   * 4 *   * 165 *   * 10 *   * 55 *   * 100 *   * 1.50 *
* : 16 *   * 8.72 *   * 33.534 *   * 26.057 *   * 7.32 *   * 111.5 *   * 6 *   * 2 *   * 4 *   * 195 *   * 40 *   * 45 *   * 140 *   * 1.50 *
*****

```

```

*****
* : DEPTH *   * RATIOS *   * MOL/MOL *   * TOC/ *   * TO1P/ *   * TO1P/ *   * HG *   * PB *   * CU *   * ZN *   * CD *   * HEAVY METALS *
* : M *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *   * *
* : 0 *   * 22 *   * 516 *   * 47 *   * 0.13 *   * <1.0 *   * 2.5 *
* : 4 *   * 10 *   * 553 *   * 57 *   * 0.09 *   * <1.0 *   * 3.4 *
* : 8 *   * 7 *   * 553 *   * 52 *   * 0.13 *   * <1.0 *   * 3.0 *
* : 16 *   * 11 *   * 645 *   * 72 *   * 0.13 *   * <1.0 *   * 2.9 *
*****
* < *   * LESS THAN VALUE *
* > *   * GREATER THAN VALUE *
* S *   * SPOILED OR DAMAGED SAMPLE *
*****

```

forts.....

Tabell 3 forts. MARINE HYDROGRAPHIC DEPTH STATION NB1PROOF-SHEET/KORREKTUR 78.1.23-8:33:1 PAGE:2

- 2 -

```

*****
* COUNTRY * NORWAY
* INSTITUTION *
* SHIP *
* KIVA *
* HUGIN *
* WIND DIRECTION *
* SPEED *
* M/S *
* SEA *
* SLIGHT: WAVES 0.5-1.25M
* COMMENTS
*****

```

```

*****
* PROJECT * 0-14776
* LOCATION * KAIMSUND
* DEPTH * 0
* DATE * 770620
* TIME * 1300
* STATION *
* POSITION * NORTH EAST
* WEATHER *
* CLOUDS *
* NO *
* CLEAR *
* OIL *
* WRECK *
* SEA-WEED *
* SALINOTHERE *
*****

```

```

*****
* 02 * 02-SAT * 02 * H2S * ML/L *
* 02 * 02-SAT * 02 * H2S * ML/L *
* 02 * 02-SAT * 02 * H2S * ML/L *
* 02 * 02-SAT * 02 * H2S * ML/L *
* 02 * 02-SAT * 02 * H2S * ML/L *
*****

```

```

*****
* RATIOS *
* NO3/ P04 *
* TOC/ TOTN *
* TOC/ TOTP *
* TOC/ TOTN *
* TOC/ TOTP *
*****

```


Tabell 4

SALINOTERM-DATA FRA KARMSUNDET

SIGMA = TETTHET-1000 (KG/M3)

TOKT NR.1

STASJON :	K1	K3	K4	K7	K8
DATE, KL :	20/06-77 11:10	20/06-77 12:30	20/06-77 13:30	20/06-77 14:35	20/06-77 15:30
SIKTEDYP :	6.5M GRØNN	5.5M GRØNN	6.4M GRØNN	8.5M GRØNN	10.5M GRØNN
VIND :	NORDLIG BRIS	NORDLIG BRIS	NORDLIG BRIS	NORDLIG BRIS	NORDLIG BRIS
DYP :	TEMP. SAL. SIGMA :	TEMP. SAL. SIGMA :	TEMP. SAL. SIGMA :	TEMP. SAL. SIGMA :	TEMP. SAL. SIGMA :
(M) :	CELS. 0/00 :	CELS. 0/00 :	CELS. 0/00 :	CELS. 0/00 :	CELS. 0/00 :
0.0 :	9.00 33.60 26.06 :	9.20 33.68 26.10 :	9.50 33.56 25.95 :	10.40 33.37 25.65 :	10.05 32.95 25.39 :
1.0 :	9.00 33.60 26.06 :	9.20 33.68 26.10 :	9.50 33.56 25.95 :	10.20 33.37 25.69 :	10.05 32.95 25.39 :
2.0 :	9.00 33.60 26.06 :	9.20 33.68 26.10 :	9.50 33.56 25.95 :	10.20 33.37 25.69 :	10.05 32.95 25.39 :
3.0 :	9.00 33.60 26.06 :	9.20 33.68 26.10 :	9.50 33.60 25.98 :	10.15 33.37 25.70 :	10.05 32.95 25.39 :
4.0 :	9.00 33.60 26.06 :	9.20 33.68 26.10 :	9.40 33.53 25.93 :	10.00 33.38 25.73 :	10.05 32.95 25.39 :
5.0 :	9.00 33.60 26.06 :	9.00 33.72 26.16 :	9.40 33.60 26.00 :	9.81 33.40 25.78 :	10.01 32.95 25.39 :
6.0 :	9.00 33.60 26.06 :	8.70 33.78 26.25 :	9.25 33.60 26.03 :	9.50 33.44 25.86 :	9.90 33.07 25.50 :
7.0 :	9.00 33.60 26.06 :	8.65 33.78 26.26 :	9.10 33.75 26.17 :	9.50 33.44 25.86 :	9.60 33.07 25.56 :
8.0 :	9.05 33.60 26.06 :	8.65 33.78 26.26 :	8.60 33.75 26.21 :	9.50 33.46 25.87 :	9.50 33.07 25.57 :
9.0 :	9.05 33.55 26.02 :	8.60 33.80 26.28 :	3.50 33.85 26.96 :	9.40 33.46 25.89 :	9.40 33.11 25.62 :
10.0 :	9.05 33.55 26.02 :	8.60 33.80 26.28 :	8.60 33.80 26.28 :	9.20 33.57 26.01 :	9.20 33.15 25.66 :
12.0 :	9.05 33.55 26.02 :	8.40 33.90 26.39 :	8.15 34.00 26.51 :	8.80 33.68 26.16 :	8.60 33.40 25.97 :
14.0 :	9.05 33.55 26.02 :	8.20 33.95 26.46 :	8.05 34.00 26.52 :	8.20 33.94 26.45 :	8.40 33.50 26.08 :
16.0 :	9.05 33.55 26.02 :	8.00 34.14 26.64 :	8.00 34.18 26.67 :	8.05 34.06 26.57 :	8.01 33.62 26.23 :
18.0 :	9.05 33.55 26.02 :	7.80 34.25 26.76 :	8.00 34.20 26.69 :	7.90 34.08 26.61 :	7.95 33.70 26.30 :
20.0 :	9.05 33.55 26.02 :	7.60 34.30 26.83 :	7.60 34.24 26.75 :	7.70 34.18 26.72 :	7.75 33.86 26.46 :
25.0 :	9.05 33.55 26.02 :	7.60 34.35 26.86 :	7.70 34.35 26.85 :	7.50 34.25 26.80 :	7.30 33.95 26.59 :
30.0 :	9.05 33.55 26.02 :	7.60 34.35 26.86 :	7.70 34.35 26.85 :	7.50 34.25 26.80 :	7.30 33.95 26.59 :

5.2 Oksygen og organisk karbon

Mengden av oksygen oppløst i vannmassen og konsentrasjonen av total organisk karbon, er begge et mål på den organiske belastningen i resipienten. Alle vannprøvene hadde et oksygeninnhold som var høyere enn 6.3 ml/l (tabell 3). Lavest var konsentrasjonen i dypvannet (200 m) på stasjon K-8 og i dypvannet på stasjon K-3 og K-4. Vertikalgradienten var minst på stasjon K-1, hvor vannmassene var mest gjennomblandet. De generelt høye oksygenkonsentrasjonene viser at vannutskiftningen i relasjon til belastningen på det tidspunkt da prøvene ble tatt var god i hele Karmsundet.

Mengdene av total organisk karbon varierte mellom 0.5 og 2.3 mg/l (tabell 3). De høyeste konsentrasjonene ble målt ved Haugesund (K-1) og ved Avaldsnes (K-3), med et sekundært maksimum ved Kopervik (K-7). Dette er indikasjoner på at Haugesund og Kopervik bidrar med betydelige mengder organisk stoff (se Tabell 1). Det samme gjelder Avaldsnes-området, men det er her tvil om hvorvidt dette skyldes lokale utslipp (se Tabell 2) eller om området tilføres forurensninger nordfra. Mengdene av organisk karbon i vannmassene i Karmsundet var ikke vesentlig forskjellig fra mengdene som ble målt i fjordene rundt Stavanger (NIVA, 1978a).

5.3 Total fosfor og ortofosfat

Ortofosfat eller uorganisk fosfor utgjør sammen med organisk fosfor, totalt fosfor i sjøvann. Det er hovedsaklig ortofosfat som regnes som tilgjengelig næringstoff for planteplankton. Ortofosfat tilføres de øvre vannlag både direkte ved avrenning fra landområder, ved utslipp og ved transport opp fra dypvannet (diffusjon). Høyere konsentrasjoner av ortofosfat i dypvannet skyldes nedbryting av planteplankton og annet organisk materiale. I tilfeller hvor det er lave oksygenkonsentrasjoner og råttent bunn, vil dessuten en betydelig mengde ortofosfat frigis fra sedimentene og akkumuleres i bunnvannet.

Konsentrasjonene av fosfor-forbindelser i Karmsundet var meget lave, sammenliknet med fjordene rundt Stavanger (NIVA, 1978a). De laveste konsentrasjonene ble målt i overflatevannet og det var ellers en jevn økning mot bunnen (tabell 3). De høyeste konsentrasjonene ble målt i dypvannet på stasjon K-8, hvor også de laveste oksygenverdiene ble målt.

5.4 Total nitrogen, nitrat og ammonium

Nitrogenforbindelser opptrer i sjøvann hovedsaklig som nitrat, nitritt og ammonium og knyttet til organiske molekyler. Det er ikke skilt mellom nitrat og nitritt ved analysene. De viktigste nitrogenkildene for planteplankton er nitrat og ammonium.

Konsentrasjonen av nitrogenforbindelser i vannprøver fra Karmsundet var stort sett noe høyere enn i fjordene rundt Stavanger. Spesielt gjelder dette nitrat i overflatelaget i de nordlige deler av sundet. Det var den organiske nitrogenfraksjonen som dominerte, men ammonium var også tilstede i tildels store mengder. Konsentrasjonene av ammonium var størst nær Haugesund og Kopervik og dette skyldes trolig kloakkpåvirkning. Det var også her de høyeste konsentrasjonene av total organisk karbon ble målt i vannet og hvor de største mengdene av organisk materiale i sedimentene ble funnet (s. 32).

5.5 Forholdet mellom nitrogen og fosfor

N/P-forholdet i vannet vil avhenge av de relative tilførslene av nitrogen og fosfor, samt nedbryting av organisk materiale som skjer i vannmassen. I fjordene rundt Stavanger varierte forholdet mellom totalnitrogen og fosfor fra 7 til 11 (vektforhold) eller 16 og 25 (atomforhold). Til sammenlikning varierte N/P-forholdet (vekt) mellom 10 og 53 i Karmsundet. De høyeste forholdstallene opptrådte i overflatevannet og ved 4 m dyp, hvor konsentrasjonene av fosfor var meget små. Det var altså et markert overskudd av nitrogenforbindelser i forhold til fosfor. N/P-forholdet (vekt) i utslipp fra befolkning til Karmsundet er ca. 5 (se tabell 1).

5.6 Siktedyp

Det er klare forskjeller i siktedyp i undersøkelsesområdet (tabell 4). Lengst nord i Karmsundet var siktedypet lavest (5.5-6.5 m), mens i det sørligste området var det relativt høyt siktedyp (8.5-10.5 m). Minimum ble målt i Avaldsnes-området, hvor det også ble konstatert høyt innhold av total organisk karbon. Dette indikerer at nettopp dette området er nokså utsatt med hensyn til organisk belastning. Hvorvidt dette skyldes utslipp fra industri i nærheten eller tilførsler utenfra (fra Haugesundsområdet), kan ikke fastslås. Av

topografiske årsaker er det mye som taler for at Bøvika delvis tjener som oppsamlingssted av forurensninger som transporteres gjennom sundet.

Generelt sett og sammenliknet med andre fjorder (f.eks. Stavanger-området, Saudafjorden, Oslofjorden etc.) er siktedypet i Karmsundet godt. Det må da tilskrives det faktum at Karmsundet er ingen innelukket fjord, men et åpent sund hvor vannmassene skifter raskt.

5.7 Metaller i vannmassene

Det ble kun analysert på kvikksølv, kopper og bly, da man antok at det ikke ville være vesentlige metallforurensninger i Karmsundet. Analysene av kvikksølv viste verdier mellom 0.09 og 0.13 $\mu\text{g/l}$. Dette er lave konsentrasjoner og variasjonsbredden er såpass liten at det er vanskelig å kunne påpeke noen tendens. Om man tar gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i alle dyp på hver stasjon viser dette høyest konsentrasjon i nordlige deler av Karmsundet og spesielt på stasjon K-3 (Avaldsnes). Men det bør påpekes at forskjellene er ikke statistisk signifikante.

Innholdet av kopper var høyest nærmest Haugesund (K-1) og lengst sør (K-8). Konsentrasjonene er fortsatt lave og det er vanskelig å snakke om forurensning av betydning. Det samme gjelder bly, som generelt viste verdier lavere enn 1 $\mu\text{g/l}$. Unntak er stasjon K-8 (Vestre Bokn) og K-7 (Kopørvik) hvor det er en klar forurensning av bly. Hvor denne forurensningen stammer fra er ikke kjent, men det bør tilføyes at Karmøy er et mineralrikt område og at det tidligere er drevet gruvedrift i området.

5.8 Bunnsedimentundersøkelser

Bunnsedimenter er løsavleiringer som er avsatt hovedsakelig etter siste istid. Hastigheten som sedimentene akkumuleres med har variert gjennom tidene, men isotopdateringer av norske fjordsedimenter har vist at sedimentasjonshastigheten de siste 150 år har variert mellom 0.5 og 5 mm pr. år. Lokalt kan sedimentasjonshastigheten være større, spesielt utenfor elvemunninger og nær industriutslipp. Hva og hvor mye som avsettes vil avhenge av tilførslenes mengde og sammensetning samt hvor mye som eroderes og fjernes ved bunnstrømmer.

Ved de fleste typer forurensninger vil vanligvis en viss mengde avleires på bunnen og vil således influere på sedimentenes kjemiske sammensetning. Informasjon om opphavsmaterialet lagres i sedimentene, som - hvis de er uforstyrret - på mange måter kan sammenliknes med en databank, hvor data ligger lagret i kronologisk orden; de eldste underst og de yngste øverst. Sedimenter er derfor velegnet i forurensningsstudier da deres kjemiske sammensetning kan gi informasjon om spredning av forurensningsstoffer fra en bestemt kilde og dessuten belyse den historiske utviklingen mht. forurensning. Mens prosesser i vannmasser skjer raskt, vil tilsvarende prosesser i sedimentene skje langsomt. Dette er spesielt viktig i Karmundet hvor vannmassene hyppig skifter karakter.

5.8.1 Visuell betraktning av sedimentene.

En beskrivelse av sedimentkjerner er gitt i tabell 5.

Tabell 5. Beskrivelse av sedimentkjernene

Stasjon nr.	Vanndyp (m)	Kjernelengde (cm)	Kommentarer
K-1	13	15	Sort, sandig sediment
K-2	75	15	Grovt, sandig sediment. Mye skjellsand, gruskorn og slaggpartikler. De groveste grus- og slaggpartiklene ble fjernet fra prøvene. Mye planterester.
K-3	37	11.5	Sort, skjellholdig sand/silt. I de dypeste delene av kjernen var det mye sand. Sedimentene luktet svakt av hydrogensulfid.
K-4	37	28	Brun silt med noe skjell.
K-5	38	-	Brun sandig silt med noe skjell.
K-6	38	18	Brun silt med polychaeterrør.
K-7	12	-	Grove, sandige sedimenter (sortfarget). Ikke hydrogensulfid.
K-8	235	37	Brun siltig leire med overgang til fast leire i bunnen av kjernen

Generelt viste sedimentene en konsistens som vitnet om sterk erosjon (mao. kraftig strøm). Sedimentene var relativt sandige og det var lite leire bortsett fra på stasjon K-8, lengst sør i sundet. Her er det tydeligvis langt roligere strømforhold og finkornige partikler sedimenterer.

Sortfargede sedimenter ble påvist på stasjonene K-1, K-3 og K-7, men bare på K-3 ble det observert hydrogensulfid. De øvrige sedimentkjernene hadde en brun, oksyderende overflate.

5.8.2 Metaller og organisk materiale i sedimentene

Sedimentene ble analysert for kvikksølv, sink, krom, nikkel, bly, kadmium, kopper og organisk materiale (tabell 6). Valget av metaller skjedde ut fra det hensyn at de ovennevnte ofte forekommer i forurensede sedimenter og at de alle ved høye konsentrasjoner kan ha toksiske virkninger i marine organismer.

Tabell 7 viser metallenes variasjonsbredde sammen med tilsvarende konsentrasjoner funnet i andre norske fjorder.

Kvikksølv varierte med to størrelsesordener i området, og de høyeste verdiene ble målt nærmest Haugesund (K-1). Her inneholdt de øverste 10 cm av kjernen fra 3.52 til 5.01 ppm kvikksølv. Dette må anses som meget høye konsentrasjoner, spesielt på bakgrunn av at sedimentene var nokså grove og sandige. Bakgrunnsnivået av metaller i sandige sedimenter er som kjent lavere enn bakgrunnsnivået i leirige sedimenter, på grunn av metallenes affinitet overfor små partikler med stor overflate.

Også på stasjonene lengre sørover i sundet (K-2, K-3 og K-4) er det en betydelig kvikksølvkontaminering. På K-4 er imidlertid kontamineringen stort sett begrenset til de øverste 6 cm.

Med hensyn til gradienten for kvikksølv sørover Karmsundet (fig. 6) er det størst sannsynlighet for at kilden for kvikksølv ligger i Haugesundsområdet. Horisontalgradienten for kvikksølv tyder ellers på at noe kvikksølv tilføres resipienten i Kopervik-området.

Tabell 6. Metaller og organisk materiale i sedimentprøver fra Karmsundet, juni 1977 (ppm, unntatt Fe og org.mat. i %).

Stasjon	Dyp (i cm)	Hg	Zn	Cr	Fe	Ni	Pb	Cd	Cu	Org. mat.
K1	0-2	5.01	460	38	0.80	23	230	2.8	190	10.52
	2-4	5.03	600	39	1.70	37	290	3.4	230	9.86
	4-6	3.52	430	37	1.87	29	290	3.6	90	8.17
	6-8	3.85	400	28	1.76	29	210	2.5	73	7.78
	8-10	3.54	330	25	1.64	35	270	2.5	75	7.30
K2	0-2	0.80	155	20	1.10	25	90	0.6	36	9.64
	2-4	0.73	160	20	1.10	25	100	1.2	39	0.48
K3	0-2	0.60	264	34	1.68	37	160	2.8	56	20.33
	2-4	0.98	300	45	1.87	37	270	3.0	71	23.22
K4	0-2	0.96	140	34	1.26	27	53	1.2	31	13.52
	2-4	0.40	108	33	1.29	33	50	0.9	36	22.21
	4-6	0.36	150	32	1.26	48	46	2.5	37	11.23
	6-8	0.14	84	28	1.36	33	32	1.2	50	10.88
	8-10	0.15	38	24	1.10	33	15	3.0	78	7.59
	10-12	0.11	31	22	1.10	27	11	0.9	20	5.74
K-5	0-2	0.21	62	16	0.80	23	31	0.6	17	6.50
	2-4	0.16	58	19	0.76	25	36	0.4	20	5.46
K-6	0-2	0.06	210	16	0.76	19	11	0.6	11	4.00
	2-4	0.02	38	14	0.74	21	6	0.4	10	3.66
	4-6	0.02	20	16	0.80	21	6	0.6	8	3.30
	6-8	0.02	15	14	0.74	17	4	0.9	27	2.99
K-7	0-2	1.03	236	25	1.42	15	79	1.2	64	6.21
	2-4	1.84	338	26	1.56	23	110	1.7	59	5.64
K8	0-2	0.38	122	44	1.70	29	50	0.4	19	11.68
	2-4	0.06	108	44	1.80	29	50	2.5	17	10.96
	4-6	0.08	112	43	2.10	33	49	0.4	30	12.07
	6-8	0.20	112	49	1.80	35	49	0.4	17	11.94

Tabell 7 Metaller og organisk materiale i sedimentene i Karmsundet og andre norske fjorder (ppm, unntatt Fe og org. mat. i %).

Lokalitet	Referanse	Hg	Zn	Cr	Fe	Ni	Pb	Cd	Cu	Org.mat.
Karmsundet	Dette arbeidet	0.02- 5.01	15- 600	14- 49	0.74- 2.10	15- 48	4- 290	0.4- 3.6	8- 230	2.99- 23.22
Frierfjorden	NIVA, 1976 b	0.11- 12.8	65- 870	-	0.27 7.45	9- 107	8- 704	1.5- 26.3	12- 129	2.41- 37.24
Ranafjorden	NIVA, 1977a	-	45 1665	15- 91	1.6- 6.7	-	11- 865	-	19- 318	0.7- 8.1
Bekkelags- bassenget, Oslofjorden	NIVA, 1977d	0.12- 19.6	98- 1320	32- 561	2.62- 5.01	16- 64	26- 900	-	45- 978	3.3- 28.0
Gandsfjorden	NIVA, 1978a	0.08- 1.0	72- 245	23- 50	1.2- 3.5	10- 37	23- 127	-	13- 36	3.9- 7.3
Byfjorden, Stavanger	NIVA, 1978a	0.05- 0.50	31- 57	11- 16	0.8- 1.0	7- 14	11- 38	-	8- 13	4.9- 6.3
Hafrsfjorden	NIVA, 1978a	0.05- 0.29	80- 365	28- 45	2.0- 4.0	11- 30	26- 98	-	19- 40	21.8- 24.7

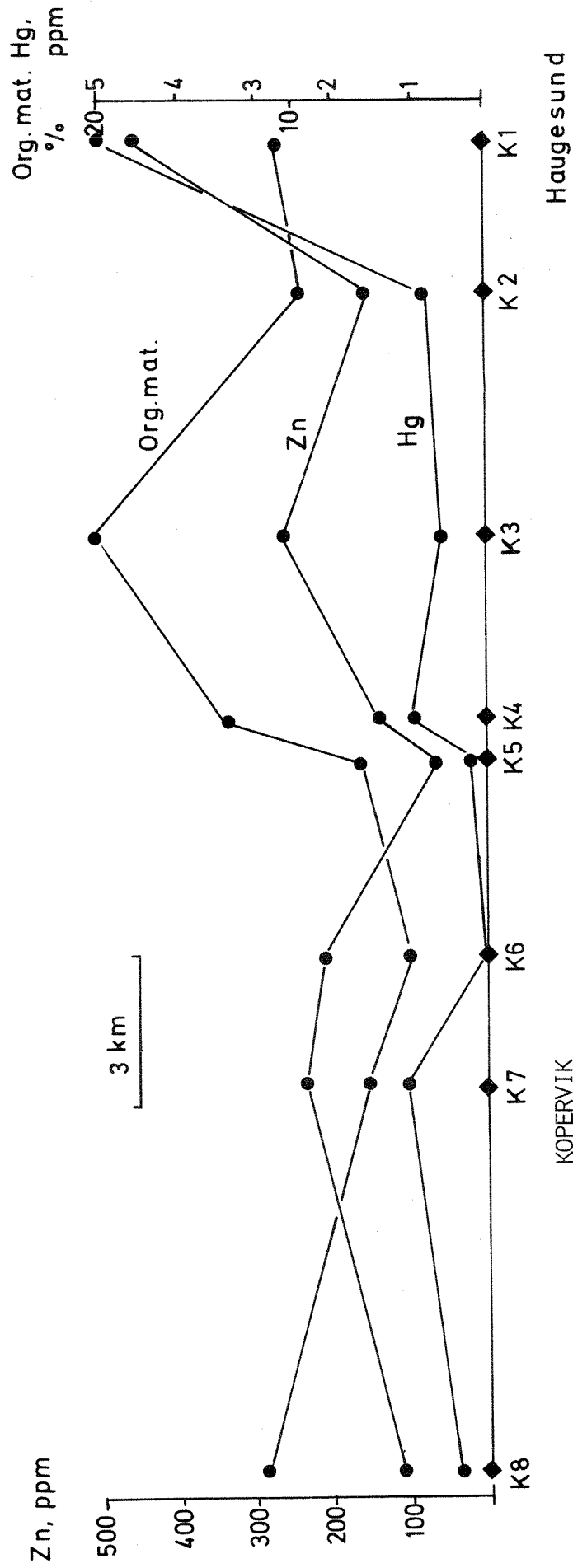


Fig. 6. Kvikksølv (Hg), sink (Zn) og organisk materiale (org.mat.) i overflatesedimentene i Karmsundet.

Konsentrasjonene av sink var også betydelig høyere enn et bakgrunnsnivå basert på målinger i de nederste deler av kjernen på stasjon K-4 (30-40 ppm). Maksimumskonsentrasjonene av sink ble målt nær Haugesund (K-1), hvor de var 10-20 ganger høyere enn nevnte bakgrunnsnivå. Det ble ellers observert et sekundært maksimum ved Kopervik. Det antyder at både sink og kvikksølv tilføres resipienten både ved Haugesund og ved Kopervik. På stasjon K-2 var det et minimum av metallkonsentrasjoner i sedimentene på strekningen K1-K3 og dette antas å skyldes stasjonens beliggenhet. Denne stasjonen ligger i et område nord for brua over Karmsundet, hvor sundet er mye smalere i forhold til beliggenheten av de andre stasjonene. Av den grunn er bunnerosjonen betraktelig større her enn på de andre stasjonene og som følge er sedimentene meget grove. Da metallene, som nevnt tidligere er knyttet til små partikler, blir konsentrasjonene av metaller i sedimentene på stasjon K-2 lave.

Variasjonene i kromkonsentrasjonene var forholdsvis små, på samme måte som i Stavangerfjordene (tabell 7). Det er også svært små vertikalgradienter og det er lite som tyder på overflateanrikning av krom. Vi kan derfor betrakte kromverdiene for normale. Det samme gjelder for øvrig jern og nikkel som også viste normale konsentrasjoner.

Bly derimot tilføres resipienten i så store mengder at sedimentene influeres. Mens bakgrunnsnivået i dette området ser ut til å ligge mellom 5 og 20 ppm, ble det målt konsentrasjoner på 200-300 ppm lengst nord i sundet. Det var ellers en økning i blykonsentrasjonene ved Kopervik, på samme måte som for sink (fig. 7).

Kadmium opptrådte også i konsentrasjonsnivåer som lå over det man kan betrakte som naturlige variasjoner. Det er vanlig å finne konsentrasjoner av kadmium på 0.4-0.5 ppm i ikke-forurensede sedimenter. I Karmsundet ble det målt opp til 3.6 ppm på stasjon K-1 og opp til 2.5 ppm lengst sør (K-8) (fig. 7).

Kopper viste omtrent samme tendens som sink, bly og kadmium, med betydelig kontaminering i nærheten av Haugesund og noe svakere kontaminering ved Kopervik (fig. 7). De laveste konsentrasjonene av metaller i hele sundet ble målt på stasjonene

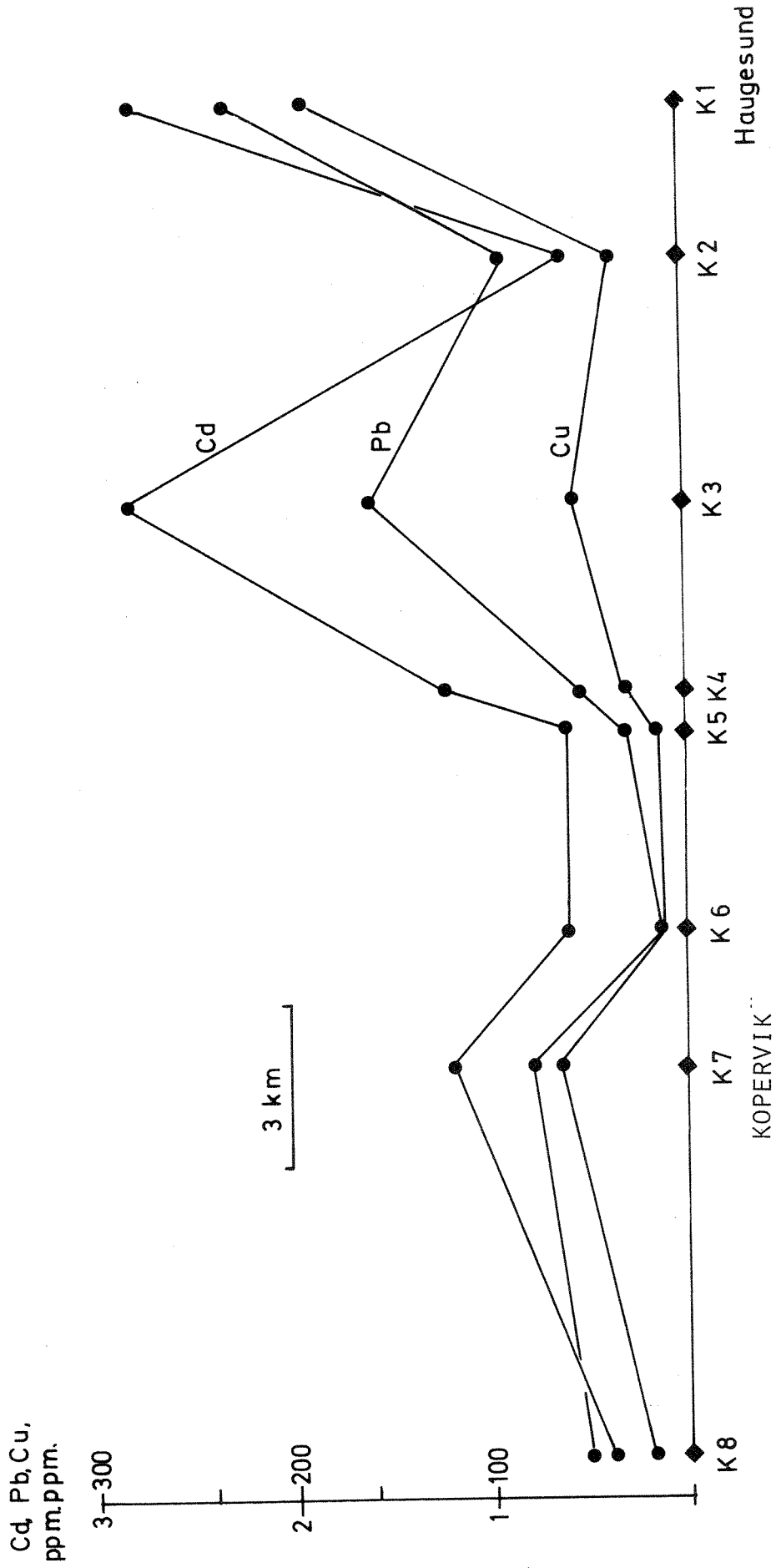


Fig. 7. Kadmium (Cd), bly (Pb) og kopper (Cu) i overflatesedimentene i Karmsundet.

K-5 og K-6 (tabell 6). Det er således ingen synlig effekt av utslipp fra ALNOR på konsentrasjonene av de analyserte metallene i sedimentene. Likheten i fordelingen både horisontalt og vertikalt av kvikksølv, sink, bly, kadmium og kopper tyder på at disse metallene stort sett kommer fra de samme kildene eller fra de samme områdene (fig. 6 og 7).

En detalj som er viktig å merke seg er at maksimumskonsentrasjonene vanligvis ikke opptrer i de øverste 2 cm, men heller i 2-4 cm dyp i sedimentet. Dette kan enten tyde på at tilførselene av disse metallene har avtatt de siste årene eller at det skyldes kjemiske prosesser i sedimentene etter de er avsatt. Det er nokså vanlig å observere noe høyere metallkonsentrasjoner like under sedimentflaten av fjordsedimenter og det er grunn til å tro at dette skyldes naturlige årsaker (geokjemiske prosesser).

Konsentrasjonene av organisk materiale varierte mellom 3 og 23 %. De aller høyeste konsentrasjonene ble målt på stasjon K-3, (Fig. 6), hvor det også ble konstatert lukt av hydrogensulfid. Også på K-4 var det høyt innhold av organisk materiale i sedimentene. Anrikningen av organisk materiale i Bøvika og delvis i Matlandsvågen er trolig et resultat av to faktorer. Topografisk ligger disse to stasjonene utenfor selve hovedstrømmen i sundet og det er ikke utenkelig at det danner seg bakevjer i disse buktene. Det betyr at oppholdstiden på vannet i disse buktene blir lengre og forurensningene som transporteres gjennom Karm-sundet kan hope seg opp og sedimentere i de roligere vannmassene. Den andre faktoren som kan bidra til den store opphopningen av organisk materiale på stasjonene K-3 og K-4 er utslipp fra industribedrifter i nærheten.

5.8.3 Polyklorerte bifenyler (PCB) i sedimentene

Det ble kun tatt to overflateprøver fra sedimentstasjonene nærmest Haugesund (K-1) og Kopervik (K-7) for å spore eventuell belastning av PCB i resipienten (tabell 8). PCB binder seg som kjent sterkt til partikler og man kan anta at hvis det ikke kan registreres målbare nivåer av PCB i sedimentene er det lite sannsynlig å finne PCB i andre media i resipienten.

Tabell 8. Polyklorete bifenyler (PCB) i to overflatesedimenter fra Karmsundet. (i ppm tørrvekt)

Stasjon	Dyp (i cm)	PCB
K 1	0 - 2	0.34
K 7	0 - 2	0.47

Resultatene viste henholdsvis 0.34 og 0.47 ppm PCB på stasjonene K-1 og K-7. I fjordene omkring Stavanger ble det målt mellom 0.01-0.25 ppm og i Bekkelagbassenget i Oslofjorden 0.17-0.30 ppm PCB. Dette tilsier at nivået av PCB i Karmsundet ligger noe høyt i forhold til de nevnte områdene. Hvorvidt dette skyldes en større atmosfærisk tilførsel (langtransport) til Karmsundet enn Oslofjorden og Stavangerfjordene, eller om det foregår diffuse utslipp av PCB til Karmsundet, kan ikke fastslås på grunnlag av det spinkle prøvematerialet. Hva som kan fastslås fra analysene er at PCB-mønstret indikerte hovedsakelig Clophen-A60 (dvs. PCB med 60% kloreringsgrad). PCB i prøvene fra Oslofjorden og Stavangerfjordene inneholdt også en annen komponent, Arochlor 1254. Denne ble ikke påvist i prøvene fra Karmsundet.

5.8.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentene

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er en gruppe organiske forbindelser som er tungtløslige i vann og som tilføres naturen sivilisatorisk ved forbrenning av kull ved koksproduksjon og smelteverk som bruker kull som reduksjonsmiddel (Knutzen, 1977). Små mengder PAH finnes også i naturen som følge av naturlige geokjemiske prosesser, ved vulkanutbrudd og skogbrann. På grunn av enkelte PAH-komponenters kreftfremkallende egenskaper er PAH de senere årene blitt viet stor oppmerksomhet.

Da PAH som nevnt er lite vannløslig, er det vanlig å finne disse stoffene akkumulert i sedimentene. Undersøkelser utført av Havforskningsinstituttet i Bergen (Palmork, 1974) har vist at fjorder som tilføres PAH fra industriell virksomhet har høye konsentrasjoner av PAH i sedimentene. Analyser av 4 PAH-komponenter (anthracene, phenanthrene, fluoranthene og pyrene) i sedimenter fra stasjoner nær ALNOR utført i 1972 viste maksimum 3.5 ppm PAH (dvs. summen av de fire nevnte komponenter) (Palmork, 1974). Analysene som er gjort av sedimenter som vi samlet inn i juni 1977 (tre prøver) omfatter 25 komponenter og konsentrasjonene varierte mellom 16 og 32 ppm (tabell 9).

Tabell 9. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH); sedimenter fra Karmsundet (ppb, tørrvekt).

Stasjon K-4

PEAK NO.	POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON	PPB	PER CENT OF SAMPLE WEIGHT	PER CENT OF TOTAL PAH IDENTIFIED
1	PHENANTHRENE	608.190	.0000608	3.77
2	ANTHRACENE	90.437	.0000090	.56
3	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	64.013	.0000064	.40
4	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	37.894	.0000038	.24
5	2-METHYLANTHRACENE	26.142	.0000026	.16
6	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	25.491	.0000025	.16
7	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	32.642	.0000033	.20
8	1-METHYLPHENANTHRENE	35.468	.0000035	.22
9	FLUORANTHENE	1470.483	.0001470	9.11
10	PYRENE	1184.049	.0001184	7.34
11	BENZO(A)FLUORENE	310.271	.0000310	1.92
12	BENZO(B)FLUORENE	55.781	.0000056	.35
13	1-METHYLPYRENE	101.526	.0000102	.63
14	BENZO(C)PHENANTHRENE	78.267	.0000078	.49
15	BENZO(A)ANTHRACENE	1121.608	.0001122	6.95
16	CHRYSENE/TRIPHENYLENE	1772.744	.0001773	10.99
17	BENZO(B)FLUORANTHENE	768.295	.0000768	4.76
18	BENZO(K)FLUORANTHENE	307.472	.0000307	1.91
19	BENZO(E)PYRENE	1623.640	.0001624	10.06
20	BENZO(A)PYRENE	1897.589	.0001899	11.77
21	PERYLENE	507.146	.0000507	3.14
22	O-PHENYLENEPYRENE	1712.841	.0001712	10.61
23	DIBENZO(A,H)ANTHRACENE	303.902	.0000304	1.88
24	BENZO(GHI)PERYLENE	1458.226	.0001458	9.04
25	ANTHANTHRENE	431.002	.0000431	2.67
TOTAL PAH IDENTIFIED:		16135.319	.0016135	100.00

NOTES:

PPB = NANOGRAM OF PAH/GRAM OF SAMPLE
 ALL VALUES PRIOR TO FLUORANTHENE ARE BASED ON THE INTERNAL STANDARD 3,6-DIMETHYLPHENANTHRENE, WHEREAS B,B'-BINAPHTHYL IS USED ON THE REMAINDER. COMPOUNDS NOT IDENTIFIED ARE IGNORED IN THE SUM "TOTAL PAH IDENTIFIED".

forts....

Tabell 9 - forts.

Stasjon K-5

PEAK NO.	POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON	PPB	PER CENT OF SAMPLE WEIGHT	PER CENT OF TOTAL PAH IDENTIFIED
1	PHENANTHRENE	1308.294	.0001308	4.10
2	ANTHRACENE	207.920	.0000208	.65
3	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	114.659	.0000115	.36
4	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	166.333	.0000166	.52
5	2-METHYLANTHRACENE	56.815	.0000057	.18
6	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	175.588	.0000176	.55
7	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	59.900	.0000060	.19
8	1-METHYLPHENANTHRENE	65.229	.0000065	.20
9	FLUORANTHENE	3049.163	.0003049	9.55
10	PYRENE	2420.803	.0002421	7.58
11	BENZO(A)FLUORENE	699.199	.0000699	2.19
12	BENZO(B)FLUORENE	124.480	.0000124	.39
13	1-METHYLPYRENE	196.001	.0000196	.61
14	BENZO(C)PHENANTHRENE	155.132	.0000155	.49
15	BENZO(A)ANTHRACENE	2109.007	.0002109	6.60
16	CHRYSENE/TRIPHENYLENE	3360.277	.0003360	10.52
17	BENZO(G)FLUORANTHENE	1663.195	.0001663	5.21
18	BENZO(K)FLUORANTHENE	505.242	.0000505	1.57
19	BENZO(E)PYRENE	3232.456	.0003232	10.22
20	BENZO(A)PYRENE	3603.618	.0003604	11.22
21	PERYLENE	946.456	.0000946	2.96
22	O-PHENYLENEPYRENE	3356.361	.0003356	10.51
23	DIBENZO(A,H)ANTHRACENE	607.925	.0000608	1.90
24	BENZO(CHI)PERYLENE	2862.858	.0002863	8.96
25	ANTHANTHRENE	843.943	.0000844	2.64
***** TOTAL PAH IDENTIFIED:		31940.993	.0031941	100.00

NOTES:

PPB = NANOGRAM OF PAH/GRAM OF SAMPLE
 ALL VALUES PRIOR TO FLUORANTHENE ARE BASED ON THE INTERNAL STANDARD
 3,6-DIMETHYLPHENANTHRENE, WHEREAS B,B'-BINAPHTHYL IS USED ON THE REMAINDER.
 COMPOUNDS NOT IDENTIFIED ARE IGNORED IN THE SUM "TOTAL PAH IDENTIFIED".

forts....

Tabell 9. - forts.

Stasjon K-6

PEAK NO.	POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON	PPB	PER CENT OF SAMPLE WEIGHT	PER CENT OF TOTAL PAH IDENTIFIED
1	PHENANTHRENE	1367.966	.0001368	4.27
2	ANTHRACENE	751.812	.0000252	.79
3	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	120.162	.0000120	.37
4	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	199.428	.0000199	.62
5	2-METHYLANTHRACENE	74.441	.0000074	.23
6	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	199.888	.0000200	.62
7	METHYLPHENANTHRENE/METHYLANTHRACENE	60.656	.0000061	.19
8	1-METHYLPHENANTHRENE	74.441	.0000074	.23
9	FLUORANTHENE	3096.717	.0003097	9.66
10	PYRENE	2368.961	.0002369	7.39
11	BENZ(A)FLUORENE	763.246	.0000763	2.38
12	BENZ(B)FLUORENE	160.704	.0000161	.50
13	1-METHYLPYRENE	181.042	.0000181	.56
14	BENZ(C)PHENANTHRENE	154.723	.0000155	.48
15	BENZ(A)ANTHRACENE	2220.619	.0002221	6.93
16	CHRYSENE/TRIPHENYLENE	3807.459	.0003807	11.88
17	BENZ(B)FLUORANTHENE	1718.168	.0001718	5.36
18	BENZ(K)FLUORANTHENE	466.827	.0000467	1.46
19	BENZ(E)PYRENE	3085.153	.0003085	9.63
20	BENZ(A)PYRENE	3477.809	.0003478	10.85
21	PERYLENE	921.957	.0000922	2.88
22	O-PHENYLENEPYRENE	3179.528	.0003180	9.92
23	DIBENZ(A,H)ANTHRACENE	614.372	.0000614	1.92
24	BENZ(BH)PERYLENE	2731.709	.0002732	8.52
25	ANTHANTHRENE	753.676	.0000754	2.35
TOTAL PAH IDENTIFIED:		32051.463	.0032051	100.00

NOTES:

PPB = NANOGRAM OF PAH/GRAM OF SAMPLE
 ALL VALUES PRIOR TO FLUORANTHENE ARE BASED ON THE INTERNAL STANDARD 3,6-DIMETHYLPHENANTHRENE, WHEREAS B, B'-BINAPHTHYL IS USED ON THE REMAINDER. COMPOUNDS NOT IDENTIFIED ARE IGNORED IN THE SUM "TOTAL PAH IDENTIFIED".

Basert på de samme fire komponentene som Palmork analyserte, viste overflatesedimentene maksimalt 7 ppm PAH, i motsetning til 3.5 ppm funnet i 1972. Konsentrasjonene var høyest i de skjermede buktene nord og sør for ALNOR. Dette er i overensstemmelse med hva som tidligere er sagt at de topografiske forholdene i Karmsundet ligger til rette for akkumulering av forurensninger i områder som er lite influert av hovedstrømmen gjennom sundet.

De mest dominerende PAH-komponentene i sedimentprøver fra Karmsundet er benzo(a)-pyren, chrysene/triphenylene og 0-phenylenepyrene. Av disse er benzo(a)pyren mest kjent for sin kreftfremkallende egenskap. Undersøkelser i Ranafjorden (NIVA,1977a) viste mye større dominans av fluoranthene og pyren i forhold til benzo(a)pyren. Totalkonsentrasjonene av PAH (25 komponenter) i sedimenter fra Ranafjorden varierte mellom 0,8 og 6 ppm (NIVA,1977a). Overflatesedimenter fra Frierfjorden inneholdt konsentrasjoner mellom 1,7 og 46.6 ppm (NIVA, 1978b.) Her forekom benzo(a)pyren også i mindre omfang enn de øvrige hovedkomponentene. Det er derfor viktig å påpeke at benzo(a)pyren forekommer i sedimentene i høyere konsentrasjoner (1.9-3.6 ppm) i Karmsundet enn i Ranafjorden og Frierfjorden, hvor det er kjente PAH-utslipp, og at denne komponenten utgjør ca. 10% av den totale mengde PAH.

5.9 Biologisk registrering

Algevegetasjonen ble registrert på ialt 7 stasjoner i Karmsundet. (Figur 5. Tabell 10). Registreringen ble utført ved hjelp av dykkere med telefonforbindelse til overflaten og båndopptaker for lagring av informasjon. Det ble i tillegg gjort observasjoner i strandsonen. Dykkingen ble utført av en biolog fra NIVA med hjelpedykker fra Falken i Haugesund. På de stasjonene hvor det var mulig ble nedre grense for algevegetasjonen registrert. Denne parameteren benyttes for å bedømme lysgjennomgangen i vannmassene over tid. Algene er avhengig av sollys for å kunne vokse. Deres nedre grense vil derfor bl.a. være avhengig av i hvilken grad lyset er i stand til å trenge ned i vannmassene. Dette vil igjen avhenge av vannmassenes innhold av partikler og fargestoffer.

Algefloraens sammensetning og tilstand er andre parametre som benyttes for å bedømme vannkvaliteten i en resipient.

Stasjon 1.

Stasjon 1 ligger lengst nord i Karmsundet, figur 5. (s. 14) umiddelbart vest for et kaianlegg. Strandsonen er preget av fjell med varierende skråning. Stasjonen er plassert på et sted hvor nedre grense for algevegetasjonen ikke kunne registreres på grunn av utilstrekkelig dybde. Største dyp var 18 m hvor det var flatt. Her ble det registrert sukkertare (*Laminaria saccharina*) på steder hvor det var mulig for algene å få feste. Ellers var bunnen fra 13 til 18 m fullstendig dekket med *polychaeter* (børstemark) med rør ca 1 cm over bunnen og ca 1 mm i diameter.

Foruten sukkertare ble brunalgen *Desmarestia aculeata* og rødalgene *Delesseria sanguinea*, *Callophyllis laciniata* og *Euthora cristata* registrert. Den siste vokste også som epifytt på *Laminaria saccharina*.

På 10 m dyp var det en liten bestand av *Chorda filum* (vanlig martam) og fra 10 m og opp til ca. 2 m var det tett bestand med *Laminaria saccharina*. Fra dette dyppet dominerte stortare (*Laminaria hyperborea*) i et ca. 1/2 m bredt belte fra ca. 1½ m og opp til ½ m under overflaten. Herfra overtok sagtang (*Fucus serratus*) i ½ m bred assosiasjon etterfulgt av et 20 - 30 cm bredt belte av blæretang (*Fucus vesiculosus*). Over blæretangen var det flekkevis noe *Porphyra umbi-*

licalis og tarmgrønske (*Enteromorpha intestinalis*.) På pillarer o.l. var det stort sett det samme bildet som gjorde seg gjeldende.

Algene var overraskende lite bevakst med epifytter, noe som kan tyde på at vannutskiftningen i denne delen av Karmsundet er relativt bra. *Fucus serratus* hadde litt epifytter av *Ectocarpus* sp, og *Pilayella littoralis*, *Spongonema tomentosum* og enkelte *Ulva lactuca*. Bortsett fra grønnalgen *Ulva lactuca* er de øvrige vanlige epifytter også i mer åpne kystfarvann. *Ulva lactuca* som epifytt kan imidlertid indikere en viss næringsaltpåvirkning på vannmassene. *Laminaria hyperborea* hadde store, hvite flekker av mosdyr på bladet. Det ble registrert 6 arter på 18 m dyp, noe som viser at nedre lysgrense for algevegetasjonen ikke var nådd. Da ville bare 1 eller to arter vært tilbake. Det er rimelig å anta at vertikalutbredelsen av algene går ned til mer enn 20 m i dette området. Dette indikerer relativt bra lysgjennomgang og lav partikkel-tetthet i vannmassene gjennom året.

Stasjon 2.

Stasjon 2 ligger sør for Karmøy-broen, figur 5. Stasjonen er plassert på en gammel kai med utgangspunkt fra en steinfylling sør for betongkaia. Nedre grense for algevegetasjonen ble registrert på 23 m dyp hvor det ble funnet et lite eksemplar av stortare (*Laminaria hyperborea*.)

Sannsynligvis går nedre grense lengre ned da rødalgene erfaringsmessig går dypere enn brunalgene. Sterk strøm vanskeliggjorde observasjonene, og dette kan være forklaringen på at ikke det ble observert rødalger, som i dette dypet ofte er små. En annen forklaring kan være at algene er nedbeitet av kråke-boller. Kråkebollen *Echinus esculentus* ble observert i 10 - 20 m dyp.

Stortaren (*Laminaria hyperborea*) kom inn i tett bestand fra 15 - 20 m dyp og opp til 5 m. Herfra overtok sukkertare (*Laminaria saccharina*) og gikk opp til ca 1 m hvor *Fucus serratus* overtok. Over sagtang (*Fucus serratus*) var det en smal assosiasjon med rødalgen *Porphyra umbilicalis* og enkeltplanter med blæretang (*Fucus vesiculosus*). Blæretangen var delvis uten blærer, og plantene var svært korte og dårlig utviklet. På ca ½ m dyp var det videre felter med *Enteromorpha intestinalis* iblandet endel *Ulva lactuca*. Nedenfor *Fucus serratus*-beltet, som var ca 1 m bredt, var det et belte av *Laminaria digitata* før *Laminaria saccharina* overtok som dominerende art.

Fucus serratus-sonen var preget av kraftig undervegetasjon med *Cladophora rupestris*. Også her var bunnen nedenfor 5 m (hvor bløtbunnen begynte) preget av rørboende *polychaeter*. Bunnen var også flekkevis dekket med 0-skjell og fra 5-25 m var det relativt tett bestand med store eksemplarer av dødningehånd (*Alcyonium digitatum*). Det var også på denne stasjonen relativt lite epifytter på algene i strandsonen. *Fucus serratus* hadde endel epifytter av *Ectocarpus* sp, *Pylaiella littoralis* og *Spongonema tomentosum*. Det ble funnet et eksemplar av brunalgen *Sacchorhiza polyschides* på 4 m dyp.

Forekomst av alger som *Alaria esculenta*, *Porphyra purpurea* og av dødningehånd (*Alcyonium digitatum*) viser at lokaliteten har kraftig vannbevegelse.

Stasjon 3.

Stasjon 3 ligger på østsiden av Karmsundet vis a vis Matlandsvågen, figur 5. Underlaget er fjell, - bratt og jevnt, ned til ca 15 m. Deretter rullestein og sand i noe slakere helning. Nedre grense for algene ble observert til 28 m, men også her var det brunalgene *Laminaria saccharina* og *Desmarestia aculeata* som ble registrert. Det er derfor sannsynlig at vertikalutbredelsen er noe større.

Blant de større brunalgene dominerte *Laminaria saccharina* fra 28 og oppover til 3-4 m dyp. Fra 20-24 m forekom den i tett bestand. *Laminaria hyperborea* forekom i omtrent samme dyp som *L. saccharina*, men var assosiasjonsdannende omkring 1-3 m dyp. Over *L. hyperborea* overtok *Alaria esculenta* som gikk over i en *Laminaria digitata* - assosiasjon på ca 1 m dyp. I fjærebeltet ble flere arter registrert. De fleste forekom flekkevis, men *Gigartina stellata* og *Cladophora rupestris* dannet begge assosiasjoner. Bunnen var ellers fra 15-25 m preget av store bestander av eremittkreps.

Algenes sammensetning og tilstand viser at lokaliteten er relativt kraftig utsatt for bølgeslag. Den relativt store vertikalutbredelsen tilsier at det gjennomsnittlige siktedypet over året er bra. Som tabell 10 viser er lokaliteten mer artsrik enn stasjon 1, noe som sannsynligvis henger sammen med bedre vannbevegelse.

Stasjon 4.

Stasjon 4 ligger på sørsiden av en liten holme sør for ALNOR fabrikk, figur 5. I strandsonen mot sør dominerte *Fucus serratus* i tett bestand med noe *Laminaria digitata* innimellom. Fra ca. $\frac{1}{2}$ m dyp overtok *Laminaria digitata*. Over *F. serratus* var det flekker med *Porphyra umbilicalis*, *Cladophora rupestris* og *Enteromorpha intestinalis*. Det var relativt mye *Cladophora rupestris*, særlig i fjellskortene. *Spongomorpha pallida* fantes også flekkevis i omtrent samme nivå. Inne i en 5-6 m lang vik var det noe *Fucus vesiculosus* over *F. serratus* og noe *Fucus spiralis* øverst. *Cladophora rupestris* dominerte imidlertid. På vestsiden av holmen forsvant *Fucus vesiculosus* og *Fucus serratus* ble mer oppblandet med *Laminaria digitata*. Det var fremdeles *Cladophora rupestris* som dominerte over *F. serratus*, men her var den mer iblandet *Enteromorpha intestinalis*. På nordsiden av holmen kom endel *Ascophyllum nodosum* inn.

Underlaget på denne stasjonen var øverst oppfliset fjell loddrett ned til 18-20 m, deretter rullestein og sand. Nedre grense for algevegetasjonen ble registrert til 25 m. Her ble rødalgen *Dilsea carnosa* observert. Av de store brunalgene begynte *Laminaria saccharina* på ca. 15 m og gikk oppover i tett bestand. På 4m dyp ble *L. saccharina* tett bevokst med epifytten *Ectocarpus fasciculatus* (brun-alge). *Laminaria hyperborea* gikk ned til 25m med tett bestand ned til 3m. Over der dominerte *Alaria esculenta* i en ca. 1m bred assosiasjon. Ovenfor *Alaria*-sonen overtok *L. digitata* og deretter *Fucus serratus*.

Stasjonen skiller seg ikke ut fra det en måtte forvente å finne i et slikt område. Nedre grense for algene på 25m synes å være relativt sikker. Dette kan tyde på at siktedypet på denne stasjonen vanligvis er noe dårligere enn f.eks. på stasjon 3.

Stasjon 5.

Stasjon 5 ligger på kaia på nordsiden av innløpet til Kopervik, figur 5. Det var først og fremst tareartene som dominerte på denne lokaliteten med en blanding av fingertare (*Laminaria digitata*), brutare (*Alaria esculenta*) og stortare (*Laminaria hyperborea*). Over dette var det et 20-30 cm bredt rur-belte med et tilsvarende bredt belte av rødalgen *Porphyra umbilicalis* over. *Ulva lactuca* fantes som epifytt på stortare. *Laminaria saccharina* begynte på ca. 2m

og var assosiasjonsdannende ned til 14m. På grunn av at sandbunn kom inn i dette dypet, fantes *L. saccharina* bare flekkevis videre nedover til 20m. Nedre grense for algevegetasjonen ble registrert på 25m dyp hvor det ble funnet en *Delesseria sanguinea* (rødalge). Dyrelivet på denne stasjonen var preget av sekkedyr (*tunicater*), små sjøstjerner (*Asterias rubens*) og eremittkreps. Nedre grense for algevegetasjonen på 25m er det samme som for stasjon 4 og støtter opp om antakelsen at vannmassene har mindre gjennomskinnelighet i dette området enn utenfor f.eks. stasjon 3.

Stasjon 6.

Stasjon 6 ligger på østsiden av Karmsundet, på Fosenøy vis a vis Kopervik, figur 5. Lokaliteten er relativt sterkt utsatt for bølgeslag. Arts sammensetningen i fjæresonen avspeiler dette med tett bestand av *Laminaria digitata* iblandet noe *Alaria* og med et rødalgebelte over et 2-3 m bredt rurbelte. Rødalgebeltet besto av bølgeslagselskende arter som *Spongomorpha pallida*, *Ceramium shuttleworthianum*, *Ceramium strictum*, *Ceramium secundatum*, *Callithamonian arbuscula* og *Polysiphonia urceolata*. Flekkevis, avhengig av typografien, var *L. digitata*-assosiasjonen erstattet med *Fucus serratus* med *Spongonema tomentosum* og *Elachista fucicola* som epifytter. *Spongonema* dominerte. *Gigartina stellata* var assosiasjonsdannende nedenfor *Fucus serratus*-sonen med *L. digitata* nedenfor. Stortare (*Laminaria hyperborea*) overtok etter fingertare (*L. digitata*) i ca. 2m dyp. *Palmaria palmata* var vanlig epifytt på striper av stortare, som går ned til ca. 25m, men assosiasjonsdannende ned til 10m. Herfra overtok *Laminaria saccharina* som dominerende art ned til 20m. *Halidrys siliquosa* var vanlig mellom 3 og 15m dyp. *Delesseria sanguinea* ble funnet på 21m og nedre grense for algevegetasjonen ble bestemt til 25m som var nedre grense for stortare-bestanden. Dette er sannsynligvis for grunt. Det er rimelig å anta at rødalgevegetasjonen går ned til i hvertfall bortimot 30m når stortaren stopper på 25m. Det er derfor sannsynlig at det gjennomsnittlige siktedyp ved denne stasjonen er bedre enn ved stasjon 4 og 5. Sammensetningen av algesamfunnene i fjæresonen samt deres utseende tilsier også at vannkvaliteten ved denne stasjonen er relativ god.

Stasjon 7.

Stasjon 7 ligger lengst sør i Karmsundet, sør for Vestre Bokn, figur 5. Også denne lokaliteten er relativt sterkt eksponert, noe som avspeiles i artssammensetningen som samstemmer bra med stasjon 6. Over rurbeltet var det et tilsvarende rødalgebelte som på stasjon 6 og over dette igjen kom *Porphyra umbilicalis* inn, med rester av en *Bangia atropurpurea*-assosiasjon over.

Aiaria esculenta forekom fra 0-2m, men var oppblandet med *L. digitata*. *Alaria* hadde *Litosiphon laminariae* som epifytt. Stortaren forekom i tett bestand ned til 17m mens nedre grense ble registrert til 22m. Dette var det største dyp hvor det ble registrert alger, men avspeiler sannsynligvis ikke nedre grense for algevegetasjonen.

Sammensetningen av algevegetasjonen og algenes tilstand tilsier ikke at det skulle være store forskjeller i vannkvaliteten på stasjon 6 og 7.

5.9.1. Sammenfattende vurdering.

De biologiske registreringene som ble utført sommeren 1977 antyder at Karmsundet er belastet i varierende grad og at vannutskiftingen i hovedleia er relativ bra.

Observasjonene på stasjonene 4 og 5 antyder at vannkvaliteten her ikke er så god som ute i selve hovedleia (stasjonene 3, 6 og 7.)

Vannkvaliteten ved stasjon 2 er vanskelig å bedømme fordi de sterke tidevannstrømmene i dette området delvis maskerer effektene. Men enkelte detaljer med hensyn til algesamfunnenes tilstand indikerer en viss belastning. Lengst nord i Karmsundet synes vannkvaliteten som forventet å være noe dårligere enn lengre sør. Forholdene på stasjon 1 antyder imidlertid at vannutvekslingen også her er relativ god.

TABELL 10. BIOLOGISKE REGISTRERINGER I KARMSUNDET.

STASJON 1. KARMSUNDET. 30.07.77

STØRSTE OBSERVERTE DYP: 18 M.

o-147/76

UNDERLAG	TYPE	FJELL		BLØTBUNN															
	SKRÅNING	SVAK		FLATT															
ART	DYP	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
<i>Porphyra umbilicalis</i>		=																	
<i>Enteromorpha intestinalis</i>		-																	
<i>Fucus vesiculosus</i>		=																	
<i>Fucus serratus</i>		=																	
<i>Laminaria digitata</i>		=																	
<i>Laminaria hyperborea</i>		=																	
<i>Codium</i> sp.				-															
<i>Ulva lactuca</i>		-																	
<i>Bryopsis plumosa</i>				-															
<i>Laminaria saccharina</i>				=															
<i>Desmarestia aculeata</i>																			-
<i>Callophyllis laciniata</i>																			-
<i>Delesseria sanguinea</i>																			-
<i>Euthora cristata</i>																			-
<u>EPIFYTTER</u>																			
<i>Ectocarpus</i> sp.		-																	
<i>Pylaiella littoralis</i>		-																	
<i>Ulva lactuca</i>		-																	
<i>Spongonema tomentosum</i>		-																	
<i>Euthora cristata</i>																			-
Bryozoer				-															

Symbolforklaring:

== assosiasjon

— vanlig

--- spredt

• enkelt funn

Tabell 11. Metaller i tangprøver (*Fucus serratus*) fra Karmsundet
(ppm tørrvekt).

	Hg	Zn	Cd	Mn	Fe	Ni	Cr	Cu	Pb
st.1	0.05	280	<1	50	160	20	<10	6	<20
" 2	1.5	160	<1	50	360	<10	<10	42	<20
" 3	0.19	220	<1	65	80	<10	<10	6	<20
" 4	0.35	100	<1	60	50	<10	<10	4	<20
" 5	0.29	310	<1	70	250	<10	<10	80	<20
" 6	0.03	85	<1	55	30	<10	<10	2	<20
" 7	0.43	25	<1	<10	20	<10	<10	8	<20

5.10 Metaller i alger.

Bruk av alger (tang) som indikatororganismer til påvisning av metallbelastning har vært benyttet i en rekke arbeider her tillands (Haug et.al., 1974, NIVA 1977c, 1978a) og i utlandet (f.eks. Butterworth et al. 1972). Algene har den fordel at de er fastsittende, lett å samle inn og tolererer brakkvann og høye konsentrasjoner av metaller. Vanlig brun tang (*fucacéer*) som vokser i strandsonen er ofte brukt som indikatororganisme, ettersom deres innhold av metaller ofte gjenspeiler den gjennomsnittlige metallbelastningen i vannmassene.

På 7 stasjoner i Karmsundet (Fig. 5) ble *Fucus serratus* (sagtang) innsamlet fra overflaten og analysert for kvikksølv (Hg), sink (Zn), kadmium (Cd), mangan (Mn), jern (Fe), nikkel (Ni), krom (Cr), kopper (Cu) og bly (Pb). Resultatene av analysene er vist i tabell 11. Sagtang ble valgt fordi denne ble funnet på samtlige stasjoner.

For kadmium, nikkel, krom og bly's vedkommende var konsentrasjonene lavere enn deres respektive deteksjonsgrenser. Dette er i overensstemmelse med resultatene fra fjordene omkring Stavanger (NIVA, 1978a) og tyder på relativ liten belastning av disse metallene i vannmassene i Karmsundet. Det bør imidlertid påpekes at deteksjonsgrensen for bly var høy (20 ppm). Bakgrunnsnivået for bly i brunalger ligger trolig lavere enn 10 ppm.

Konsentrasjonene av kvikksølv varierte mellom 0.05 og 1.5 ppm, med et aritmetisk gjennomsnitt på 0.4 ppm (7 prøver). Til sammenligning ble det målt konsentrasjoner av kvikksølv i *fucacéer* i fjordene omkring Stavanger mellom 0.02 og 0.20 ppm, med gjennomsnitt på 0.05 ppm (17 prøver). (NIVA, 1978a). Dette skulle tilsi at vannmassene i Karmsundet er betydelig mere kvikksølvpåvirket enn tilfellet er rundt Stavanger. Dette er også i overensstemmelse med sedimentanalysene (se kap. 5.8.2). Mens den gjennomsnittlige konsentrasjonen av kvikksølv i 7 overflatesedimenter (0-2 cm) i Karmsundet var 1.3 ppm (0.06 - 5.01 ppm), var gjennomsnittet i 6 overflatesedimenter fra fjordene omkring Stavanger 0.5 ppm (0.06 - 1.0 ppm).

Selve fordelingen av kvikksølv i *fucacéer* i Karmsundet viste at den høyeste konsentrasjonen ble registrert på stasjon 2 (Fig. 5) og den laveste på stasjon 6. Vannanalysene viste at de høyeste kvikksølvkonsentrasjonene ble målt på stasjon K3 ved Bøvika, dvs. nær stasjon 2 hvor 1.5 ppm kvikksølv ble målt i algene. Forøvrig er det ingen klare tendenser hva angår konsentrasjonene av

kvikksølv i alger fra ulike deler av Karmsundet og det kan bare konkluderes med at analyser av sedimenter spesielt, men også av alger, bekrefter at det er en kvikksølvbelastning tilstede.

Sink viste også betydelige konsentrasjonsvariasjoner (25-310 ppm, Tabell 11). Høyest var konsentrasjonene nær Haugesund (stasjon 1) og nær Kopervik (stasjon 5). og lavest lengst sør i sundet (stasjon 7). Dette indikerer at det er en liten påvirkning av sink fra Haugesund og Kopervik. Det samme ble funnet i sedimentene (se s. 30). Ved Stavanger varierte sinkinnholdet i *fucacéer* mellom 13 og 350 ppm (gjennomsnitt i 17 prøver i 130 ppm). Gjennomsnittet i Karmsundet lå på 169 ppm. Det er således liten forskjell i belastning av sink mellom disse to områdene, bedømt ut fra algene.

Mangankonsentrasjonene varierte mellom < 10 og 70 ppm i Karmsundet og dette er noe lavere enn det som ble funnet nær Stavanger (NIVA, 1978a). Det er derfor lite som tyder på noen belastning av mangan i vannmassene i Karmsundet. Jern derimot viste klare forskjeller i konsentrasjoner (20-360 ppm), med de høyeste konsentrasjonene lengst nord i sundet og nær Kopervik. (Tabell 11). Det må antas at dette skyldes tilførsler fra Haugesund- og Kopervikområdet. Kopper viste nøyaktig samme fordeling som jern (Tabell 11). I sedimentene i Karmsundet ble det også konstatert økning av kopper i samme området (Fig. 7). Sammenlignet med fjordene omkring Stavanger er de høyeste kopperkonsentrasjonene i Karmsundet (42 og 80 ppm) betydelig høyere enn maksimumsverdier målt nær Stavanger (NIVA, 1978a).

6. SAMLET VURDERING AV DEN HYDROKJEMISKE, SEDIMENTGEOKJEMISKE OG BIOLOGISKE UNDERSØKELSEN

Resipientundersøkelsen i Karmsundet er av orienterende art og kan ikke gi en fullstendig oversikt over forurensningstilstanden og Karmsundet som resipient. Det relativt beskjedne omfanget av undersøkelsen har likevel gitt enkelte konkrete holdepunkter for å bedømme tilstanden, virkningene av utslipp og eventuelle behov for ytterligere observasjoner.

Kartleggingen av de viktigste forurensningstilførslene fra befolkningen viser at Haugesund og Kopervik bidrar med de største mengdene med organisk materiale, fosfor og nitrogen til Karmsundet. Foreløpig finnes det ikke renseanlegg i området, og totalt 1040 tonn/år organisk materiale (som BOF₇) går urensset

i sjøen. I tillegg kommer utslipp av organisk materiale fra industri, som utgjør 2600 tonn (som BOF_7). Over 60% av bidraget fra industrien kommer fra én bedrift, Protan og Fagertun A/S, som slipper ut større mengder organisk materiale enn fra hele befolkningen rundt Karmsundet. Det er derfor ikke usannsynlig at dette utslippet i stor grad medvirker til det høye organiske innholdet i sedimentene i Bøvika (vis a vis Protan og Fagertun A/S) og det relativt lave siktedypet på samme lokalitet. Man må også regne med betydelige utslipp av fosfor- og nitrogenforbindelser fra næringsmiddelindustrien.

Utslipp av metaller fra industri til Karmsundet er i følge tilgjengelige opplysninger minimale. Til tross for dette er det ved denne orienterende resipientundersøkelsen konstatert høyere nivåer av kvikksølv og tildels sink, kopper og bly i sedimenter og tang enn man skulle forvente. Når det gjelder vannkvalitet så bør det påpekes at vurdering av vannkjemiske data fra Karmsundet er komplisert pga. de skiftende forhold og medførende usikkerhet i representativiteten i datamaterialet. Ved vindstille og dårlig vannutskiftning av overflatelaget må man anta at forholdene vil kunne være mindre gunstige enn hva som ble observert i juni 1977. Dette gjelder i særlig grad de estetiske forhold i overflatelaget, men også i noen grad vannmassenes innhold av f.eks. metaller og total organisk karbon.

Når det gjelder metaller er det spesielt kvikksølv som fremtrer som en betydelig forurensningskomponent. Det er lite tvil om at dette kvikksølvet for en stor del stammer fra Haugesundsområdet. Påvirkningen er såpass markert at det bør undersøkes nærmere om det er bestemte industriutslipp som er kilder for kvikksølvet eller om det er mer spredt tilførsel via kommunalt kloakkvann fra tettsteder.

I motsetning til metaller er det kjente utslipp av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Fra Norsk Hydro A/S, Karmøy Fabrikker (ALNOR) slippes det årlig ut 17 tonn PAH. Analyser av sedimenter fra to lokaliteter viste at PAH var oppkonsentrert i sedimentene. Tilstedeværelsen av relativt store mengder benzo(a)pyren (ca 10% av total PAH), tilsier at problemet kan være noe større enn på de fleste andre steder med kjente PAH-kilder (unntatt Saudafjorden). Dette skyldes at i enkelte sammenhenger er benzo(a)pyren kjent for sin kreftfremkallende egenskap.

En helhetsvurdering av tilstanden i Karmsundet generelt er vanskelig pga. de store lokale variasjonene. Belastningen ser ut til å være størst på sundets vestsida og spesielt i de delvis isolerte buktene. Dette betyr at plasseringen

av stasjoner spiller en vesentlig rolle for helhetsvurderingen. Langs hovedleia må vannutskiftningen antas å være god, selv om tidevannet lett kan transportere avløpsvann frem og tilbake i sundet, slik at fortynningen og spredningen blir mindre enn man skulle forvente. I tillegg til variasjoner i vannutskiftning og topografi, må man også forvente stor variasjon i utslipp fra mindre industri. Dette gjelder i særlig grad sildoljefabrikker, slakterier etc., som har store utslipp av organisk materiale i spesielle sesonger.

Spørsmålet om i hvilken grad det er nødvendig med ytterligere undersøkelser i området for å utrede spesielle problemer må besvares ut fra de konklusjoner som trekkes fra den orienterende undersøkelsen. På bakgrunn av de resultater som er fremlagt i denne rapporten foreslås følgende:

1. De lokale myndigheter og forurensningstilsynet forsøker å klarlegge kildene for kvikksølv og eventuelt iverksette tiltak for å eliminere disse utslippene.
2. Det foretas supplerende undersøkelser av kvikksølv og PAH i de tre mest utsatte buktene (Bøvika, Matlandsvågen og Vordevika). Om mulig bør analysene også omfatte metallene bly, sink, kadmium, kobber, krom, samt fluor. Disse undersøkelsene bør utføres på ulike grupper organismer (fisk, skaldyr etc).

SKE/KON

7. REFERANSER

- Butterworth, J., Lester, P. & Nickless, G. 1972.
Distribution of heavy metals in the Severn Estuary.
Mar. Poll. Bull. 3, 72-74.
- Haug, A., Melsom, S. & Omang, S. 1974, Estimation of heavy metal pollution in two norwegian fjord areas by analysis of the brown alga *Ascophyllum Nodulosum*. Environ. Pollut., 7, 179-192.
- Knutzen, J., 1977. Utslipp av PAH fra elektrokjemisk industri. Akkumulering og effekter i det marine miljø. 2. symposium i det marine miljø. Kjemi, Bergv. Metallurgi 1, 42-43.
- Niemistø, L., 1974 A gravity corer for studies of soft sediments. Havforskningsinst. Skr., Helsinki 238, 33-38.
- NIVA, 1973. Undersøkelse av Nord-Rogalandsfjordenes forurensningstilstand. Delrapport nr. 2. Karmsundet. Saksbehandler: E. Ravdal, stensilert 11 sider + figurer. 0-41/70.
- NIVA, 1976 a Resipientundersøkelse av fjordsystemet i Flekkefjordregionen. Saksbehandler: S. Kolstad. Stensilert, 159 sider. 0-123/72.
- NIVA, 1976 b Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr. 3. Fremdriftsrapport fra de sedimentgeokjemiske undersøkelsene i juli 1975. Saksbehandler: J. Molvær. Stensilert 60 sider 0-111/70.
- NIVA, 1977 a Resipientundersøkelse i Ranafjorden. Rapport nr. 2. Innledende hydrografiske, geokjemiske og biologiske undersøkelser. Saksbehandler: L. Kirkerud. Stensilert 141 sider. 0-31/75.
- NIVA, 1977 b Nedbrytbarhetstest på tang, tare og utslippsprodukter fra produksjon av alginat. Saksbehandler: H. Efraimsen, Stensilert: 31 sider. 0-10/77 -1.
- NIVA, 1977 c Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr. 6. Fremdriftsrapport fra de biologiske undersøkelsene mars 1974-mai 1976. Saksbehandler' J. Molvær. Stensilert: 234 sider. 0-111/70.

NIVA, 1977 d Sedimentundersøkelse i Bekkelagsbassenget. Januar 1977. Saks-
behandler: J. Skei. Stensilert 45 sider. 0-34/76

NIVA, 1978 a Kjemiske/biologiske undersøkelser i fjordene omkring
Stavangerhalvøya - September 1976. Saksbehandler: T. Bokn.
Stensilert 66 sider 0-82/76.

NIVA, 1978 b Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og
tilliggende fjorder. Sluttrapport under bearbeidelse.

Palmork, K.H. 1974. Polysykliske aromatiske hydrokarboner i det marine
miljø. Nordiske symposium om vannforskning, Trondheim,
22-29.6.1973. Nordforsk, Miljøvårdssekretariatet, Publ. 1974
(4), 99-125.