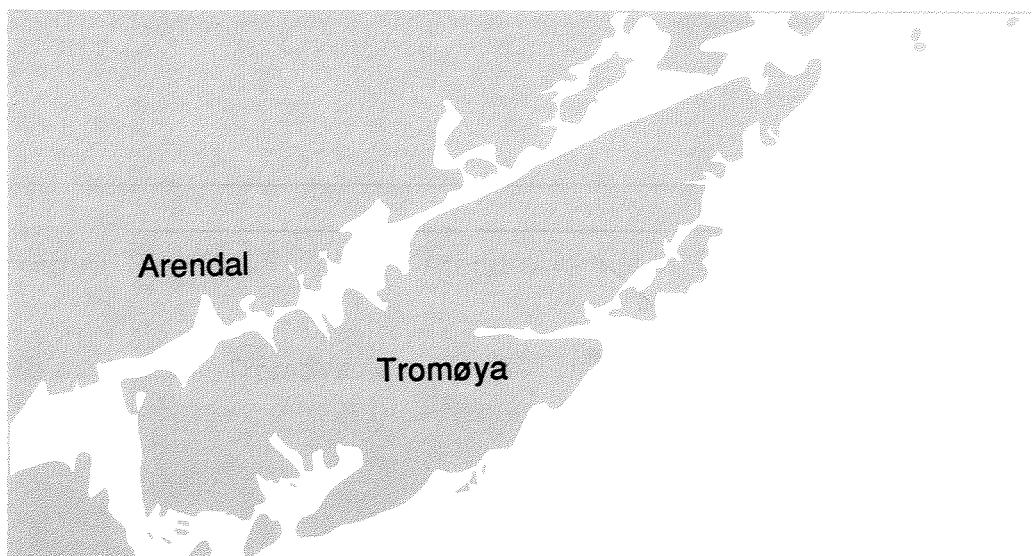




O-89170

# Resipientundersøkelse i Tromøysund

Bunnsedimenter, organismer på bløt- og hardbunn,  
miljøgifter i organismer



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for  
vannforskning



Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00
Telefax (47 2) 39 41 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90

Prosjektnr.:	O-89170
Undernummer:	
Løpenummer:	2645
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:	Dato:
Resipientundersøkelse av Tromøysund. Bunnsedimenter, organismer på bløt- og hardbunn, miljøgifter i organismer.	25.09.91
	Faggruppe:
	Industriforurensninger Marin eutrofi
Forfatter (e):	Geografisk område:
Kristoffer Næs Eivind Oug Jon Knutzen Frithjof Moy	Aust-Agder
	Antall sider:      Opplag:
	104                      125

Oppdragsgiver:	
Arendal Smelteverk A/S, Fylkesmannens miljøvernadv. i Aust-Agder, Nidarkretsen og Statens forurensningstilsyn	

Ekstrakt:
Tromøysund var påvirket av organiske tilførsler. På strekningen Arendal-Trollenes medførte dette moderate effekter på organismer på grunt og dypt vann. Utslipp av silisiumkarbidstøv fra Arendal Smelteverk A/S påvirker Bekkevika og nærområdet i Neskilen sterkt. I selve Tromøysund var det moderate nedslammings effekter ved Frisøya og Nitriden, men det kunne ikke påvises andre effekter. Sedimentene var markert forurenset av polyklorerte bifenylter (PCB) og markert til sterkt forurenset (ved Nitriden) av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, tjærestoffer). Flyndre og krabbe var ikke påvirket av miljøgifter, men PAH-innholdet i blåskjell var noe høyere enn normalt.

4 emneord, norske

1. Tromøysund
2. Sedimenter
3. Hardbunn-/bløtbunnsamfunn
4. Miljøgifter i organismer

4 emneord, engelske

1. Tromøysund
2. Sediments
3. Hard bottom/soft bottom communities
4. Micropollutants in organisms

Prosjektleder  
  
.....  
...

For administrasjonen  
  
.....  
...

ISBN 82-577-1986-2

O-89170

RESIPIENTUNDERSØKELSE AV TROMØYSUND

Bunnsedimenter, organismer på bløt- og hardbunn, miljøgifter i  
organismer

Grimstad, 25. september 1991

Prosjektleder: Kristoffer Næs

Medarbeidere: Aud Helland  
Bjarne Karlsen  
Jon Knutzen  
Mette C. Lie  
Frithjof Moy  
Eivind Oug  
Brage Rygg  
Pirkko Rygg  
Mats Walday  
Per Bie Wikander

## FORORD

Denne undersøkelsen er gjennomført på oppdrag av Arendal Smelteverk A/S, Fylkesmannens Miljøvernavdeling i Aust-Agder, Nidarkretsen og Statens forurensningstilsyn i henhold til programforslag av 30. august 1989.

Feltarbeidet for sediment- og bløtbunnsundersøkelsene ble gjennomført med F/F "H.H. Gran" med skipper og mannskap fra Risøya Folkehøyskole. Innsamling av prøver til bestemmelse av miljøgifter i organismer er gjort av foreningen "Småfiskeren" ved Hermod Simonsen etter kontakt med formann Finn Arvid Moland. Feltarbeidet for bløtbunnsundersøkelsene er gjort av Per Bie Wikander og hardbunnsundersøkelsene er gjort av Frithjof Moy og Mats Walday, NIVA.

Eivind Oug har vært ansvarlig for bløtbunn-og hardbunnsundersøkelsene, Jon Knutzen for miljøgifter i organismer og Kristoffer Næs for sedimentundersøkelsen. Fridtjof Moy har skrevet kapitlet om hardbunnsundersøkelsene.

En styringsgruppe for prosjektet har bestått av Erik Andreassen (Nidarkretsen), Inge Austrheim (SFT), Eva Boman (Fylkesmannen i Aust-Agder v/miljøvernavdelingen) og Ivar Devold senere Ivar Fredvik (Arendal Smelteverk A/S).

Alle takkes for innsats.

Kristoffer Næs

Prosjektleder

INNHOLDSFORTEGNELSE	Side
FORORD	2
1. KONKLUSJONER OG TILRÅDNINGER	6
1.1. Konklusjoner	6
1.2. Tilrådninger	7
2. INNLEDNING	8
2.1. Generell innledning	8
2.2. Geografisk avgrensing	8
2.3. Brukerinteresser	8
2.4. Tilførsler	8
2.5. Tidligere undersøkelser	9
2.6. Formål	9
2.7. Delundersøkelser og generell bakgrunn	9
3. MATERIALE OG METODER	11
3.1. Sedimenter	11
3.1.1. Prøvetaking	11
3.1.2. Analyser	11
3.2. Bløtbunnsundersøkelser	13
3.2.1. Valg av stasjoner	13
3.2.2. Prøvetaking	14
3.2.3. Bearbeiding av bunnprøvene	14
3.2.4. Tallbehandling	14
3.3. Hardbunnsundersøkelser	15
3.3.1. Valg av stasjoner	15
3.3.2. Prøvetaking	15
3.3.3. Tallbehandling	15
3.4. Miljøgifter i organismer	17
3.4.1. Prøvetaking	17
3.4.2. Analyser	19

4. RESULTATER	20
4.1. Sedimentundersøkelser	20
4.1.1. Kornfordeling og organisk innhold i sedimentene	20
4.1.2. Metaller i sedimentene	21
4.1.3. Innhold av polysykliske hydrokarboner (PAH) i sedimentene	24
4.1.4. Innhold av polyklorerte bifenyler (PCB) i sedimentet	26
4.1.5. Sammenfattende vurdering av sedimentundersøkelsen	27
4.2. Bløtbunnsundersøkelser	29
4.2.1. Bunnforhold	29
4.2.2. Artsmangfold og artssammensetning	30
4.2.3. Vurdering av lokalitetene	32
4.2.4. Sammenfattende vurdering	33
4.3. Hardbunnsundersøkelser	35
4.3.1. Overflatestasjoner	35
4.3.2. Dykkestasjoner	38
4.3.3. Vurdering av resultatene	40
4.4. Miljøgifter i organismer	42
4.4.1. Metaller	42
4.4.2. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	44
4.4.3. Klororganiske forbindelser	46
4.4.4. Sammenfattende vurdering	48
5. SAMMENFATTENDE DISKUSJON	49
6. LITTERATUR	51

7. VEDLEGG	54
1. Tokrapport Resipientundersøkelse av Tromøysund	55
2. Orienterende sedimentundersøkelser	62
3. Rådata for sedimentundersøkelsene	71
3.1. Sedimentdata over innhold av organisk materiale, metaller og $\Sigma$ PAH	72
3.2. Polysykliske aromatisk hydrokarboner (PAH) i sedimentene (ng/g)	74
3.3. Klorerte forbindelser i sedimentene (ng/g)	77
4. Artslister bunnfauna	79
5. Fullstendige data for hardbunnsorganismer	87
5.1. Fullstendige resultater fra registreringer av hardbunnsorganismer på overflatestasjoner i Tromøy- sundet 24.-25.8.90	88
5.2. Vertikalutbredelse for hardbunnsorganismer i Tromøy- sundet registrert ved dykking 24.-25.8.90	89
6. Rådata fra analyser av miljøgifter i organismer	95
6.1. PAH i blåskjell fra Tromøysund og Teinebåen 1990	96
6.2. PAH i skallinnmat av taskekrabbe fra Tromøysund og utsiden av Tromøya 1989-1990	97
6.3. PAH i filet av skrubbeflyndre og sandflyndre fra Tromøysund og Målen 1989-1990	98
6.4. Klororganiske forbindelser i filet av skrubbe og sandflyndre fra Tromøysund og Målen 1989-1990	99
6.5. Klororganiske stoffer i blåskjell fra Tromøysund og Teinebåen 1990	100
6.6. Klororganiske stoffer i krabbesmør av taskekrabbe fra Tromøysund og Tromlingene 1989-1990	101
7. Tallbehandling, bløt- og hardbunnsundersøkelser	102

## 1. KONKLUSJONER OG TILRÅDNINGER

### 1.1. Konklusjoner.

Denne undersøkelsen har hatt som hovedmål å beskrive forurensningstilstanden i Tromøysundet med hensyn på utslipp av kommunal kloakk, sigevann fra Heftingdalen søppelfyllplass og industritilførsler fra Det Norske Nitridaksjeselskap (Nitriden) og Arendal Smelteverk A/S. Undersøkelsen har omfattet organisk materiale og miljøgifter i bunnsedimentene, sammensetningen av dyre- og planteliv på grunt og dypt vann og innhold av miljøgifter i blåskjell, krabbe og flyndre.

Hovedkonklusjonene fra undersøkelsene er:

Tromøysundet på strekningen Arendal - Trollenes var moderat påvirket av organiske tilførsler (kloakk, avrenning fra land). Det var effekter på organisme-samfunn på grunt og dypt vann og bunnsedimentene hadde forhøyde verdier for organisk innhold. De nordøstlige delene av sundet var organisk anrikt, men dette hadde ingen vesentlige negative effekter på organismer. I Neskilen var det sterke effekter av organisk påvirkning.

Utslipp av silisiumkarbidstøv fra Arendal Smelteverk A/S påvirker Bekkevika og trolig nærområdet i Neskilen sterkt. I selve Tromøysund fører det til moderate nedslammings effekter ved Frisøya og Nitriden, men det kan ikke påvises andre effekter av silisiumkarbidstøvet.

Påvirkningen av metaller var liten på blåskjell, krabbe og flyndre. Sedimentene ved Trollenes og Songekilen var moderat påvirket av kvikksølv.

Alle stasjonene, untatt i nordøst ved Gitmertangen og i Neskilen, var markert forurenset av PCB (polyklorerte bifenyler) trolig i hovedsak utslipp fra Nitriden. Dette har imidlertid ikke gitt seg utslag i konsentrasjoner utover normalvariasjonen i spiselige organismer. Dog var innholdet i blåskjell fra sundet generelt noe høyere enn utenfor sundet ved Tromlingene.

Bunnsedimentene nær Nitriden var sterkt forurenset av PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner, tjærestoffer) med konsentrasjoner opp til 50 ganger normalverdi. Generelt var sedimentet i hele sundet moderat til markert påvirket av PAH-forurensning. Hovedkilden har vært Nitriden, men påvirkning fra industri, skipstrafikk kan spille en rolle. PAH-forurensningen har medført at blåskjell (samlet på strekningen Skibvik-Heggedalsbukta) hadde konsentrasjoner 3-5 ganger over det normale. Helsemyndighetene må avgjøre om dette vil medføre kostholdsråd. I krabbe og flyndre var konsentrasjonene under øvre grense for normalvariasjonen.



## 1.2. Tiltrådninger.

Resultatene fra undersøkelsen antyder at den organiske belastningen på Tromøysund var markert og bør søkes redusert. Etter at prøvetakingen ble gjennomført (høsten 1989-sommeren 1990) er mesteparten av de kommunale utslippene overført til rensesanlegget på Utnes. Avlastningen av sundet med kloakk er derfor allerede gjennomført.

Siden sigevannet fra Heftingdalen søppelfyllplass også er overført til Utnes, anbefales det at bunnsedimentene i nærområdet til det nye utslippet analyseres for utvalgte miljøgifter for å etablere bakgrunnsverdier. Dyrelivet ved det nye utslippsstedet er allerede tilstrekkelig prøvetatt med hensyn på førsituasjonen.

Det bør søkes klarlagt årsaker til de generelt høye PAH-konsentrasjonene i sedimentene i sundet. Kilder til PAH-forurensningen kan være, foruten påvirkning fra aktiviteten ved Nitriden, utslipp fra skipstrafikk, mulig nedfall fra luftutslipp fra Arendal Smelteverk A/S osv..

Dataomfanget for dyre- og planteliv på grunt og dypt vann tilfredsstillende krav til en generell overvåking av sundet. Omfanget av sedimentundersøkelsen er imidlertid noe for lite. Hvis det ønskes en fremtidig overvåking basert på analyser av bunnsedimenter (spesielt for miljøgifter, silisiumkarbidstøv) anbefales det at minst to stasjoner velges for kompletterende analyser.

Det har ikke vært et mål ved undersøkelsen i detalj å fastslå influensområdene for de ulike forurensningene. Nøyaktig kartlegging vil kreve tettere sett av prøvetakingsstasjoner enn generell tilstandsbeskrivelse og overvåking. Hvis dette er ønskelig, anbefales det oppfølgende undersøkelser spesielt rettet mot de aktuelle problemstillingene.

## 2. INNLEDNING

### 2.1. Generell innledning.

I forbindelse med at Moland kommune ønsket å anlegge vei over en industrifylling fra den nå nedlagte Det Norske Nitridaksjeselskap (DNN), er det framkommet at denne bedriften har dumpet miljøgiftig avfall (trolig i hovedsak tjæreholdig) på fyllingen og i tønner i Tromøysund. Videre har Arendal Smelteverk A/S i forbindelse med sitt utslipp av fast stoff (uavhengig av tjæreproblemet fra DNN) fått pålegg fra SFT om å gjennomføre en kartlegging av forurensningssituasjonen i Tromøysund. Fylkesmannen i Aust-Agder v/miljøvern avdelingen ønsket også en vurdering av situasjonen i sundet spesielt sett i lys av tilførsler av kommunal kloakk og sigevann fra den interkommunale fyllplassen i Heftingdalen.

### 2.2. Geografisk avgrensning.

Tromøysund avgrenses i sydvest av Skilsøpynten, i nordøst av enden av Tromøya.

### 2.3. Brukerinteresser.

Tromøysund er en trafikkert ferdselsåre i yrkesmessig sammenheng, men ikke minst som farvann for en meget betydelig lystbåtflåte. Det drives et betydelig fritidsfiske og noe yrkesfiske i sundet. Området er viktig som resipient for industrielt og kommunalt avløpsvann.

### 2.4. Tilførsler.

Det Norske Nitridaksjeselskap (DNN):

Verket som produserte aluminium, ble nedlagt for ca. 15 år siden. Det var også elektrodeproduksjon for eget bruk og for DNN Tyssedal. Det foregikk en såkalt steiking av elektroder. Dette medførte dannelse av bek i steikeriet som dels ble dumpet utenfor kaia, dels lagret i tønner og dumpet i nordøstre del av Tromøysund. Dykkere har funnet betydelig bektilgrising av sjøbunnen utenfor kaia. Deler av det gamle industriområdet ligger også på industrifyllingen. I Heggedalsbukta (og på selve industriområdet) er det deponert avfall, trolig mye ovnsbunner. Muligens er det også dumpet transformatorer.

Arendal Smelteverk A/S:

Verket produserer silisiumkarbid etter reaksjonen:

Kvartssand -----> Petrolkoks -----> Silisiumkarbid (SiC)

Bedriften produserte ca. 43.000 tonn SiC i 1989 som er 2000 tonn under. Det anvendes 800.000 kubikkmeter vann pr. år som prosessvann. Utslipp er 300-400 tonn SiC i året med en kornstørrelse mindre enn 10  $\mu\text{m}$  på 15 m dyp i Bekkevika og også noe jernoksyd i forbindelse med vasking av produktet. Verket hadde fram til 1987 også utslipp av grafitt. Det kjennes ikke til utslipp av miljøgifter.

Kommunal kloakk:

Tromøysund mottok kommunal kloakk fra i størrelsesorden 12-15.000 personer. Høsten 1990 ble imidlertid kloakkutslippene overført til renseanlegget ved Utnes, Hisøy. Ifølge Fylkesmannen i Aust-Agder v/Miljøvern avdelingen (E. Boman) er idag 2-3000 personer ikke tilknyttet ledningsnett. I tillegg anslås et utslipp via overløp fra pumpestasjonene

ved Skibvik, Havstad og Barbu fra ca. 1500 personer. Det understrekes at tallene er usikre.

#### Interkommunal søppelfyllplass:

Sigevann fra det interkommunale søppelanlegget i Heftingdalen blir ledet ut på 23 m i området ved Skibvig. Det foreligger ikke opplysninger om utslippsmengder på grunn av manglende vannføringsdata.

#### Småbåthavner:

Større båthavner kan medføre metallbelastning fra bunnstoff. Slike havner finnes i hovedsak i Songebukta, Saltrødbukta og Neskilen.

#### Plastbåtindustri:

Det er en vesentlig plastbåtindustri i området. I kontakt med SFT oppgis dette til trolig å representere et lite forurensningsproblem til vann.

### 2.5. Tidligere undersøkelser.

Hydrografiske/hydrokjemiske undersøkelser i Tromøysund er utført av Flødevigen i perioden 1975-79 (Dahl og Danielsen 1986). En preliminær undersøkelse av bløtbunnsfaunaen i sundet ble gjennomført av Wikander i 1983 (Wikander 1986a). I 1950 foretok konservator Knaben innsamling med skrape på flere lokaliteter i sundet. Materialet er oppbevart (Zoologisk museum, Oslo) og deler av det er bearbeidet.

I nordøstre del av sundet (ved Flosta) er bløtbunnsfaunaen undersøkt på to lokaliteter i forbindelse med egnethet for akvakultur (Wikander 1986b). I 1988 ble det ved undersøkelsene av virkninger av Chrysochromulina-oppblomstringen tatt en bløtbunnsstasjon ved Trollenes og foretatt registreringer av hardbunnsamfunn på Buøya og nordøst på Tromøy (Pedersen et al. 1989). Deler av undersøkelsene har vært gjentatt i 1989 og fortsetter i et kystovervåkingsprogram.

En orienterende undersøkelse av bunnsedimentene knyttet til DNN-avfall ble gjennomført i juni 1989. Den viste bl.a. at nær DNN-kaia var PAH-konsentrasjonene ca. 50 ganger bakgrunnsnivået, i Heggedalsbukta ca. 20 ganger.

### 2.6. Formål.

Undersøkelsen skal gi en beskrivelse av forurensningstilstanden i sundet. Resultatene skal også kunne danne grunnlag for en eventuell overvåking av området.

### 2.7. Delundersøkelser og generell bakgrunn.

Undersøkelsen består av fire delundersøkelser som hver tar for seg:

- Bunnsedimenter (miljøgifter, partikler, organisk innhold)
- Bløtbunnsfauna
- Hardbunnsamfunn (fjæresone, dykkertransekt)
- Miljøgifter i organismer

De enkelte delundersøkelsene vil belyse ulike sider ved forurensningssituasjonen. Ved valg av parametre og metodikk er det også tatt hensyn til mulig videre overvåking av forurensningsutviklingen.

Forurensinger er ofte knyttet til partikler. Disse vil både synke til bunns like ved utslippsstedet og transporteres over større områder. Måling av forurensende forbindelser i bunnsedimentene er derfor velegnet til å kartlegge spredning og angi forureningsgrad i resipienten.

Undersøkelsene av organismesamfunn (bløtbunnsfauna og hardbunnsamfunn) gir grunnlag for å beskrive effekter av forurensningene. De aller fleste naturlig forekommende arter er fastsittende på fjell eller gravende i bløtbunn og må derfor være tilpasset forholdene på stedet. Svært mange av artene er flerårige samtidig som de har bestemte krav til miljøet. Hvilke arter som finnes, deres innbyrdes mengdefordeling og de totale bestandstetthetene gir derfor et sammenfattende bilde av miljøforholdene. Bløtbunnsfauna og hardbunnsamfunn omfatter ulike områder og dyp av resipienten. De utfyller derved hverandre i beskrivelsen av miljøtilstanden.

Hvis det skjer gradvise forandringer i miljøet, vil også arts- og individsammensetningen i samfunnene endre seg. Forandringer i resipienten kan derfor overvåkes ved å undersøke samfunnene på faste lokaliteter over tid.

Undersøkelsen av bløtbunnsfauna vil først og fremst belyse virkninger av silisiumkarbidstøv (SiC) og kloakk/sigevann i resipienten. Silisiumkarbidstøv som avsettes på bunnen, vil endre sammensetningen av sedimentene og forandre livsmiljøet for bunnorganismene, mens kloakk/sigevann tilfører bunnområdene forhøyde mengder organisk stoff som krever oksygen ved nedbryting.

Undersøkelsene av hardbunnsamfunn vil også belyse virkninger av silisiumkarbidstøv og kloakk/sigevann, men konsentrert til grunne og strømrike områder. Mange hardbunnsorganismer er følsomme for nedslamming, mens endringer i vannmassenes næringssaltinnhold spesielt vil ha betydning for artsutvalg og mengdefordeling av fastsittende alger.

Undersøkelsene av miljøgifter i organismer vil vise i hvilken grad forurensende forbindelser opptas i organismer. Dette er spesielt viktig med sikte på å gi kostholdsråd til befolkningen.

### 3. MATERIALE OG METODER

#### 3.1. Sedimenter.

Hovedproblemstillingen for denne delundersøkelsen er å avklare omfang av eventuelle forurensninger knyttet til tilførsler fra sigevann fra Heftingdalen søppelfyllplass, DNN og industriavløp fra Arendal Smelteverk A/S.

Spesifikke mål for sedimentundersøkelsen er:

- Kartlegge utbredelsen av forurensningene
- Bedømme graden av påvirkning

Sedimentprøvene analyseres på innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB) i hovedsak for å spore eventuell påvirkning fra DNN og på jern, aluminium og silisium for å spore utslipp fra Arendal Smelteverk A/S. For å kartlegge den generelle miljøgifttilstanden analyseres det på bly, kobber, kvikksølv, sink, kadmium og heksaklorbenzen (HCB). Videre bestemmes innholdet av karbon og nitrogen for å spore eventuell organisk overbelastning.

##### 3.1.1. Prøvetaking.

Prøver av bunnsedimenter ble samlet inn 24.10.89 på 8 hovedstasjoner hvor det øverste 0-2 cm sedimentlaget ble analysert (figur 1). Prøvene ble samlet med en såkalt kjerneprøvetaker (Niemistö 1974). På stasjon 3 øst av Tromøybrua ble i tillegg sedimentlagene på 6-8 cm og 16-18 cm analysert (se toktrappert i Vedlegg 1) for nærmere beskrivelse). Resultater fra denne stasjonen vil derfor gi informasjon om historisk utvikling i belastning.

##### 3.1.2. Analyser.

Alle analysene er utført på totalfraksjonen. Separate prøver ble imidlertid våtsiktet for å bestemme prosent større/mindre enn  $63 \mu\text{m}$  (skille sand/silt). Prøvene ble analysert for innhold av total organisk karbon og nitrogen ved CHN-elementanalysator.

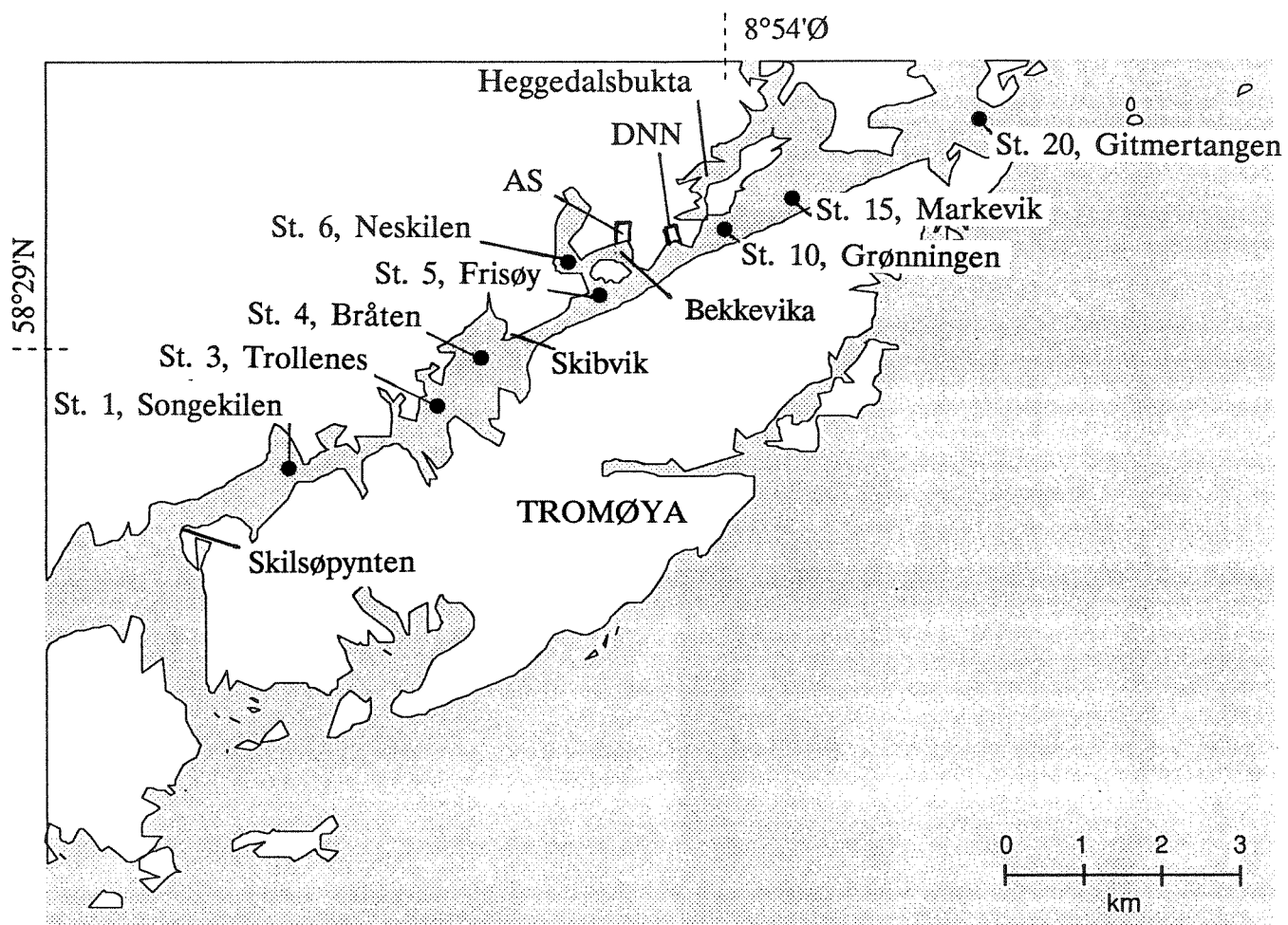
For bestemmelse av kvikksølv er prøvene oppsluttet i 1:1 salpetersyre (Norsk Standard 4768) og analysert på en P.E. Coleman-50 Hg-analysator. Jern, aluminium og silisium er bestemt ved hjelp av røntgen fluorescensspektrometri på Senter for Industrieforskning (SI). De andre metallene er analysert med atomabsorpsjonspektroskopi etter oppslutning i flussyre/kongevann.

For analyse av heksaklorbenzen ble sedimentet ekstrahert med en 1:1 blanding av cykloheksan og isopropanol. Ekstraktet ble injisert splittless på gasskromatograf med 30 m kapillarkolonne med i.d. 0.32 mm belagt med 0.1  $\mu\text{m}$  DB-5. EC-detektor ble benyttet. Identifisering og kvantifisering ble gjort ved hjelp av eksterne standarder. Multilevel kalibrering ble benyttet.

For bestemmelse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ble 0,5-5 g frysetørket sediment tilsatt deutererte PAH som indre standarder og ekstrahert med cyklohexan i Soxhlet i 8 timer. Etter tørking med natriumsulfat ble ekstraktvolumet redusert før rensing på silikagel deaktivert med 15 % vann. Cyklohexan benyttes som elueringsmiddel. Ekstraktvolumet reduseres så til 0,1-2 ml før analyse.

PAH analyseres på gasskromatograf utstyrt med splitløs injektor og kapillarkolonne. Gasskromatografen er tilkoblet en masseselektiv detektor innstilt i SIM slik at PAH

identifiseres ut fra molekylionene og retensjonstid. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.



Figur 1. Lokalisering av stasjoner for sedimentundersøkelser.

AS : Arendal Smelteverk A/S

DNN : Det Norske Nitridaksjeselskap

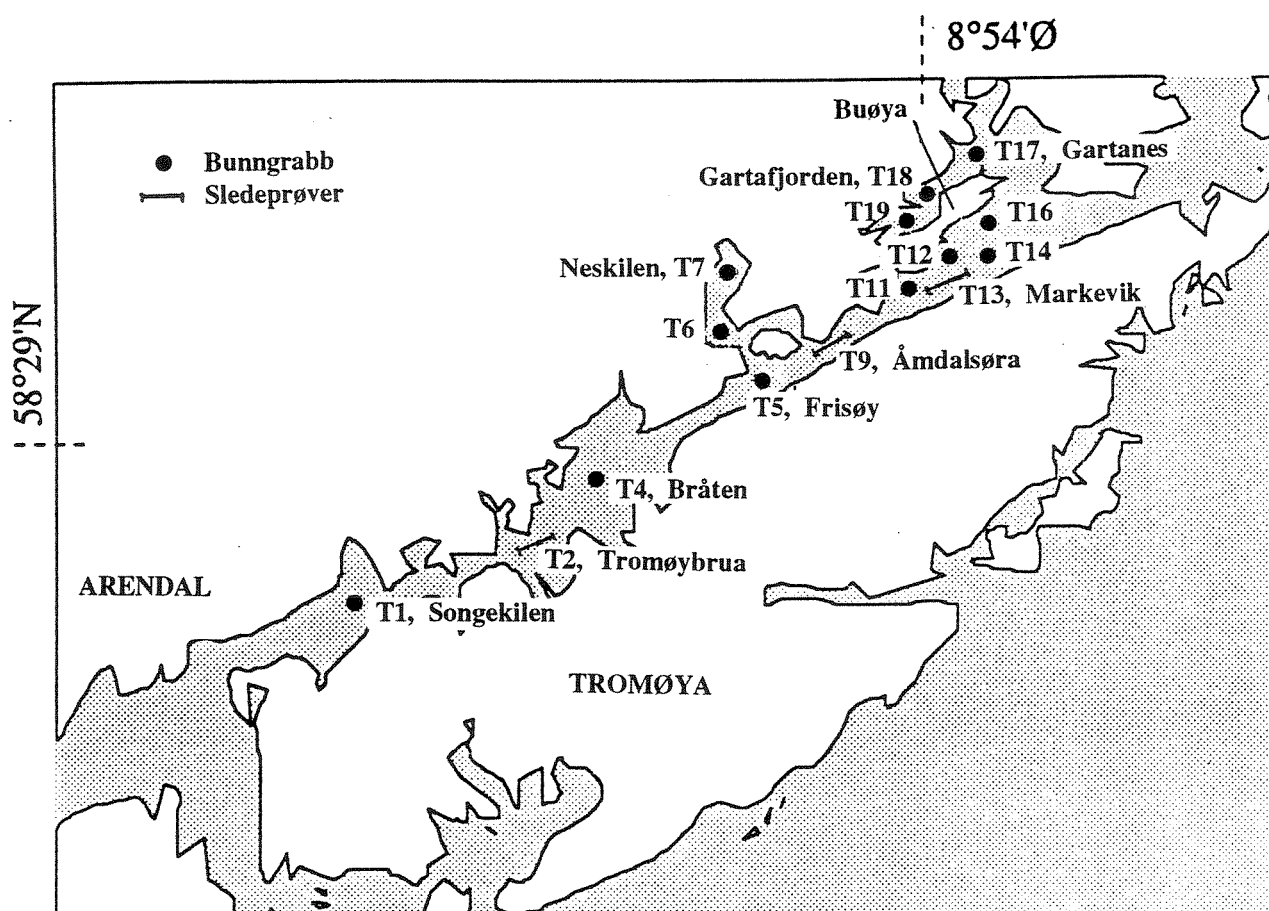
### 3.2. Bløtbunnsundersøkelser.

Formålet med delundersøkelsen er å beskrive miljøtilstanden i resipienten og gi datagrunnlag for senere overvåking. Gode tilstandsbeskrivelser forutsetter at det innsamles data fra flest mulig prøvestasjoner slik at gradienter i området kan klarlegges. Ved overvåking stilles det større krav til presisjon i datamaterialet for hver lokalitet, slik at små, men ofte meningsfulle forandringer kan oppdages. I denne undersøkelsen er det benyttet både bunnslede og grabb ved prøvetakingen. Alle stasjoner som skal kunne tjene til senere overvåking, er prøvetatt med bunngrabb ('kvantitative' prøver), og det er tatt flere paralleller.

#### 3.2.1. Valg av stasjoner.

Prøvetakingsstasjonene er vist på figur 2. Prøvetaking med bunngrabb ble foretatt på fire hovedstasjoner (T1, T4, T5, T14) nær størstedypene i dypområder langssetter sundet. I Neskilen (T6, T7) og omkring Buøya (T11, T12, T16-T19) ble det tatt enkeltprøver med bunngrabb for å klarlegge tilstanden i nærområdene til DNN og Arendal Smelteverk A/S.

På tre lokaliteter ble det tatt prøver med bunnslede (T2, T9, T13). Lokalitetene ligger på sand- og grusbunn på rygger mellom dypbassengene. Sledeprøvene gir gode data for artsriktighet og gir derved utfyllende informasjon om miljøtilstanden i Tromøysundet.



Figur 2. Lokalisering av stasjoner for bløtbunnsfauna.

### 3.2.2. Prøvetaking.

Prøvetakingen ble foretatt 16. oktober 1989 fra F/F "H.H. Gran". Et uhell med prøvene fra stasjon T4 førte til at disse måtte kastes. Stasjonen ble prøvetatt på nytt 26. september 1990.

De kvantitative prøvene ble samlet med en 0.1 m<sup>2</sup> 'Petersen'-type bunngrabb. På hver av hovedstasjonene (T1, T4, T5, T14) ble det tatt fire parallelle prøver. Disse ble slått sammen i den videre bearbeidelsen av materialet. På de øvrige grabbstasjonene ble det tatt en prøve.

På alle stasjonene ble det foretatt en visuell beskrivelse av sedimentets tilstand. Spesielt ble sedimentets farge og eventuell lukt av hydrogensulfid notert.

Sledeprøvene ble tatt med en forstørret 'Ockelmann'-type slede. Denne har form som en flat ramme og skraper av det øverste laget av bunnsedimentet. Sleden ble trukket en lengde av 300-500 m.

### 3.2.3. Bearbeiding av bunnprøvene.

Prøvene ble siktet på 5 og 1 mm sikter og siktematerialet konserverert i 4 % nøytralisert formaldehydløsning. I laboratoriet ble dyrene sortert fra siktematerialet, identifisert og telt. Materialet er oppbevart på 70 % etanol.

På grunnlag av artslistene og de enkelte artenes individtall i prøvene ble matematiske mål for artsmangfold beregnet. Artsmangfold er en viktig parameter for karakterisering av miljøtilstand.

### 3.2.4. Tallbehandling.

Det er benyttet to mål for å uttrykke artsmangfold (diversitet) i dyresamfunnet:

Shannon-Wiener indeks (H'). Indeksens verdi avhenger av artstall og artenes individtall. Verdien øker ved økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Høyt artsmangfold, som gjenspeiler gode miljøforhold, representeres ved verdier > 3.1. Indeksens minimumsverdi er null.

Hurlbert's funksjon. Denne uttrykker prøvens artsmangfold som en funksjon av antall arter plottet mot antall individer. Høyt artsmangfold gir kurver som stiger bratt i diagrammet. Rygg (1984) har utarbeidet et standarddiagram for inndeling av kurvene i klasser basert på undersøkelser i en rekke norske fjorder. Tolkning basert på denne funksjonen kan derfor settes i en større sammenheng.

Fra Hurlberts funksjon er det også beregnet en indeks,  $E(S_{100})$ , som gir forventet antall arter ved 100 individer. Ved gode forhold skal indeksverdien (antall arter) overstige 20.

De matematiske formlene for indeksene er gitt i Vedlegg 7 hvor metodene også er nærmere beskrevet.



### 3.3. Hardbunnsundersøkelser.

Også hardbunnsundersøkelsene har vært lagt opp med sikte på å gi grunnlag for tilstandsbeskrivelse og overvåking. Data som skal kunne benyttes ved senere overvåking er registrert ved dykking og dokumentert ved fotografier.

#### 3.3.1. Valg av stasjoner.

Prøvetakingsstasjonene er vist på Figur 3. Det ble valgt ut 6 stasjoner langsetter Tromøysund. Stasjonene ble valgt slik at de skulle være mest mulig like med hensyn på skråning, himmelretning, etc. Den nøyaktige plasseringen ble først foretatt etter befarings i området. Alle stasjonene var sørvendte, med unntak av stasjon Frisøy som lå nordvendt på nordsiden av Frisøya. Mangel på egnede sørvendte lokaliteter i dette området førte til at denne lokaliteten ble valgt som representant for dette området.

#### 3.3.2. Prøvetaking.

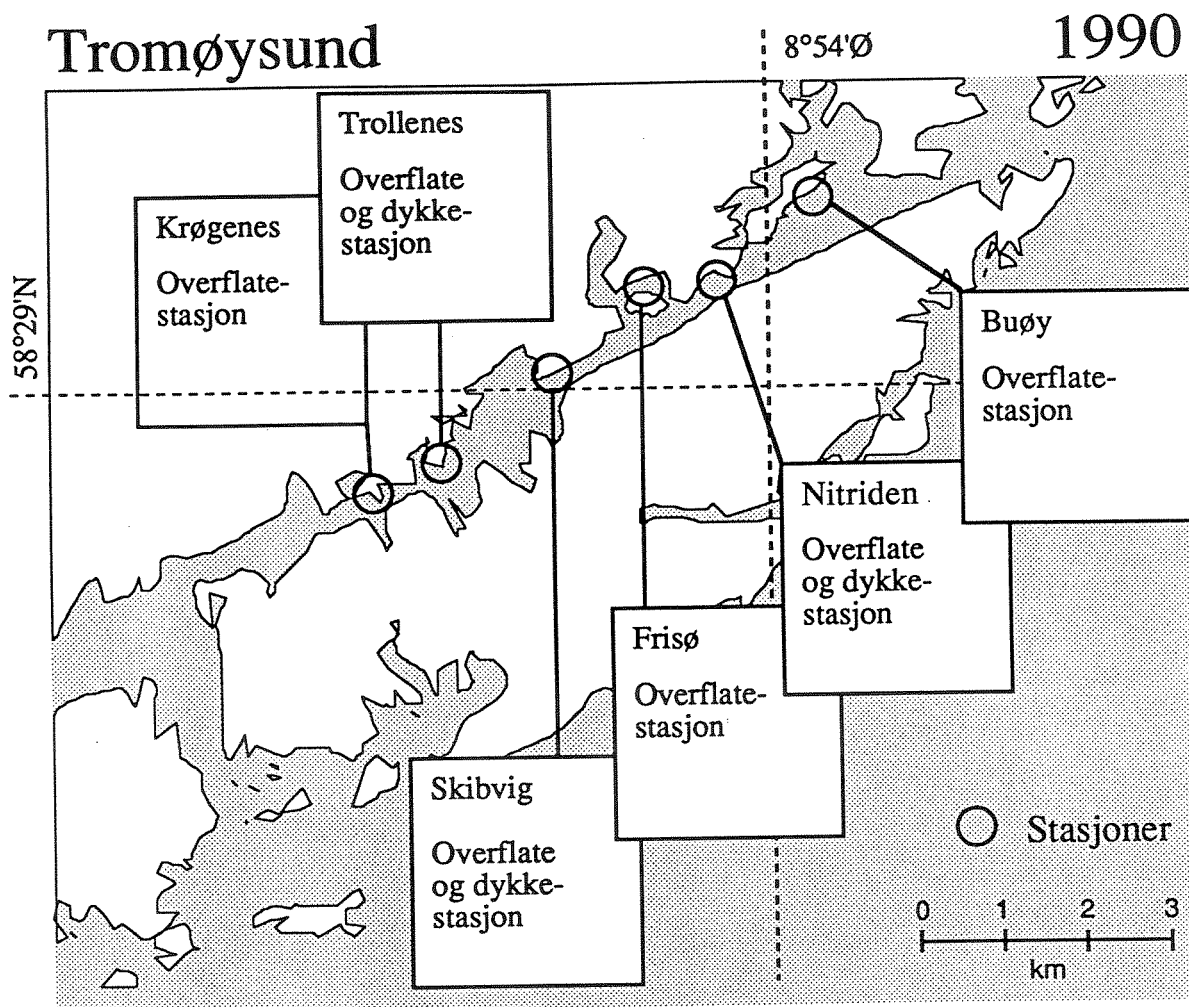
Registreringsarbeidet ble gjennomført den 24. og 25. august 1990. Tre metoder ble benyttet i registreringsarbeidet:

1. Registrering av makroskopiske alger og dyr over en 20 m bred strandlinje i 0 - 2 m dyp. Metoden innebærer registrering ved fridykking i maksimalt 20 min. Registreringen er kvalitativ og delvis kvantitativ ved at artenes forekomst ble angitt etter en subjektiv skala fra 1 til 4 (1=enkeltpunkt, 2=spredt, 3=vanlig, 4=dominerende).
2. Vertikaltransekt med registrering av dominerende alger og dyr ned til maksimalt 20 m dyp. Det dykkes langs en linje rett ut fra stranden, og alger og dyr registreres kvalitativt og kvantitativt ved at forekomst angis etter en subjektiv skala fra 1 til 4 (som ovenfor). Registreringen forgår ved at dykkeren har telefonforbindelse med en assistent på land som fører nøyaktige registreringsskjemaer. Som en ekstra sikkerhet blir telefonsamtalene også tatt opp på lydbånd. Transektets startpunkt avmerkes (avfotografes) og himmelretning noteres, slik at det er mulig å repetere transektdykket ved en senere anledning eller som ledd i en overvåking.
3. Fotodokumentasjon av bunnforhold og dominerende alger og dyr langsetter dykketransektet. Under dykkerregistreringen ble bunnen fotografert på faste og på tilfeldig valgte dyp. Avfotograferte dyp var 18m, 15m, 13m, 10m, 7m, 5m, 4m, 2m, 1m og 1/2m. Det ble tatt tre bilder på hvert dyp.

Metode 1 ble gjennomført på alle stasjoner. Metode 2 og 3 ble utført på stasjonene Trollenes, Skibvig og Nitriden.

#### 3.3.3. Tallbehandling.

På vertikaltransektene er organismesamfunnet i ulike dyp sammenlignet innen og mellom stasjoner. Sammenligningen er foretatt ved å beregne den såkalte 'Czekanowski' similaritetsindeks. Prøvene sammenlignes to og to. Indeksen tar verdier mellom 0 og 1, verdien blir 1 for prøver som er identiske og 0 for prøver som er helt ulike, dvs. ikke har noen felles arter. Formelen for indeksen er gitt i Vedlegg 7.



Figur 3. Lokalisering av stasjoner for fjæreundersøkelser og dykkertransekter.

### 3.4. Miljøgifter i organismer.

Formålet med denne del av undersøkelsen har vært å bruke fisk og skalldyr som indikatorer på tilstanden i de deler av Tromøysundet som er antatt mest belastet fra tidligere eller fremdeles eksisterende forurensningskilder. Som referanseområder er benyttet tilsvarende arter samlet på åpen kyst på utsiden av Tromøya.

Indikatororganismer for bunnforholdene og bunnvannmassene har vært skrubbeflyndre (Platichthys flesus) eller sandflyndre (Limanda limanda), samt taskekrabbe (Cancer pagurus), mens det for overflatevannets kvalitet er benyttet blåskjell (Mytilus edulis).

Analysene omfatter metaller, tjærestoffer (polysykliske aromatiske hydrokarboner = PAH) og klororganiske forbindelser (deriblant PCB). Blant kildene er dumpsteder og avfallsdeponier for det tidligere DNN-smelteverket viktigst for mulig tilførsel av PCB (fra gamle kondensatorer eller transformatorer) og PAH.

#### 3.4.1. Prøvetaking.

På grunn av vanskeligheter med å skaffe materiale fra alle ønskede steder, er prøvene innsamlet over et lengre tidsrom: august 1989 - juni 1990, for det meste desember 1989 - mars 1990. Disse vanskeligheter er også årsaken til at sandflyndre delvis har måttet benyttes istedetfor skrubbe eller rødspette, som har mer kjente og likeartede akkumuleringsegenskaper. Delvis sparsomt materiale har gjort at polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) bare er analysert i filet av fisk, ikke også i lever.

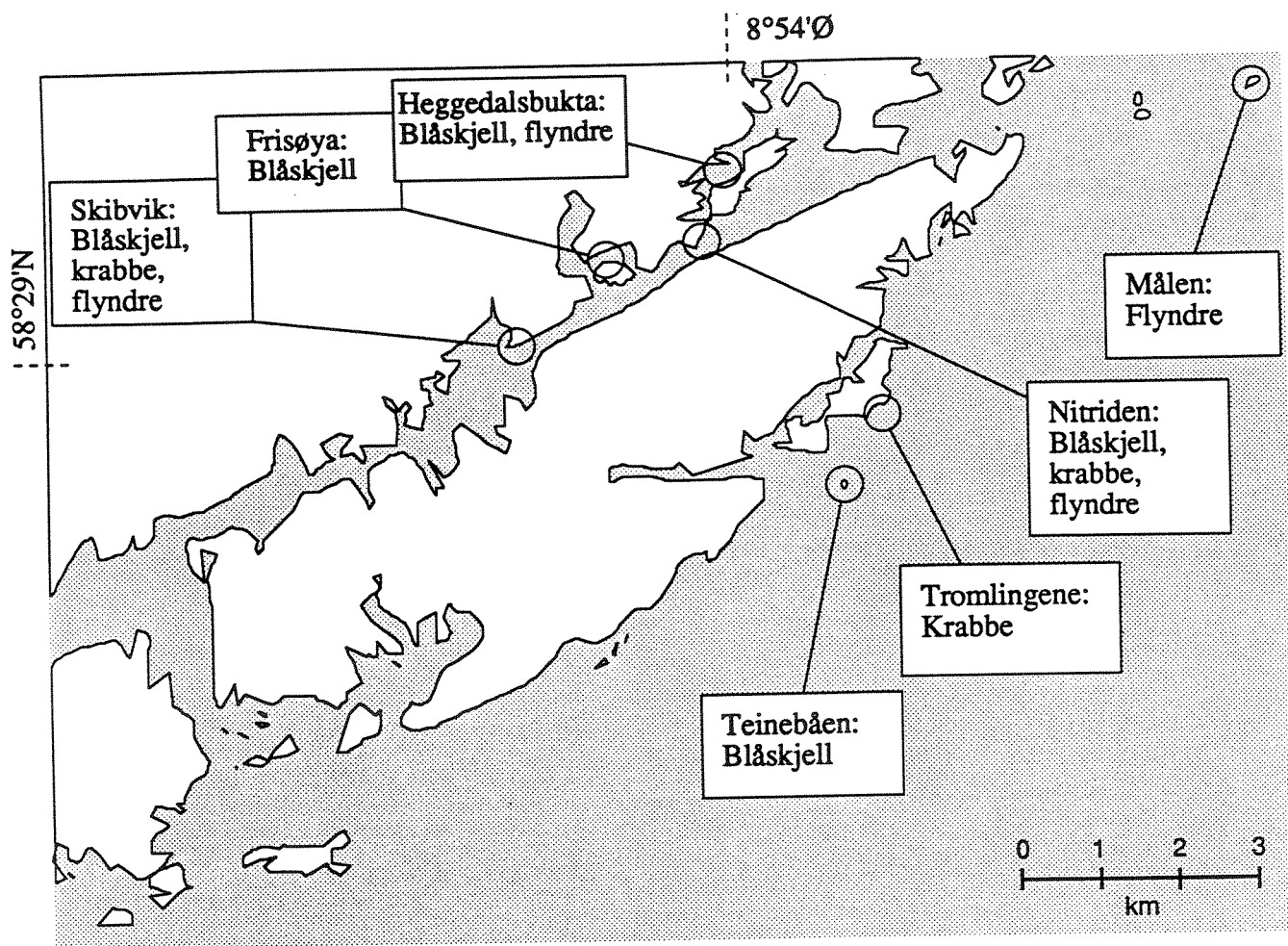
Av blåskjell er det analysert blandprøver av ca. 50 skjell av størrelse stort sett 5 - 6 (4 - 7) cm fra følgende steder (fig. 4): Heggedalsbukta (Breivika/Buøya) 19/3-90, Nitriden 17/3-90, innenfor Frisøya mars/april 1990, Skibvika 7/3-90 og Teinebåen 20/6-90.

Av krabbe er analysert blandprøver av 7 - 10 stk. (begge fra stasjonene: Nitriden august 1989, Skibvika desember 1989, Tromlingene januar 1990. (Fra områdene ved Frisøya og i Heggedalsbukta lyktes det ikke å få tak i krabber).

Skrubbe/sandflyndre er samlet inn fra:

- Heggedalsbukta (bare sandflyndre (7 stk. 23 - 32 cm/115- 405 g).
- Nitriden (2 skrubbe, 29 - 32 cm/289 - 340 g, 7 sandflyndre, 27 - 30 cm, 215 - 305 g).
- Skibvika (6 skrubbe, 19 - 25 cm/70 - 185 g, 11 sandflyndre, 24 - 34 cm/130 - 410 g).
- Målen (2 skrubbe, 35 - 36 cm/470 - 530 g, 8 sandflyndre 22 - 31 cm/110 - 360 g).

Alle fiskene hadde normalt utseende.



Figur 4. Stasjoner for prøver til analyse av miljøgifter i organismer.

### 3.4.2. Analyser.

Blåskjellene er analysert både på metaller, PAH og klororganiske stoffer; fisken på kvikksølv, klororganiske forbindelser og PAH i filet, øvrige metaller i lever. Av krabbene ble det laget blandprøver av "krabbesmør" (hepatopaneas = fordøyelseskjertelen), som er den mest fettrike bestanddelen av skallinnmaten, og analysert på klororganiske forbindelser og metaller.

Prøvene er oppbevart nedfryst, tint opp for opparbeidelse og igjen nedfryst før analyse.

PAH ble analysert på gaskromatograf utstyrt med splitless injektor og kapillarkolonne. Gaskromatografen var tilkoblet en masseselektiv detektor innstilt i SIM, slik at PAH ble identifisert ut fra molekylionene og retensjonstid. Kvantifisering ble utført v.h.a. de tilsatte indre standarder. Ekstraksjonen fra homogenisert prøve tilsatt denterte PAH som indre standarder foretas i henhold til Grimmer og Böhnke (1975) eller modifisert etter Broman et al. (1990) (bruk av toluen istedetfor aceton som ekstraksjonsmiddel).

Ved bestemmelsen av klororganiske stoffer ristes vått materiale i en Erlen-Meyerkolbe med en blanding av syklohexan og isopropanol (1+1). Etter henstand dekanteres klarfasen over i en skilletrakt og ekstraksjonen gjentas. Det samlede ekstraktet i skilletrakten tilsettes destillert vann, slik at vann/isopropanol kan tappes av. Etter vasking av syklohexan med destillert vann, blir ekstraktet tørket og inndampet til tørrhet for bestemmelse av fettinnhold. For videre analyse veies en del av fettut, løses i litt syklohexan og renses ved behandling med konsentrert svovelsyre og alkoholisk lut.

Før analysen på GC/ECD blir ekstraktet tilsatt tetraklornaftalen og oktaklornaftalen som indre standarder. Ved analysen bestemmes 8 PCB- forbindelser. Disse er PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 153, PCB 138, PCB 180 og PCB 209. I tillegg bestemmes pentaklorbenzen (5- CB),  $\alpha$ -heksaklor-cyklohexan ( $\alpha$ -HCH), oktaklorstyren (OCS), Lindan (Y- HCH), heksaklorbenzen (HCB), p,p-DDE og p,p-DDD. Identifisering og kvantifisering blir utført v.h.a. av et eget dataprogram som er lagt inn i GC-systemets PC.

En blindprøve opparbeides og analyseres på samme som for prøven.

Prøvene til metallanalyse er analysert ved atomabsorpsjonsspektrometri etter oppslutning med salpetersyre. Forbehandlingen har vært etter Norsk Standard NS 4780 1. utg. 1988 og sluttbestemmelsen etter NS 4770, 4773 (1. utg. mai 1980), 4780, 4781 (1. utg. juni 1981). Kvikksølv reduseres med tinnklorid til elementær form, oppkonsentreres på gullfelle og analyseres ved kalddamp atomabsorpsjon (NS 4768, 1. utg. feb. 1989).

## 4. RESULTATER

### 4.1. Sedimentundersøkelser.

Alle rådata fra sedimentanalysene er gitt i Vedlegg 3.

#### 4.1.1. Kornfordeling og organisk innhold i sedimentene.

Tromøysund er et område med varierende topografi med relativt strømrige rygger og dypere partier hvor partikler sedimenterer. Sedimentenes beskaffenhet vekslet derfor mellom anoksisk mudder (i Neskilen ) til sandig sediment. Tabell 1 gir en oversikt over sedimenttype på de forskjellige stasjonene.

Tabell 1. Prøvetakingslokaliteter med innhold av finstoff (% <math>< 63 \mu\text{m}</math>), organisk karbon (TOC, %), totalt nitrogen (TN, %) og karbon til nitrogenforholdet (C/N) i de øverste 2 cm av sedimentet.

St.	Beliggenhet	Utseende	% <math>< 63 \mu\text{m}</math>	TOC	TN	C/N
1	Songekilen	Mudderblandet leire	88	7.4	0.6	13.2
3	Trollenes	Mudderblandet leire	100	6.9	0.7	10.1
4	Bråten	Sandig silt	49	3.7	0.4	10.3
5	Frisøy	Sandig silt	49	3.6	0.3	11.9
6	Neskilen	Anoksisk mudder	100	8.4	0.3	25.5
10	Grønningen	Sandig silt	37	3.3	0.2	17.1
15	Markevik	Leire	-	-	-	-
20	Gitmertangen	Leire	98	4.5	0.5	9.4

Den prosentvise andelen av finstoff, det vil si kornstørrelse mindre enn  $63 \mu\text{m}$  (0.063 mm), varierte fra 37 % i det sandholdige sedimentet på stasjon 10 ved Grønningen til 100 % i sedimentet fra Trollenes og i det anoksiske mudderet i Neskilen. I området ved stasjon 4 (Bråten) var det betydelige forskjeller i sedimentbeskaffenhet over korte avstander. To prøver fra samme lokalitet varierte fra sandig silt med noe grus til organisk-holdig leirsediment (se feltrapport). De mest finkornige partiklene er gjerne forbundet med høy konsentrasjon av organisk materiale slik at sedimenter med stor andel finstoff, også vil ha høyest innhold av organisk karbon. Organisk karbon konsentrasjonene på de forskjellige stasjonene varierte derfor med laveste verdi på 3.3 % ved Grønningen til 8.4 % i Neskilen. Det er vanlig å observere 1-5 % organisk karbon i marine sedimenter (organisk innhold fåes grovt ved å multiplisere karbonkonsentrasjonen med 2). I tillegg til stasjonen i Neskilen, var derfor sedimentene ved Songekilen og ved Trollenes organisk anrikt med karbonkonsentrasjoner på henholdsvis 7.4 og 6.9 % . De andre stasjonene hadde verdier i den øvre delen av normal-variasjonen.

I marine sedimenter hvor det organiske materiale i hovedsak skyldes tilførsler av dødt plankton, er gjerne forholdet mellom organisk karbon og totalt nitrogen (C/N-forholdet) 6-10. I Tromøysund var det kun stasjon 20 ved Gitmertangen som hadde et forholdstall lavere enn 10 (9.4). Spesielt skilte stasjonene i Neskilen, ved Grønningen og ved Songekilen seg ut med verdier på henholdsvis 25.5, 17.1 og 13.2. Det viser at disse stasjonene lokalt var påvirket av organisk materiale fra avrenning fra land (relativt sett nitrogenfattig organisk materiale). Ellers sedimenterer trolig organisk materiale fra Nidelva i sundet og gir opphav til C/N-verdier noe høyere enn i områder kun med plankton som karbonkilde til sedimentene.

#### 4.1.2. Metaller i sedimentene.

Fjordområder som Tromøysund påvirket av generell menneskelig aktivitet vil naturlig ha metallkonsentrasjoner i sedimentene høyere enn i helt upåvirkede lokaliteter. Slike konsentrasjoner betegnes gjerne bakgrunns- eller normalverdier i områder med kun diffus påvirkning. Metallkonsentrasjoner utover dette skyldes direkte tilførsler som f.eks. fra industri, søppelfyllplasser osv.

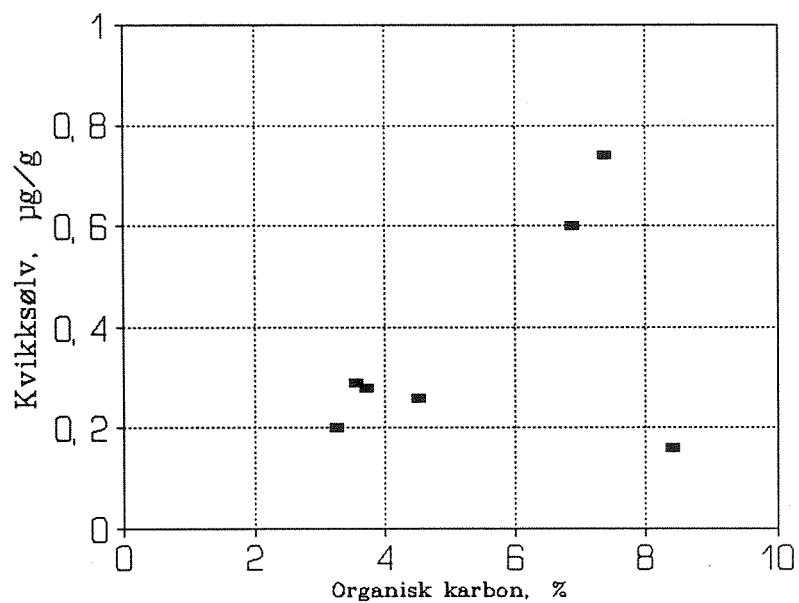
Generelt var sedimentene i Tromøysund lite/svakt til moderat påvirket av bly, sink, kobber, kadmium og kvikksølv. Tabell 2 angir overkonsentrasjoner, det vil si målt verdi dividert med "bakgrunnskonsentrasjon" for de forskjellige lokalitetene.

Tabell 2. Overkonsentrasjoner (dvs. målt verdi dividert med bakgrunnsverdi) av bly (Pb), sink (Zn), kobber (Cu), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) i overflatesedimentene (0-2 cm).

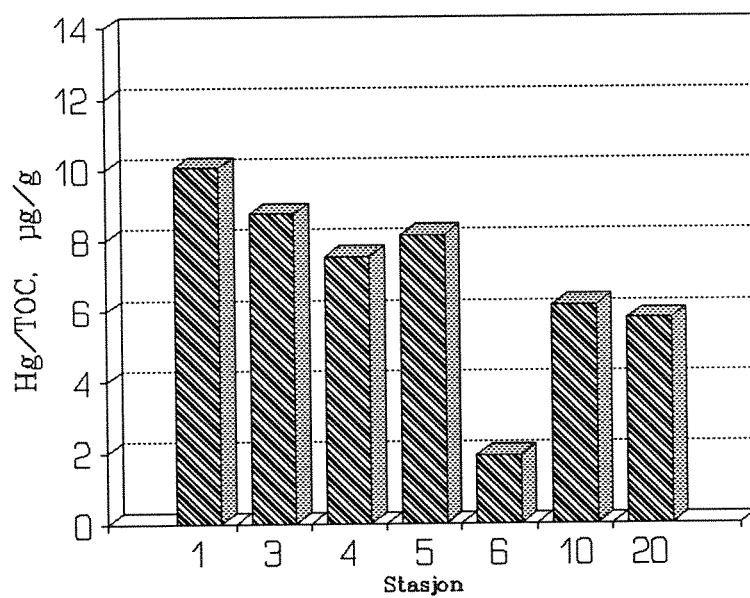
St.	Beliggenhet	Pb	Zn	Cu	Cd	Hg
1	Songekilen	4	3	3	1	7
3	Trollenes	3	2	3	1	6
4	Bråten	2	1	2	2	3
5	Frisøy	2	1	1	1	3
6	Neskilen	1	2	2	3	2
10	Grønningen	1	1	1	1	2
20	Gitmertangen	2	1	1	2	2

De høyeste verdiene (bortsett fra kadmium) ble generelt målt ved Songekilen og Trollenes med henholdsvis 7 og 6 ganger bakgrunn for kvikksølv.

Organisk materiale har sterk evne til å binde til seg metaller (Cato 1990). Variasjoner i organisk innhold i sedimentene kan derfor medføre forskjeller i metallinnhold mellom stasjoner som ikke kun skyldes forskjeller i belastning. Figur 5 viser samvariasjon mellom kvikksølv og organisk karbon på prøvetakings-lokalitetene. Det var en meget god sammenheng bortsett fra på st. 6 i Neskilen. De relativt høye kvikksølvkonsentrasjonene i sedimentene ved Songekilen og Trollenes kan skyldes at dette er områder med sedimentakkumulasjon. I Neskilen var sedimentet sterkt anrikt av organisk materiale (anoksisk) som også i stor grad skyldes avrenning fra land (høyt C/N-forhold). Dette kan forklare avviket fra samvariasjonen med kvikksølv vist i figur 5



Figur 5. Sammenheng mellom kvikksølv og organisk karbon i overflatesedimentene (0-2 cm).



Figur 6. Organisk karbon (TOC)-normaliserte kvikksølv (Hg)-konsentrasjoner i sedimentene (0 - 2 cm).



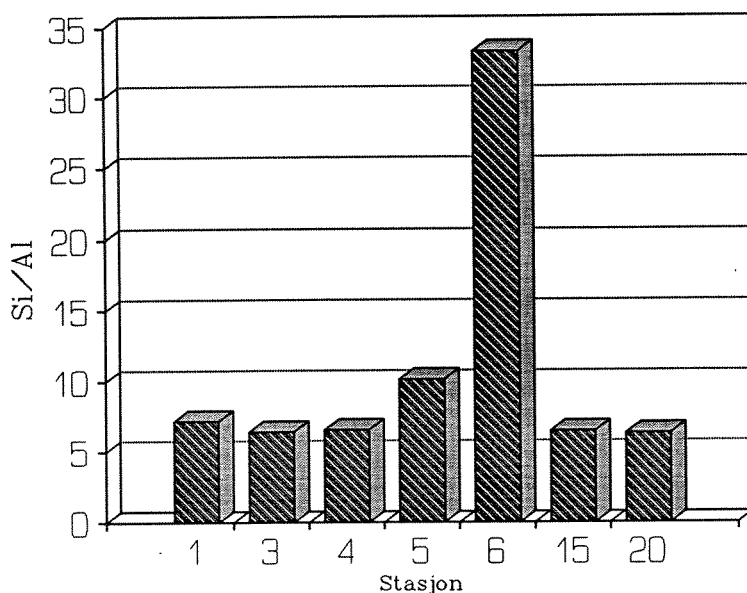
Metallkonsentrasjonene kan "normaliseres" ved å dividere på verdiene for organisk karbon. Figur 6 viser dette for kvikksølv. Bortsett fra stasjonen i Neskilen (st.6) indikerer figuren at det er en nær dobbelt så stor belastning av kvikksølv på sedimentene ved Songekilen som ved nord-øst enden av Tromøya.

Sedimentene i Tromøysund (bortsett fra i Neskilen) inneholdt ca. 6-10  $\mu\text{g}$  kvikksølv pr. gram organisk karbon. Til sammenligning var de tilsvarende konsentrasjonene 30-60 i det øvre sedimentlaget (0-2 cm) i Grenlandsfjordene utenfor Frierfjorden og 6-30 i Langesundsbukta (Næs og Oug 1991).

På stasjon 3 ved Trollenes ble det i tillegg analysert prøver fra 6-8 og 16-18 cm sedimentdyp. Man kan anta at sedimentlaget vokser med ca. 3-5 mm pr. år. Analysene på denne stasjonen vil derfor gi informasjon om tidutvikling over de siste ca. 50 år selv om dette modifieres noe av gravende organismer som omvelter sedimentet. Bortsett fra for kadmium og kvikksølv, var det små forskjeller mellom de forskjellige sedimentlagene. Konsentrasjonen av kvikksølv økte imidlertid fra 0.60  $\mu\text{g/g}$  i de øvre 2 cm til 2.43  $\mu\text{g/g}$  (bakgrunn 0.1  $\mu\text{g/g}$ ) i 16-18 cm dyp (svarende til 38  $\mu\text{g Hg/g TOC}$ ) og kadmium fra 0.18 til 0.33  $\mu\text{g/g}$  (bakgrunn 0.1  $\mu\text{g/g}$ ). Det var kun små forandringer i innholdet av organisk karbon. Disse resultatene tyder på at det tidligere har vært en større belastning av spesielt kvikksølv på sedimentene.

Sedimentene i området ble analysert på innhold av silisium (Si) spesielt for å spore utslipp av silisiumkarbid fra Arendal Smelteverk A/S. Naturlig forekommer silisium i gitterstrukturen i leirmineraler og sandpartikler. I 85 prøver av kvartær leire i Sør-Norge er et gjennomsnittsinhold på 24 % silisium målt (Roaldset 1972). I normale sedimenter i Sørfjorden (Hardanger) var konsentrasjonen 28 % (Skei 1975) og i Bolstadfjorden 25 % (Taylor 1973). I Tromøysundområdet variete innholdet fra 14 % ved Trollenes til 37 % i Neskilen. Ved Frisøya var konsentrasjonen 31 % . Ut fra dette var verdiene innenfor et "normalområde". Siden silisium er bundet til leirpartikler, vil silisiumkonsentrasjonen variere avhengig av leirmengden i sedimentet. Sedimentene ble derfor også analysert på aluminiumsinnhold som er et mål for mengden av leire. I de samme kvartære leirene som nevnt ovenfor var aluminiumsinnholdet 8.7 %, 7.3 % i Sørfjordsedimenter med ca. 1 % organisk karbon og 6.6 % i Bolstadfjorden. I Tromøysund var aluminiumsinnholdet fra 1.1 % i de mest organiskholdige sedimentene i Neskilen til 3.1 % i nordøst-enden av sundet.

For å beskrive belastningen av silisiumkarbidutslippene på sedimentene er konsentrasjonene normalisert til aluminium (figur 7). Silisium/aluminiumsforholdet i de kvartære leirene var 2.8 og 3.8 i Sørfjorden og Bolstadfjorden. Dette viser at stasjonen i Neskilen, som også ligger nær Arendal Smelteverk A/S, er sterkt påvirket av silisiumkarbidutslippene, og at stasjonen ved Frisøya er markert til moderat påvirket. Denne stasjonen hadde lavest finstoffprosent (49%) og dermed et relativt sandig sediment. Dette vil også medføre høyere Si-konsentrasjoner uavhengig av utslippet fra smelteverket. På de andre stasjonene kan silisiumtilførslene spores, men påvirkningen er relativt liten.



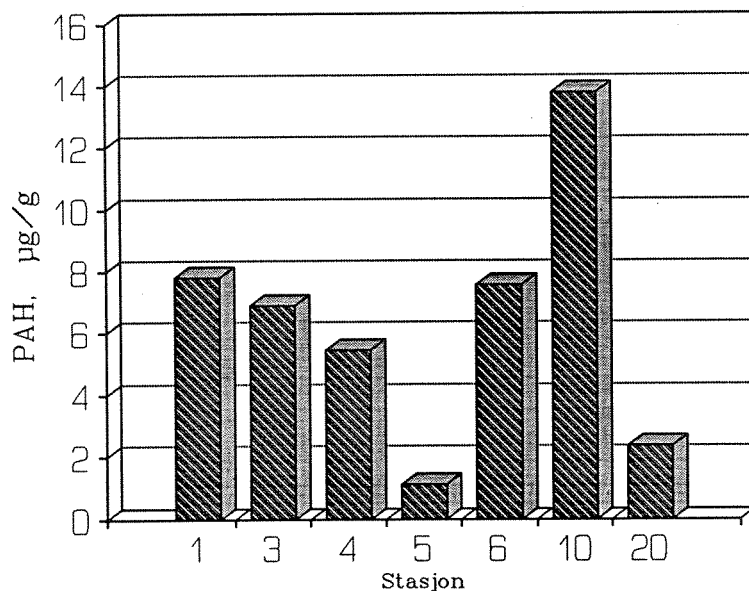
Figur 7. Silisium (Si) til aluminium (Al)-forholdet i sedimentene (0-2 cm).

#### 4.1.3. Innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentene.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale. I områder uten punktkilder er det vanlig å observere en bakgrunnsverdi på opptil  $0.5 \mu\text{g/g}$  sediment. Denne bakgrunnsverdien skyldes f.eks. veislitasje, utslipp i forbindelse med boligoppvarming, biltrafikk osv. PAH kan også dannes i anoksiske sedimenter. Konsentrasjoner utover bakgrunn i norske fjorder skyldes gjerne utslipp fra smelteverk hvor organisk karbon inngår i elektrodene eller i produktfremstillingen.

En fremstilling av PAH-konsentrasjonen i overflatesedimentene (0-2 cm) er gitt i figur 8. De polysykliske aromatiske hydrokarbonene referer seg strengt tatt til forbindelser med tre eller flere ringstrukturer, det vil si fenantren og tyngre forbindelser. I figur 8 er også noen disykliske og heterosykliske forbindelser (se rådata) inkludert. Disse utgjør imidlertid en liten del, mindre enn 10 % av den totale summen.

Det var kun stasjonen ved Frisøya som hadde en konsentrasjon ned på bakgrunnsnivå. En så lav verdi her kan skyldes dels at den ligger i et relativt strømrøkt område (49 % finstoff) og dels at sedimentene har vært påvirket av silisiumkarbidutslipp. Sistnevnte vil virke fortynnende på PAH-konsentrasjonen. Høyeste verdi på nær 30 ganger bakgrunnsverdi ble målt på stasjon 10 nær Nitriden. Denne observasjonen er i overensstemmelse med resultater fra den orienterende sedimentundersøkelsen i 1989 (Næs 1989, vedlegg 2) hvor  $24.9 \mu\text{g/g}$  ble målt i samme område. Forskjellen på  $13.8 \mu\text{g/g}$  målt i denne undersøkelsen og  $24.9 \mu\text{g/g}$  målt i den orienterende prøvetakingen i samme område, illustrerer også at det er betydelige forskjeller over små avstander. Dette kan skyldes den varierende topografien i Tromøysund.



Figur 8. PAH-innhold ( $\mu\text{g/g}$ ) i sedimentene (0-2 cm) (noe di- og heterosykliske forbindelser er inkludert, se tekst).

Selv om PAH-verdier på  $25 \mu\text{g/g}$  sum PAH er sterk forurensning, er det ofte vanlig å observere mer enn  $100 \mu\text{g/g}$  i nærområdene til smelteverk i norske fjorder (Næs og Oug 1991, Næs og Rygg 1988, 1990).

Også på stasjonene nærmere Arendal (st. 1, 3, 4) ble det målt relativt høye PAH-konsentrasjoner med verdier 10-15 ganger over bakgrunnsnivået. Det er vanskelig å konkret peke på årsaken til de forhøyede verdiene, men området har og har hatt diverse industri samt at sundet er en sterkt trafikert ferdselsåre for skipstrafikk. Det er utført målinger av PAH i nedfallsstøv fra Arendal Smelteverk A/S ved en anledning over en månedsperioder (NILU v/L. O. Hagen). PAH-konsentrasjonen var betydelig lavere enn ved aluminiumsverk. Datagrunnlaget er imidlertid ikke tilstrekkelig til å konkludere om dette har betydning for PAH-innholdet i Tromøysundet.

Som for metaller, ble stasjonen ved Trollenes (st. 3) analysert for PAH-innhold i 6-8 og 16-18 cm nivået i sedimentet. Konsentrasjonen økte fra  $6.9 \mu\text{g/g}$  i overflaten (0-2 cm) til  $31.5 \mu\text{g/g}$  i 16-18 cm nivå og illustrerer en betydelig påvirkning på sundet tidligere. Dette er naturlig ut fra at aktiviteten ved Nitriden var høyest for en del år tilbake.

PAH-profilen, det vil si den relative sammensetningen av de enkelte forbindelsene, var en typisk forbrenningsprofil dominert av tyngre forbindelser som fluoranten, pyren, trifenylen/chrysen og benzo(a,e)pyren. Prosentandel potensielt kreftfremkallende PAH varierte fra ca. 30 til 50 som ofte er vanlig med smelteverkspåvirkede sedimenter (Næs og Oug 1991). Stasjon 6 i Neskilen avvok vesentlig fra dette og var dominert av fluoranten og pyren med en potensielt kreftfremkallende PAH andel på 2 %. Det er vanskelig å forklare denne profilen, men det kan skyldes påvirkning av PAH fra oljespill o.l. samt også at dette var anoksiske sedimenter.

#### 4.1.4. Innhold av polyklorerte bifenyler (PCB) i sedimentet.

Polyklorerte bifenyler er syntetiske organiske forbindelser som har hatt stor anvendelse i industrien helt siden begynnelsen av 1930-årene (transformatorolje, kondensatorvæske, tilsetningsstoffer i maling osv.). PCB er en blanding av bifenyler med forskjellig kloreringsgrad. På grunn av PCB-forbindelsenes fettløslighet vil de kunne akkumuleres f.eks. i fiskelever. PCB regnes som en farlig miljøgift på grunn av stoffenes innvirkning på reproduksjon, immunsystem og kan gi opphav til nevrologiske forstyrrelser.

Det foreligger en rekke data for PCB i det marine miljø. Et problem er imidlertid at noen laboratorier analyserer samtlige forbindelser, mens andre velger de mest fremtredende (f.eks. "the seven Dutch" som i denne undersøkelsen). Sistnevnte oppfordres det nå internasjonalt til å inkludere.

Undersøkelser fra Nordsjøen og Skagerrak på sum av tre utvalgte PCBer (PCB 138, 153 og 180) i sedimenter viste følgende (Lohse 1988):

Sørlige Nordsjøen:	0.01-6.8 ng/g (tørt sediment)
Nordlige Nordsjøen:	1.05-2.26 ng/g
Skagerrak:	0.5-28 ng/g.

Resultatene viser at det er betydelig spredning i konsentrasjoner som i stor grad kan skyldes varierende sammensetning av sedimentet (partikkelstørrelse, organisk innhold o.s.v.)

Analyser av total PCB i 13 norske fjordsedimenter i perioden 1976-1977 varierte mellom 10 og 470 ng/g (Skei 1978). Disse prøvene ble tatt i fjordområder med betydelig forurensning fra befolkning og industri (kvaliteten på resultatene kan være varierende). I sedimenter fra Sørfjorden ble det nylig målt konsentrasjoner som sum av 10 forbindelser på 0.16-32.2 ng/g (Skei og Klungsøyr 1990).

Konsentrasjonene i overflatesedimentene i Tromøysund varierte fra 2.9 ved Gitmertangen til 32.4 ng/g ved Bråten., tabell 3.A

I forbindelse med utarbeidelse av sedimentkvalitetskriterier har Knutzen og Skei (1990) vurdert sedimenter med total PCB-verdier lavere enn 5 ng/g som lite eller ubetydelig berørt, 5-25 ng/g som moderat belastet, 25-100 ng/g som markert og større enn 100 ng/g som sterkt forurenset. De syv analyserte forbindelsene i tabell 3.A utgjør ca. 50% av total PCB slik at ved klassifisering av sedimentene i den orienterende undersøkelsen, må total PCB-konsentrasjonene multipliseres med 2. Ut fra dette var verdiene i Neskilen og ved Gitmertangen normal, mens stasjonene ved Bråten, Trollenes og Songekilen må klassifiseres som markert påvirket.

Tabell 3. Innhold av PCB-forbindelser i overflatesedimentene (0-2 cm) i ng/g tørrstoff.

A: Denne undersøkelsen,

B: Orienterende sedimentundersøkelse 1989.

A

St. Beliggenhet	PCB-28	-52	-101	-118	-153	-138	-180	Sum
1 Songekilen	<1,0	<1,0	2,2	<1,0	3,6	5,8	1,5	14,6
3 Trollenes	<0,7	<0,7	6,2	<0,7	4,2	7,5	1,4	20,4
4 Bråten	<0,5	2,8	5,4	3,8	5,8	8,0	6,3	32,4
6 Neskilen	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2	1,7	<1,2	5,3
20 Gitmertangen	<0,7	<0,7	0,7	<0,7	<0,7	0,8	<0,7	2,9

B

St Beliggenhet	Total PCB
10 Grønningen	92
15 Markevik	24
Heggedalsbukta	40

Sammenlignes det med den orienterende sedimentundersøkelsen fra 1989 (Næs 1989), tabell 3.B, viser resultatene at området ved Markevik er moderat belastet, mens sedimentene ved Grønningen og Heggedalsbukta er markert påvirket. Resultatene i tabell 3.B angir "total PCB".

Resultatene antyder at hovedpåvirkningen av PCB på sedimentene kommer fra Nitriden, men eventuelle påvirkninger fra sigevann fra Heftingdalen kan ikke ekskluderes.

Sedimentene ble også analysert på innhold av heksaklorbenzen (HCB). I alle prøvene var konsentrasjonene på bakgrunnsnivå, 0.5 ng/g.

#### 4.1.5. Sammenfattende vurdering av sedimentundersøkelsen.

Resultatene har vist at sedimentene ved Songekilen, Trollenes og i Neskilen er organisk belastet. Spesielt gjaldt dette i Neskilen hvor det var anoksisk mudder. Organisk materiale har stor evne til å binde til seg forurensninger. Moderat forhøyede metallkonsentrasjoner ved Songekilen og Trollenes med opptil syv ganger høyere konsentrasjoner enn normalt for kvikksølv ved Songekilen, skyldes dels organisk anriking, dels høyere belastning enn andre deler av Tromøysund.

Det ble målt høye konsentrasjoner av PAH ved Nitriden med opptil 25-50 ganger bakgrunnsverdi. Det var forhøyede PAH-verdier i hele Tromøysund, 10-15 ganger mere enn normalt ved Songekilen.

Utslipp av silisiumkarbidstøv fra Arendal Smelteverk A/S kan spores i hele sundet. Stasjonen i Neskilen var sterkt påvirket, den ved Frisøya markert/moderat påvirket, mens det var moderat til svak påvirkning i de andre områdene.

I området ved Bråten og nær Nitriden var sedimentene markert forurenset av PCB.

Tidligere var belastningen av bly, kadmium og PAH på sedimentene høyere enn under dagens påvirkning.

Resultatene viser at det ikke skjer direkte utslipp av miljøgifter til sjø fra Arendal Smelteverk A/S.

Hovedkilden for tilførsler av PCB til sundet er trolig Nitriden, men påvirkning fra sigevannet fra Heftingdalen kan ikke utelukkes.

## 4.2. Bløtbunnsundersøkelser.

### 4.2.1. Bunnforhold.

På de fleste grabbstasjonene var det normalt bløtt siltig bunnsediment (Tabell 4). Dette ga gode prøver, bortsett fra på stasjon T12 (Saulholmene) hvor det var fast sand og grabben bare tok en liten prøve. I Neskilen var sedimentet sort og luktet sterkt av hydrogensulfid.

På stasjon T17 (Gartanes) var det fjell og stein som gjorde prøvetaking umulig.

Sledeprøvene fra stasjonene T9 og T13 ble tatt på rygger med grovt bunnsediment hvor det tydeligvis er god strøm ned til bunnen. I prøvene var det mye slagg og koks som stammer fra tidligere dampskipsfart.

Tabell 4. Data for bunnfaunaprøvene: dyp, antall prøver, gjennomsnittlig fyllingsgrad i grabben og beskrivelse av bunnsediment.

Stasjon	Dyp	Antall prøver	Fyllingsgrad	Sedimentbeskrivelse
T 1	26	4	3:4	Silt og fin sand med innslag av sagflis.
T 4	47	4	1:1	Grå silt med litt sand.
T 5	40	4	1:1	Grå silt.
T 6	15	1	1:1	Blåsvart til olivengrønt mudder, litt grus. Sterk lukt av hydrogensulfid.
T 7	13	1	1:1	Blåsvart til olivengrønt mudder. Sterk lukt av hydrogensulfid.
T 11	23	1	1:2	Siltig skjellsand.
T 12	10	1	1:6	Mørk fast sand.
T 14	46	4	3:4	Grå silt.
T 16	37	1	3:4	Grå silt.
T 17	24	-	-	Fjell og stein, ingen prøve.
T 18	20	1	1:1	Grå silt.
T 19	13	1	1:1	Mørk silt, svak lukt av hydrogensulfid.

#### 4.2.2. Artsmangfold og artssammensetning.

I grabbprøvene var det varierende arts- og individtall (Tabell 5). De fleste stasjonene var dominert av små børstemark eller slangestjerner (Tabell 6) som er normalt i finkornede bunnsedimenter. I Neskilen hvor forholdene var dårlige, var en stasjon uten dyreliv. Det var også en svært fattig fauna innerst i Gartafjorden. Fullstendige artslistene er gitt i Vedlegg 4.

Tabell 5. Prøveareal, antall arter, individtall og individtetheter på alle stasjoner. Diversitetsindekser:  $H' = \text{Shannon-Wiener indeks} (\log_2)$ ,  $E(S_{100}) = \text{Hurlberts funksjon}$ .

Stasjon	Areal	Arter	Ind.	Ind/m <sup>2</sup>	H'	E(S <sub>100</sub> )
T 1 Songekilen	0.4	28	216	540	3.34	20.06
T 4 Bråten	0.4	6	37	93	1.51	-
T 5 Frisøy	0.4	35	162	405	4.16	28.24
T 6 Neskilen ytre	0.1	0	0	0	-	-
T 7 Neskilen indre	0.1	2	2	20	1.00	-
T 11 Blegsund	0.1	19	99	990	2.69	19.07
T 12 Saulholmene	0.1	37	134	1340	3.93	30.86
T 14 Skoddevigen	0.4	43	263	658	3.46	25.70
T 16 Stølene	0.1	26	94	940	3.59	26.83
T 17 Gartanes	-	-	-	-	-	-
T 18 Gartafjorden	0.1	18	107	1070	2.47	17.46
T 19 Gartafjorden	0.1	7	13	130	2.66	-

Tabell 6. Individttetheter (ind/m<sup>2</sup>) for de viktigste artene i bunnfaunaprøver i Tromøysund 1989/1990. Alle arter med individtall > 10 ind/0.4 m<sup>2</sup> (hovedstasjoner) eller 4 ind/0.1 m<sup>2</sup> (enkeltprøver) er tatt med.

Stasjon	T 1	T 4	T 5	T 7	T 11	T 12	T 14	T 16	T 18	T 19
<b>NEMERTINEA (båndmark)</b>										
Nemertinea ind.	10	-	5	-	-	50	8	10	-	-
<b>POLYCHAETA (mangebørstemark)</b>										
Brada villosa	3	-	25	-	-	-	20	30	-	-
Chaetozone setosa	-	-	3	-	-	120	3	10	30	-
Diplocirrus glaucus	-	-	5	-	-	20	8	40	-	-
Goniada maculata	3	-	10	-	10	10	25	30	10	-
Maldane sarsi	-	65	25	-	-	10	-	-	-	-
Mediomastus fragilis	120	-	-	-	-	30	-	-	-	-
Prionospio cirrifera	-	-	-	-	60	10	3	10	-	-
Prionospio malmgreni	-	-	13	-	130	260	15	70	10	30
Prionospio multiobranchiata	-	-	-	-	-	-	5	40	20	-
Scoloplos armiger	-	-	-	-	-	360	-	-	-	-
Spio filicornis	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-
<b>GASTROPODA (snegl)</b>										
Philine aperta	15	-	-	-	50	60	-	-	20	30
<b>BIVALVIA (muslinger)</b>										
Mysella bidentata	30	-	38	-	-	-	3	50	590	-
Thyasira flexuosa	178	-	3	-	-	20	3	10	10	-
Thyasira sarsi	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>OPHIUROIDEA (slangestjerner)</b>										
Amphiura chiajei	13	-	100	-	30	-	188	340	30	-
Amphiura filiformis	38	-	35	-	520	-	218	110	190	10
<b>ECHINOIDEA (sjøpinnsvin)</b>										
Echinocardium cordatum	25	-	10	-	10	40	8	10	-	20



Tabell 7. De viktigste artene i bunnslede-prøver fra Tromøysund 1989.  
Alle arter som hadde mer enn 10 individer i en prøve er vist.

Stasjon	T 2	T 9	T 13
<b>POLYCHAETA (mangebørstemark)</b>			
<i>Capitella capitata</i>	69	2	-
<i>Chone</i> sp	10	-	-
<i>Euchone papillosa</i>	10	-	-
<i>Harmothoe</i> cf. <i>fragilis</i>	-	34	25
<i>Lanassa venusta</i>	53	-	-
<i>Nereimyra punctata</i>	-	15	24
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	70	-	-
<i>Pectinaria koreni</i>	14	-	-
<i>Polyphysia crassa</i>	12	3	1
<i>Sphaerodorum gracilis</i>	2	15	4
<b>GASTROPODA (snegl)</b>			
<i>Alvania beanii</i>	-	-	10
<i>Jujubinus clelandi</i>	-	15	11
<i>Philine aperta</i>	73	-	1
<b>POLYPLACOPHORA (skall-lus)</b>			
<i>Leptochiton asellus</i>	-	186	135
<b>BIVALVIA (muslinger)</b>			
<i>Corbula gibba</i>	74	-	-
<i>Hiatella arctica</i>	-	5	18
<i>Modiolus phaseolinus</i>	-	7	16
<i>Nuculoma tenuis</i>	83	-	-
<b>CRUSTACEA (krepsdyr)</b>			
<i>Diastylis bradyi</i>	33	-	-
<i>Galathea intermedia</i>	-	11	20
<i>Pandalina brevirostris</i>	1	14	8
<b>SIPUNCULIDA (pølseormer)</b>			
<i>Phascolion strombi</i>	11	-	-
<b>BRACHIOPODA (armføttinger)</b>			
<i>Crania anomala</i>	-	5	40
<i>Terebratulina caputserpentis</i>	-	7	25
<b>ECHINODERMATA (pigghuder)</b>			
<i>Ophiopholis aculeata</i>	-	6	15
<i>Ophiothrix fragilis</i>	-	2	12
<i>Echinus</i> cf. <i>esculentus</i>	-	-	11
<b>ASCIDIACEA (sekkedyr)</b>			
Ascidiacea ind.	-	17	9

Alle sledeprøvene var arts- og individrike. På stasjon T2 ved Tromøybrua var det svært mye rørbyggende børstemark i prøvene. På de to andre stasjonene dominerte arter av bløtdyr og pigghuder som oftest finnes på fast bunn på strømrrike steder (Tabell 7). Fullstendige resultater fra sledeprøvene finnes i Vedlegg 4.

#### 4.2.3. Vurdering av lokalitetene.

Utenfor Songekilen (stasjon T1) var det litt lave arts- og individtall (Tabell 5). Artsmangfoldet var normalt (Figur 9, Tabell 5), men stasjonen var dominert av arter som har høy toleranse for organisk belastning. I sedimentet var det sagflis tilstede. Faunaen indikerer påvirkning av organiske tilførsler, men stasjonen er ikke overbelastet.

Det var også tydelige tegn til organisk belastning på stasjon T2 ved Tromøybrua. Sledeprøven var relativt artsrik, men flere av de dominerende artene er kjent å opptre tallrikt i organisk overbelastede miljøer, gjerne på grensen mot råttne bunn. Det gjelder f.eks. børstemarkene Capitella capitata, Ophiodromus flexuosus og Pectinaria koreni og muslingen Corbula gibba.

I dypbassenget like østenfor (stasjon T4) var det svært få arter og lave individtall i prøvene. Også artsamangfoldet var lavt. Den eneste arten som fantes i noe antall, børstemarken Maldane sarsi, er normalt mest tallrik på noe sandholdige bunner på dypt vann utenfor kysten eller i fjorder. Arten synes ikke spesielt ømfindelig for forurensning (Rygg 1986), selv om den helst opptrer i uforurensede miljøer.

Resultatet tyder på at forholdene på denne lokaliteten ikke var normale. Sedimentprøvene (se kap. 4.1. og toktrapport i Vedlegg 1) viste at det var store variasjoner i sedimentet over korte avstander. Muligens kan det opptre perioder med oksygenvikt i vannmassene. Dahl og Danielsen (1986) målte i dette dypbassenget så lave oksygenverdier som 1.5 ml/l i 35/40 m dyp.

Utenfor Frisøy (stasjon T5) var det normale artstall, men litt lave individtall i prøvene. Artsmangfoldet var normalt. Forholdene på lokaliteten synes gode, og det kan heller ikke pekes på noe spesielt som kan tilskrives utslippene fra Arendal Smelteverk A/S.

I Neskilen (stasjon T6 og T7) var det dårlige forhold med så godt som død bunn. Sterk lukt av hydrogensulfid i sedimentet tyder på at området er overbelastet av organiske tilførsler, men det er sannsynlig at silisiumkarbidstøv fra smelteverket også er medvirkende til de dårlige forholdene. Svært få arter vil kunne klare både kritiske oksygenforhold og sterk partikkelsedimentering. Normal bunnfauna vil utøve en aktivitet som omlagrer og 'lufter' sedimentet.

Sledeprøvene ved Åmdalsøra (stasjon T9) og Markevik (stasjon T13) var artsrike og tyder på gode forhold. I begge områder var det høyt innhold av arter som normalt finnes på strømrrike steder. Også prøvene fra stasjon T14 var artsrike og indikerte gode forhold.

Enkeltprøvene tatt nærmere land ved Buøya ga litt ulike resultater. Utenfor Blegsund (stasjon 11) var det noe nedsatt artstall og artsamangfold. Det var mye slangestjerner, men ingen muslinger i prøven. Dette kan indikere en påvirkning, men bare en prøve er for lite grunnlag til å kunne vise dette. De to andre prøvene, stasjonene T12 og T16 var begge artsrike, men forskjellige i sammensetning. I hovedsak skyldes dette at T12 var tatt på et sandbunnsområde.

I Gartafjorden var det innerst ganske dårlige forhold. Prøven (stasjon T19) inneholdt bare noen få arter. Forholdene bedret seg vesentlig til stasjon T18 men også denne hadde nedsatt artsamangfold.

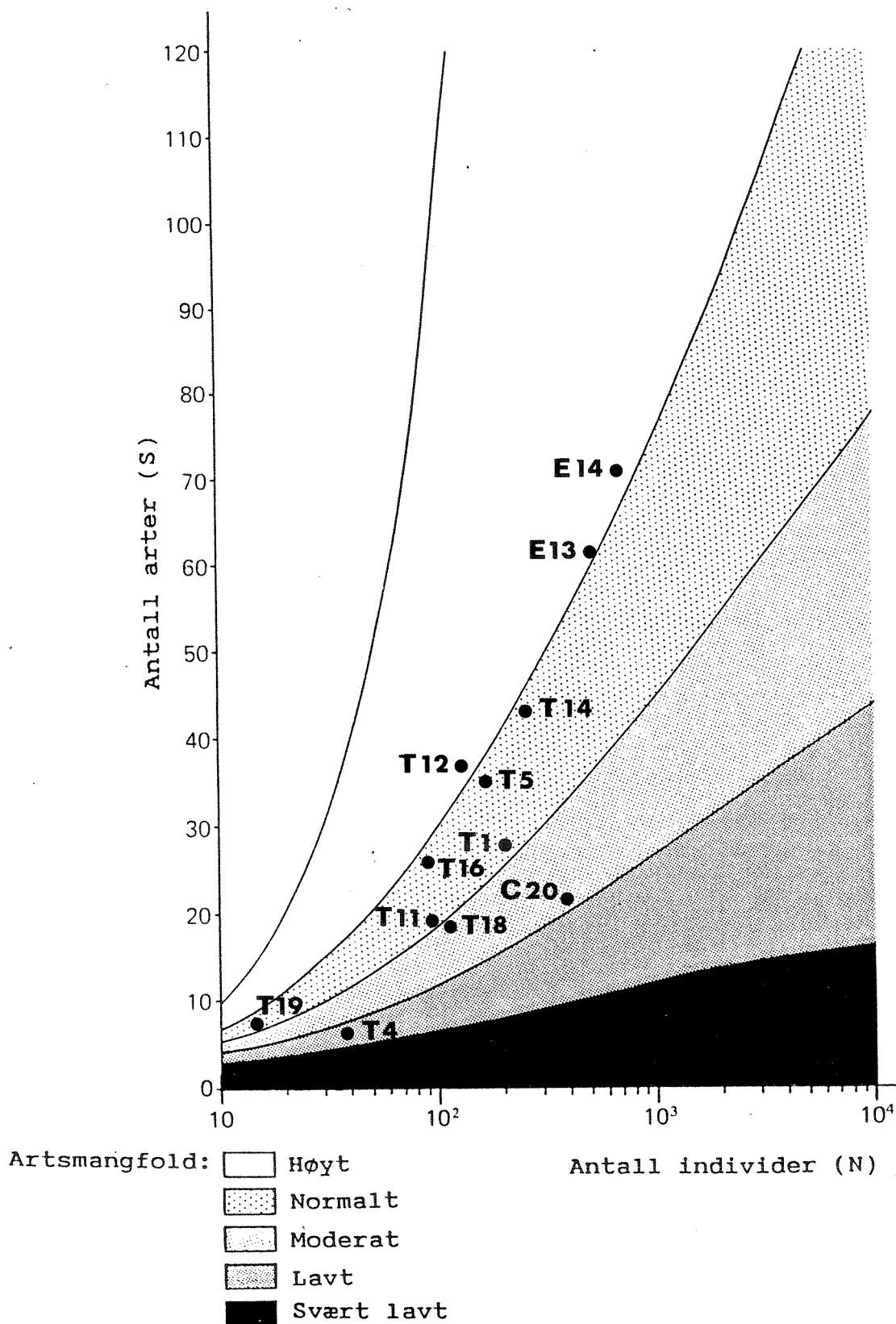
#### 4.2.4. Sammenfattende vurdering.

Undersøkelsen viser at det var gode forhold i store deler av Tromøysundet. Det var svært dårlige forhold i Neskilen og også dårlige forhold innerst i Gartafjorden. I disse områdene er det åpenbart dårligere vannutskiftning enn i sundet ellers, men dette gjør dem spesielt sårbare for forurensninger.

I vest ved Tromøybrua og mot Arendal var det effekter av organiske tilførsler. Dette ble også vist for en bunnfaunastasjon ved Trollenes nokså nær T2 prøvetatt i november 1988 (stasjon C20: Figur 9) (Pedersen et al. 1989). Det var heller ikke normale forhold i dypbassenget ved Trollenes, muligens som følge av oksygensvikt i vannmassene.

I øst var forholdene generelt gode. Det var normal fauna på alle stasjoner langs settet sundet. Også på to stasjoner som ble prøvetatt i 1985, henholdsvis øst for Buøya og utenfor Narestø (E13, E14: Figur 9), var det gode forhold (Wikander 1986b).

Det kunne ikke påvises noen spesielle effekter av silisiumkarbidstøvet fra Arendal Smelteverk A/S, men det kan ha ført til en forverring av forholdene i områder som var belastet på annen måte. Like ved utslippet i Bekkevika ble det imidlertid ikke tatt prøve. Her er bunnen sterkt påvirket (se toktrapport i Vedlegg 1, st. 8). Det synes heller ikke å være noen betydningsfulle effekter som kan knyttes til den gamle DNN-fyllingen. På de to nærmeste stasjonene, T19 i Gartafjorden og T11 utenfor Blegsund, var det ikke normale forhold, men undersøkelsen har ikke kunnet klargjøre hvorvidt dette har sammenheng med fyllingen.



Figur 9. Artsmangfold for bunnfaunaprøvene - forholdet mellom artstall og individtall plottet i et generelt klassifiseringssystem basert på Hurlbert's funksjon. Grovt sett indikeres gode forhold ved sektorene for høyt og normalt artsomfang, dårlige forhold ved lavt artsomfang. Stasjonene T6, T7 og T17 er ikke vist. Stasjon C20 (prøvetatt 1988) fra Pedersen et al. (1989), E13 og E14 (prøvetatt 1985) fra Wikander (1986b). Diagrammet er etter Rygg (1984).

### 4.3. Hardbunnsundersøkelser.

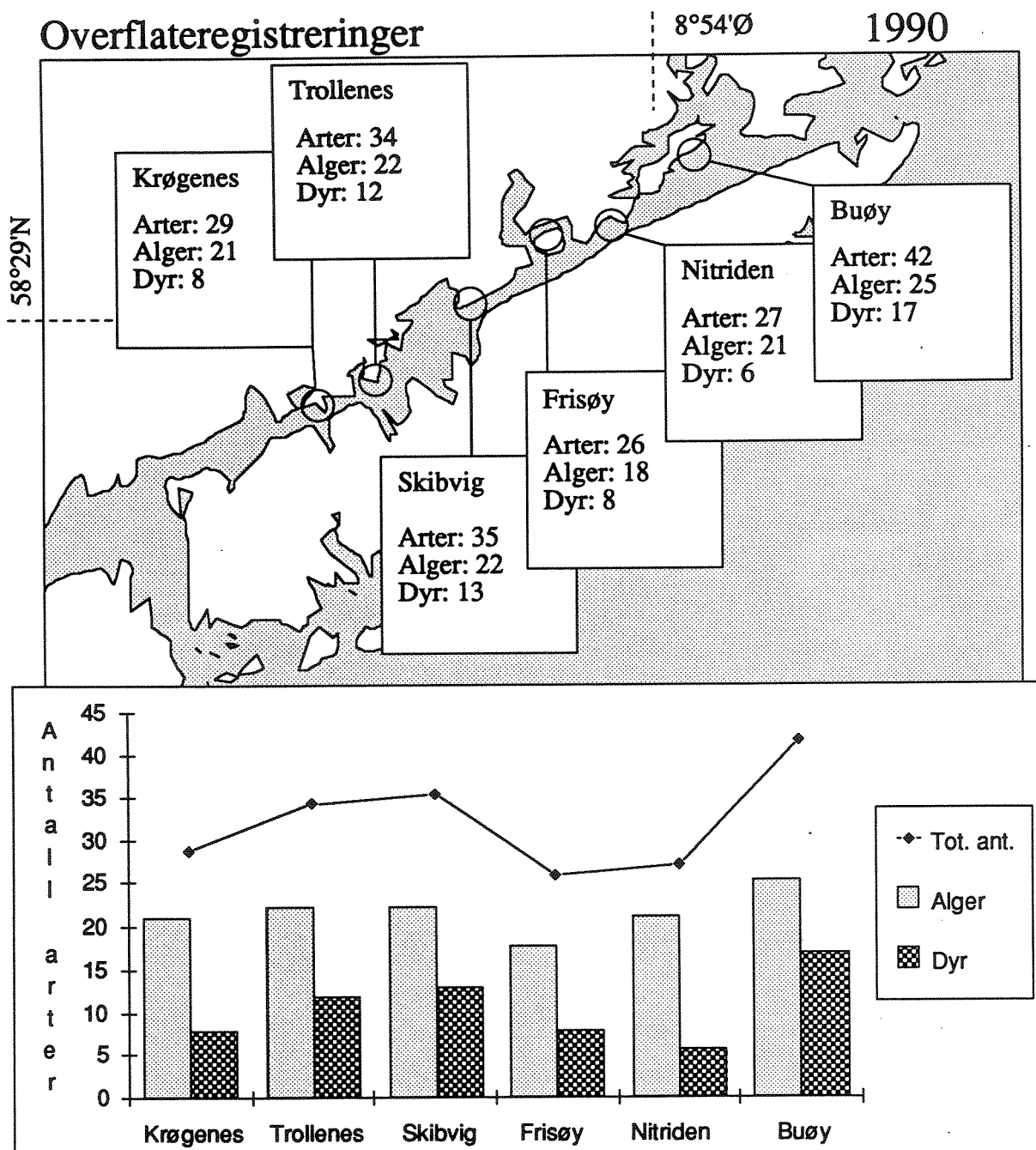
#### 4.3.1. Overflatestasjoner.

Antall registrerte arter, alger og dyr, er presentert i Figur 10. Høyest artsantall ble funnet på Buøy (42) og dernest Skibvig (35) og Trollenes (34). Lavest artsantall ble funnet på Frisøy (26) og Nitriden (27). Spesielt varierte antall dyr i fjæresonen sterkt, fra 17 arter på Buøy til 6 arter ved Nitriden. Krøgenes hadde også få dyr i fjæresonen (8). I tillegg til få arter var deres forekomst liten. Vanlige arter var hydroider, mosdyr og små sjøstjerner. Andre arter forekom spredt eller kun som enkeltfunn. Strandsnegl varierte fra fraværende til vanlig. De viktigste artene er vist i Tabell 8.

I algevegetasjonen var det ingen store forskjeller mellom de seks overflatestasjonene. Algesamfunnene var dominert av de vanlige tangartene: grise-, blære- og sagtang. Sagtang som vokser dypere enn blære- og grisetang, ble ikke funnet på stasjonen Frisøy. Tangen var i sin tur overgrodd av lange, brune, trådformede alger, som brunli og flere arter diatomeer, av trådformede grønnalger og av tarmgrønske.

Av rødalger ble vanlig rekeklo funnet i rike mengder, voksende både på andre alger og på fjell. Krusflik, den rødalgen som irridiserer (metallisk glans) i sollys, og de vanlige dokkeartene som røddokke og svartdokke, ble observert på alle stasjoner, men i mindre mengder.

Alle registrerte arter på overflatestasjonene er ført i Vedlegg 5.



Figur 10. Overflateregistreringer av gruntvannssamfunn i Tromsøysund, 24-25 august 1990. Antall alger og dyr er vist for hver stasjon sammen det totale artsantallet for stasjonen.

Tabell 8. De vanligste artene i fjæra i Tromøysund. Forekomstene er angitt ved e = enkeltfunn, s = spredt, v = vanlig, d = dominerende.

	Krøge- nes	Trolle- nes	Skib- vig	Frisø	Nitri- den	Buøy	
<u>Rhodophyceae</u> Rødalger							
Ahnfeltia plicata	-	s	v	s	-	-	sjøris
Audouinella sp.	v	s	s	v	s	v	rødpusling
Ceramium rubrum	v	v	d	v-d	v	d	vanlig rekeklo
Ceramium strictum	s	-	-	d	v	-	tynn rekeklo
Chondrus crispus	v	s	v	s	v	v	krusflik
cf. Dasya baillouviana	-	-	e-s	v	s	-	strømgarn
Furcellaria lumbricalis	-	s	d	-	-	v	svartkluft
Hildenbrandia rubra	d	v	v	d	-	v	fjæreblod
Phyllophora truncata	v	s	-	d	-	-	hummerblekke
Phymatolithon lenormandii	-	s	v	-	s	v	slettrugl
Polyides rotundus	s	-	-	v	s	-	rødkluft
Polysiphonia spp.	v	e	s	s	s	v	rød/svart-dokke
<u>Phaeophyceae</u> Brunalger							
Ascophyllum nodosum	d	s	s	v	s	s	grisetang
Ectocarpacea	v	v-d	v	v	d	v	brunsl
Elachista fucicola	s	v	v	-	v	v	tanglo
Fucus serratus	d	v-d	v	-	d	d	sagtang
Fucus vesiculosus	d	d	d	d	d	d	blæretang
Pilayella littoralis	v	v	s	v	v	s	perlesli
Sphacelaria cirrosa	s	-	s	-	s	s	bruntufs
<u>Chlorophycerae</u> Grønnalger							
Cladophora rupestris	v	v	s	-	s	v	grønn dusk
Cladophora sp.	v	s	v	v-d	s	-	lys grønn dusk
Enteromorpha sp.	v	v	s	v	v	s	tarmgrønne
<u>Bacillariophyceae</u>	v	s	v	d	d	s	Kiselalger (Diatomeer)
<u>Dyr</u>							
Alcyonidium hirsutum	e	s	s	-	-	s	mosdyr
Asterias rubens	v	s	s	s	v	v	korstroll
Balanus balanoides	e	e	s	-	-	s	rur
Carcinus maenas	e	e	e	e	e	s	strandkrabbe
Electra pilosa	s	s	v	s	s	v	mosdyr
Laomedea sp.	v	v	v	s	v	v	hydroider
Littorina littorea	-	s	v	v	-	s	strandsnegl
Mytilus edulis	s	v	s	s	-	s	blåskjell
Pomatoceros triqueter	-	-	e	s	-	s	trekantmark

#### 4.3.2. Dykkestasjoner.

Vurderingen av de tre dykkestasjonene Nitriden, Skibvig og Trollenes er basert på de direkte observasjonene og på det innsamlede billedmaterialet. Bildene fra stasjonene ble analysert og sammenliknet dyp for dyp. Resultatet fra transektdykk-registreringene er vist i Figur 11. Fullstendige resultater for transektene er vist i Vedlegg 5.

Totalt ble det registrert 15 rødalger, 5 grønnalger og 10 brunalger (tilsammen 30 arter) for Nitriden, 21 rødalger, 5 grønnalger og 9 brunalger (tilsammen 35 arter) for Skibvig og 18 rødalger, 4 grønnalger og 12 brunalger (tilsammen 34 arter) for Trollenes. Av dyr ble det registrert 32 arter for Nitriden, 33 arter for Skibvig og 44 arter for Trollenes.

En samlet vurdering av dykkestasjonene viste stor grad av likhet mellom Skibvig og Trollenes, mens Nitriden skilte seg ut. Nitriden var preget av sterk nedslamming og av at samfunnet ble raskere fattig med dypet. Arter ble borte eller ble funnet i et lite antall eller i redusert tilstand i forhold til tilsvarende dyp ved Skibvig eller Trollenes.

I de øvre 2-3 metrene var alle stasjoner sterkt preget av trådformete påvekstalger, rødalger og spesielt brunalger og diatomeer (kiselalger). Disse dekket til tider undervegetasjonen fullstendig. Ved Trollenes var nedre grense for denne rike påveksten 1-2 m dypere enn ved de 2 andre stasjonene. Ved Nitriden var i tillegg påvekstorganismene tykke av grått sediment (silisiumkarbidstøv ?) som var blitt fanget i det noe slimete og finmaskede nettet skapt av begroingsorganismene.

Nedre voksegrense for alger var grunnest ved Nitriden og dypest ved Trollenes. Ved Skibvig og Trollenes ble det observert et relativt rikt liv ned til 14-15 m. Ved Nitriden var det kun enkeltfunn eller spredte forekomster av bladformede eller trådformede alger under 10 meter. Sukkertare vokste spredt ned til 10 m både ved Nitriden og Skibvig, mens den ble funnet ned til 15 m ved Trollenes. Fagerving som er en vanlig, dyptvoksende, noe sart rødalge, ble ved Trollenes funnet spredt ned til 15 m. Ved Skibvig ble den funnet spredt ned til 10-11 m, mens ved Nitriden vokste den spredt ved 7 m dyp og ble ut over dette kun observert som et enkeltfunn ved 10 m og 13 m.

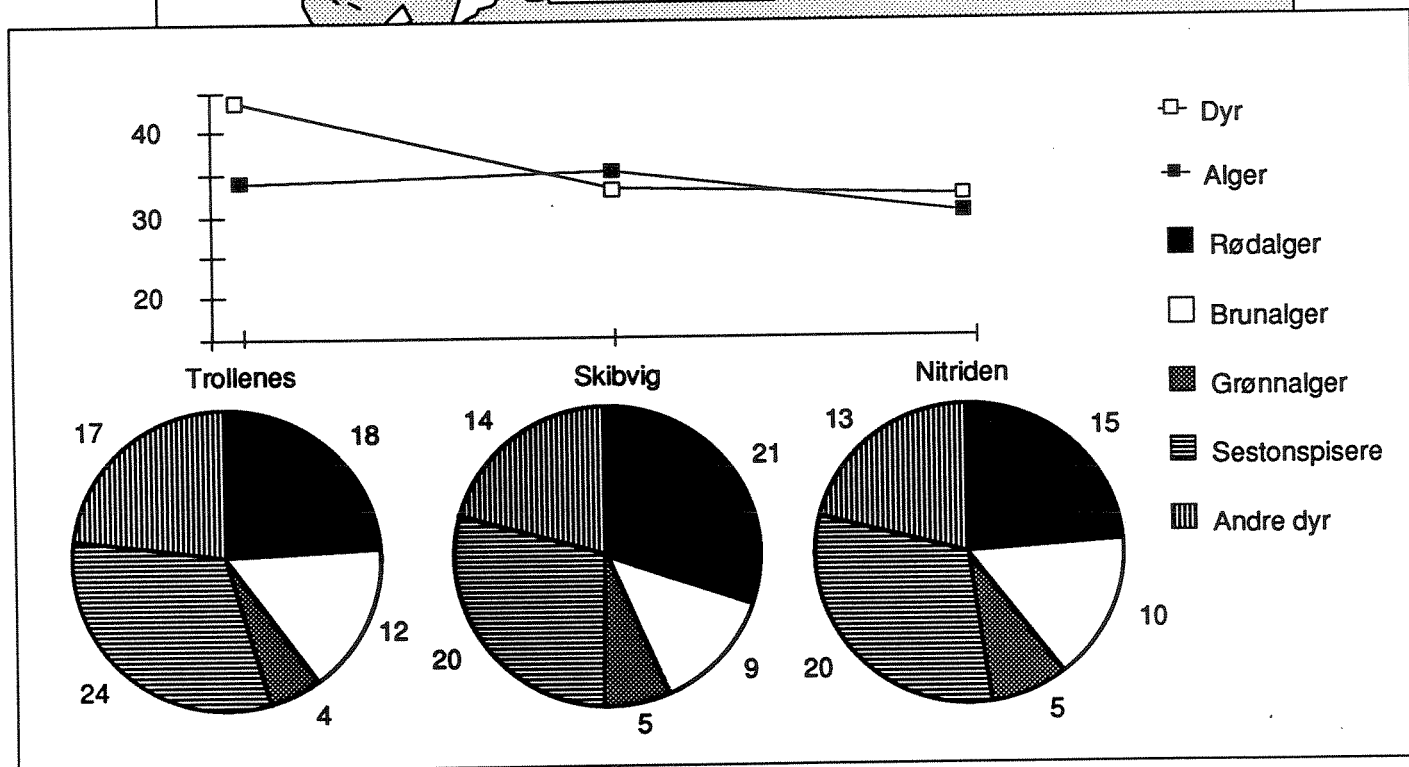
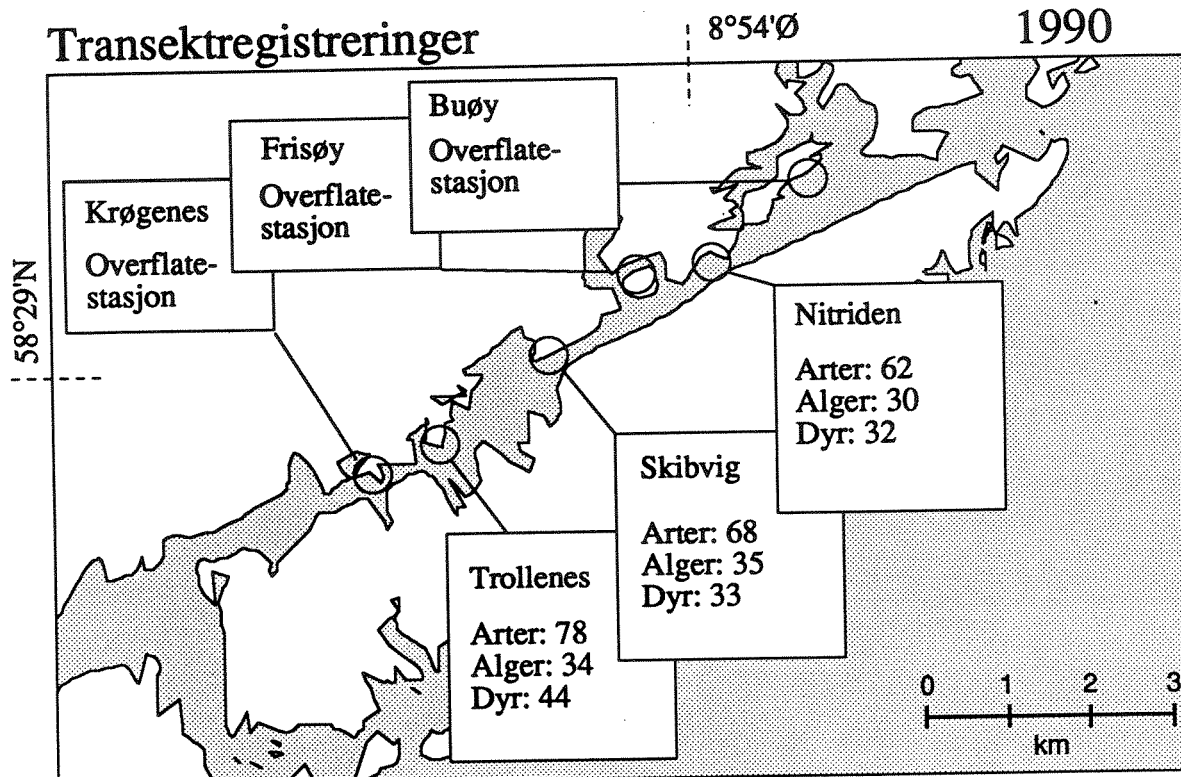
I alle deler av transektet ved Nitriden var nedslammingen sterk. Alger og dyr var selv i bratte heng dekket med et grått sedimentlag. Nekrosevev på sukkertare, flekkvist svart sediment (anoksisk) og groper dekket av hvitt belegg av forråtnelsesbakterier og sopp, var vanlig fra ca. 3 m og nedover. Ved Skibvig og Trollenes ble dette hvite belegget også observert i sprekker nedover langs transektet.

En sammenligning mellom stasjoner og dybdeintervaller basert på Czekanowskis likhetsindeks er vist i figur 12. Likhetsindeks ble beregnet mellom snittverdier for de 4 dybdeintervallene 1-4 m, 4-7 m, 7-10 m og 10-18 m.

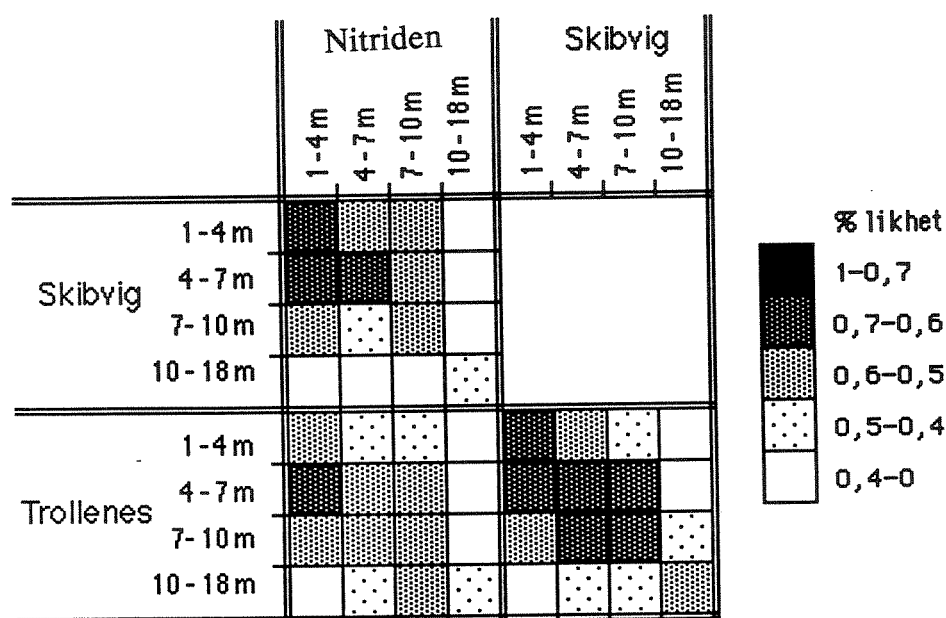
Det dypeste intervallet skilte seg ut først og fremst fordi det var få alger som vokste så dypt. Sammenliknes stasjonene med hensyn på dybdeintervallet 2-10m, finner en stor likhet (> 60 %, mørkere kvadrater) mellom Skibvig og Trollenes, mens det var lavere likhet mellom Nitriden og Skibvig. Lavest likhet var det mellom Nitriden og Trollenes, dvs. at det var avtagende likhet med økende avstand fra Nitriden.



# Transektregistreringer 1990



Figur 11. Dykketransekt-registreringer av hardbunnsamfunn i Tromøysund, 24-25 august 1990. Antall alger og dyr funnet på stasjonen er vist sammen med deres fordeling på hhv. rødalger, brunalger og grønnalger. Dyr er inndelt i arter som tar næring fra småpartikler i vannet (sestonspisere) og dyr med annen ernæringsform (= andre dyr).



Figur 12. En sammenlikning av hardbunnsamfunnene i fire dybdeintervaller ved Nitriden, Skibvig og Trollenes, basert på Czekanowskis likhetsindeks. Mørkere farge angir større grad av likhet. Indeksverdi på 1 tilsvarer helt like prøver (alle arter finnes med samme forekomst) mens verdi på 0 angir prøver som ikke har noen felles arter.

#### 4.3.3. Vurdering av resultatene.

Antall og forekomster av dyr og alger registrert i overflateundersøkelsen indikerte at Nitriden og Frisøy var klart belastede områder. Forholdene var bedre ved Skibvig og Trollenes, men forholdene var heller ikke her normale. Også Krøgenes var negativt påvirket, men dårlige værforhold under registreringen, som gjorde arbeidet på denne stasjonen vanskelig, kan ha vært medvirkende til et noe lavere artsantall. Krøgenes kan være påvirket av nærliggende forurensningskilder eller forurensninger transportert fra Arendal/Nidelva når overflatestrømmen går fra vest mot øst.

Forskjellen mellom Frisøy og de andre overflatestasjonene må skyldes det helt spesielle miljøet som ble observert for dette området. Innenfor Frisøy var siktedypet minimalt og vannet hadde et helt spesielt grønt, breaktig utseende. Forskjellene kan vanskelig skyldes at denne stasjonen lå nordvendt. Alle de øvrige stasjonene var sørvendte, men artssammensetningen gjenspeilte ikke en tradisjonell nordvendt/sørvendt forskjell.

Sammenfattende har hardbunnsundersøkelsene vist at tre forhold innvirker på flora og fauna i undersøkelsesområdet: 1) ferskvannspåvirkning, 2) næringssalter og 3) partikkelbelastning/sedimentering.

Ferskvannspåvirkningen var tydeligst på den vestligste stasjonen, Krøgenes. Også ved Frisøy var overflatelaget tydelig ferskvannspåvirket.

Økte tilførsler av næringssalter fører til sterk vekst av hurtigvoksende kortlivede arter. Vekst av slike arter går ofte på bekostning av etablering og vekst av mer langsomtvoksende, flerårige organismer. På alle stasjonene ble det registrert en rik vekst av påvekstalger. Dette indikerte et generelt, moderat til markert, overgjødslingsproblem i hele Tromøysund.

Partikkelsedimenteringen ble vurdert som moderat på dykkestasjonene Trollenes og Skibvig, men var markert til sterk langs hele transektet ved Nitriden. Skorpeformede arter/former (unntatt mosdyret Electra pilosa som her vokser som epifytt) manglet i overflateregistreringene ved Nitriden, en typisk effekt ved nedslamming. Det sedimenterende materialet kan være både partikulært organisk og minerogent materiale (silisiumkarbidstøv, silt/leire i ferskvannsavrenning), men effekter på organismer gir bare delvis grunnlag til å skille mellom de ulike kildene.

Silisiumkarbidstøvet fra Arendal Smelteverk A/S påvirker spesielt nærområdet til smelteverket, det vil si innenfor Frisøya (tydelig på overflatestasjonen) og i Neskilen. Silisiumkarbidstøvet medfører i første rekke en mekanisk belastning på organismesamfunnet ved å hindre vekst og etablering av organismer. Lavere lysgjennomgang i vannet fører også til grunnere dybdegrensener for alger. Trolig er silisiumkarbidstøvet også hovedgrunnen til den sterke partikkelsedimenteringen på hardbunnsområdene ved Nitriden. Denne påvirkningen avtar både vestover og østover i Tromøysundet, men forandringene i organismesamfunnene gir ikke grunnlag for å vurdere hvilken betydning silisiumkarbidstøvet spiller sett i forhold til andre kilder til nedslamming.

Det kan ikke vises til effekter av andre forurensninger på hardbunnsorganismene. Men det kan heller ikke utelukkes at mulig avrenning fra de gamle industrifyllingene ved Nitriden kan ha virket negativt på flora og fauna og bidratt til de lave artstallene på denne stasjonen.

Ved Buøy, like øst for overflatestasjonen, ble det gjennomført en transektundersøkelse den 21. mai 1990 (NIVA: kystovervåkingsprogrammet st. B8). Resultatet viste kraftig vekst av påvekstalger, spesielt trådformede brunalger, men bare moderat grad av nedslamming. I alt ble det registrert 22 rødalger, 5 grønnalger og 9 brunalger (tilsammen 36 arter) og 50 dyrearter. Nedre voksegrense for rødalgen fagerving ble registrert til 22 m (vanlig fra 13 til 20 m dyp) og sukkertare vokste spredt ned til 16 m dyp (vanlig fra 8 til 12 m dyp). Tilsvarende ble også funnet for flere andre arter. Disse resultatene, spesielt dype voksegrensener for flere arter, indikerer bedre vannkvalitet ved Buøy enn i resten av Tromøysund. Med en hovedstrømretning i sundet fra nordøst til sydvest må en også forvente at vannkvaliteten er bedre ved Buøy.

#### 4.4. Miljøgifter i organismer.

##### 4.4.1. Metaller.

Resultatene av metallanalysene filet og lever av fisk, skallinnmat av krabbe ("krabbesmør" = heptopancreas) og blåskjell er gitt i tabellene 1 - 3 nedenfor.

Tabell 9. Kvikksølv i filet og andre metaller i lever av skrubbeflyndre (Platichthys flesus) og sandflyndre (Limanda limanda) fra Tromøysund og Målen 1989 - 90, mg/kg friskvekt. Stasjonsbetegnelser: B1: Heggedalsbukta, B2: Nitriden, B4: Skibvika, B6: Målen.

PRØVER	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Co	Fe	% tørrv.
<u>Skrubbe</u>										
St. B2	0.05	0.08	0.10	29.5	10.4	<0.9	<0.09	<0.9	334	19.9
St. B4	0.04	0.31	0.10	28.9	8.4	<0.9	<0.09	<0.9	246	20.3
St. B6	0.05	0.07	<0.12	22.0	3.0	<1.2	<0.12	<1.2	94	18.5
<u>Sandflyndre</u>										
St. B1	0.13	0.07	<0.17	23.6	4.3	<1.7	<0.17	<1.7	112	32.0
St. B2	0.14	0.10	<0.18	17.6	3.1	<1.8	<0.18	<1.8	193	30.2
St. B4	-	0.06	0.10	24.6	3.4	<0.8	<0.08	<0.8	149	29.7
St. B6	0.06	0.07	<0.12	23.1	3.2	<1.2	<0.12	<1.2	239	23.4

Tabell 9 viser at det for samtlige metaller er funnet bare lave eller moderat forhøyede konsentrasjoner i fisk jevnført med det man kan anse som "normalverdier" i skrubbe og andre arter fra bare diffust belastede områder (Knutzen, 1987a med ref.; Knutzen og Skei, 1990; se også Luckas og Harms, 1987 og Sturgeon og Berman, 1988). Det må imidlertid tas forbehold for jern, nikkel og kobolt, der det er sparsomt med sammenligningsmateriale, og deteksjonsgrensen for analysene delvis har vært for høy (nikkel, kobolt).

Moderat forhøyet kvikksølvinnhold (størrelsesordenen 2 x "bakgrunns- verdien") er observert i filet av sandflyndre fra Heggedalsbukta og utenfor Nitriden (st. B1 og B2 i tabell 9), uten at tilsvarende utslag er registrert i skrubbeflyndre fra samme sted. Jerninnholdet i skrubbelever kan synes noe forhøyet i materialet fra Nitriden (B2) og Skibvika (B4), men er vanskelig å bedømme pga. de nevnte manglende referansedata. Resultatene for sandflyndre fra referansestasjonen ved Målen kan tyde på generelt høyere jerninnhold i leveren av enkelte flyndrearter, sammenlignet f.eks. med torskefisk (Knutzen, 1987). Også andre observasjoner kan indikere en slik forskjell, riktignok fra en resipient for jernholdig avfall (Skei og Knutzen, 1988). Nivået av jern i skrubbelever var ikke spesielt høyt sammenlignet med referanse-analysmateriale fra en annen marin fiskeart (Sturgeon og Berman, 1988).

De påviste metallkonsentrasjoner i fisk legger ingen begrensning på konsum. (Untatt for kvikksølv vil metallinnholdet i lever til vanlig være flere ganger høyere enn i filet).

Alle metallverdiene i blåskjell lå innenfor (eller bare svakt over) det som kan betraktes som normalvariasjonen (kfr. Knutzen og Skei, 1990, med ref.), tabell 10. Spesielt viste de mest betenkelige metallene - kvikksølv/kadmium/bly - lave konsentrasjoner. Innholdet av disse metallene lå under grenser som ulike land opererer med for spiselige skalldyr (kfr. tabell 22 i Knutzen og Skei, 1990).

Tabell 10. Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Tromøysund og Teinebåen (ref.stasjon) 1990, mg/kg friskvekt<sup>1</sup>.  
Stasjonsbetegnelser: B1: Breivika/Buøya (Heggedalsbukta), B2: Nitriden, B3: Innenfor Friisøya, B4: Skibvika, B5: Teinebåen.

STASJONER	Cd	Pb	Zn	Cu <sup>2</sup> )	Ni <sup>2</sup> )	Cr	Mn	Fe	As	% tørrv.
B1	0.09	0.6	22.3	3.9(6.8)	0.9(<0.3)	0.14	1.1	36	2.5	17.8
B2	0.11	0.7	30.8	2.6(1.8)	1.2(0.5)	0.22	1.4	63	2.7	18.0
B3	0.13	0.5	22.0	1.6(1.2)	1.1(0.3)	0.18	2.9	64	1.8	16.7
B4	0.10	0.5	25.3	2.1(1.3)	0.7(0.2)	0.14	1.1	42	2.6	19.3
B5	0.13	0.4	30.2	2.1(1.7)	2.2(0.3)	0.11	1.3	19	2.2	16.0

- 1) I tillegg analysert på kvikksølv og kobolt som i alle prøvene viste hhv. ca. 0.01 og <0.3 mg/kg friskvekt.
- 2) Reanalyseverdier i parents.

Muligens kan det spores en viss kobberpåvirkning i Heggedalsbukta (st. B1), men blåskjell er en noe tvilsom indikator på kobber, og den eventuelle lokale belastning (kobberholdig bunnstoff?) må antas å ha liten eller ingen praktisk betydning. De moderat forhøyede nikkel-verdier fra første analyserunde (tabell 10) ble ikke bekreftet ved reanalysen og må tilskrives tekniske vanskeligheter (bl.a. for høy deteksjonsgrense).

For metaller i taskekrabbe mangler en sammenstilling av "normal-verdier", men bortsett fra kadmium ligger verdiene i tabell 11 på omlag samme nivå som observert i materiale fra tilnærmet "uberørte" steder i omegnen av Lista (Knutzen, 1987b) og i ytre Fedafjorden (Knutzen, 1986).

Tabell 11. Metaller i skallinnmat (hepatopancreas = "krabbesmør") av taskekrabbe (*Cancer pagurus*) fra Tromøysund og utsiden av Tromøya 1989 - 1990 (?), mg/kg friskvekt. Stasjonsbetegnelser: B2: Nitriden, B4: Skibvika, B5: Tromlingene.

STASJONER	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Fe	% tørrv.
B2	0.05	4.4	0.22	39.0	18.5	0.4	0.04	49.6	43.9
B4	0.07	4.4	0.22	41.0	22.6	0.9	0.07	66.8	37.3
B5	0.05	4.0	0.19	41.9	20.8	0.6	0.05	35.4	31.3

Kadmiumverdiene fra Tromøysund/Tromøya var ca. 3 ganger høyere enn observert ved Lista, men mest sannsynlig har dette sammenheng med at konsentrasjonen av kadmium er høyere i krabbesmøret enn i resten av skallinnmaten (som var inkludert i prøvematerialet fra Lista og Fedra). For hele skallinnmaten refererer Murray og Norton (1982) 4 - 12 mg/kg som "typiske konsentrasjoner", mens Overnell og Trewhella (1979) fant store variasjoner i krabbesmørs kadmiuminnhold: omkring 5 mg/kg friskvekt i enkelte bestander, mens typiske verdier i krabber fra andre områder var 10 - 20 mg/kg, og med enkeltexemplarer der krabbesmøret inneholdt mer enn 50 mg Cd/kg. Kadmiumkonsentrasjonen i andre vevstyper (klokkjøtt, gjeller, kroppsvæskene) var 1 - 2 størrelsesordener lavere. I "brunmat" av krabber fra Kristiansandsfjorden (uklart om bare krabbesmør eller hele skallinnmaten) registrerte Bjønnes og Brakstad (1977) 15 - 30 mg Cd/kg tørrvekt (tilsvarende ca. 5 - 10 mg/kg friskvekt), mest på stasjonen lengst fra industrielle og kommunale utslipp.

#### 4.4.2. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Rådata for analysene av PAH er gjengitt i Vedlegg 6 (vedleggstabellene 6.1/6.2/6.3), henholdsvis for blåskjell, krabbesmør og filet av skrubbeflyndre/sandflyndre, mens hovedresultatene fra målingene i blåskjell er stilt sammen i tabell 4 nedenfor.

Blåskjellene fra alle prøvesteder i Tromøysundet hadde noe forhøyet innhold av PAH. mens konsentrasjonen i skjell fra referansestasjonen på utsiden av Tromøya (st. B5) var meget lav.

Graden av forurensning i skjellene er noe vanskelig å bedømme. Dels kan det være grunn til å mistenke at tidligere benyttet "høyt bakgrunnsnivå" (i områder utenfor innflytelse av identifiserbare punktkilder, kfr. Knutzen, 1989) kan være satt for høyt. Imidlertid kan det også råde tvil om analysemetodikken alltid er pålitelig, dvs. om ekstraksjonen har vært effektiv i de tilfeller man har fått uvanlig lave verdier. Forholdet er under etterforskning, men vil trolig ikke bli avklart uten omfattende grunnlagsundersøkelser med hyppig prøvetaking gjennom året av skjell fra tilnærmet uberørte lokaliteter.

Tabell 12. Sum PAH, potensielt kreftfremkallende forbindelser (KPAH) og benzo(a)pyren i blåskjell fra Tromøysund og Teineskjær, 1990,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  friskvekt. i.p. = ikke påvist (ca.  $<0.5 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Stasjonsbetegnelser: se tabell 2.

VARIABLE	St. B1	St. B2	St. B3	St. B4	St. B5
Sum PAH	348	259	220	315	19.6 <sup>1</sup> )
KPAH (% av sum)	19(~6)	49 (~20)	57 (~26)	33 (~11)	1.3 (~6)
B(a)P (% av sum)	1(<0.3)	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
% tørrstoff	19.0	18.2	17.0	19.4	15.9

Sett i forhold til tidligere forestillinger om "høyt bakgrunnsnivå", basert på siste 10 - 15 års data fra inn- og utland (Knutzen, 1989, med ref.), viser tabell 12 bare moderate overkonsentrasjoner - opp mot en fordobling. Jevnført med PAH-innholdet i skjell fra referansestasjonen ved Teinebåen ses imidlertid en forhøyelse på 10 - 15 ganger. Verdien for sum PAH på  $20 \mu\text{g}/\text{kg}$  friskvekt er meget lavt i forhold til det som tidligere har vært vanlige resultater fra åpen kyst eller i den antatte enden av avstandsgradienten fra punktkilder. Imidlertid har vedkommende prøve fra Teinebåen blitt analysert tre ganger, hvorav  $19.6 \mu\text{g}/\text{kg}$  er den høyeste av de funne verdiene.

Konklusjonen på dette er at man for blåskjell fra Tromøysundet antydningvis må regne med overkonsentrasjoner på 3 - 5 ganger i forhold til det "normale". De funne konsentrasjonene var imidlertid ikke høyere enn det som ble registrert i en prøve fra Friisøy (nær st. B3) for vel 10 år siden (Knutzen og Sortland, 1982).

Andelen av potensielt kreftfremkallende forbindelser i henhold til IARC (1987) varierte fra ca. 5 til ca. 25% i Tromøysundprøvene, dvs. stort sett lavere enn det er vanlig i resipienter for gassvaskeravløp fra smelteverk. Det mest kjente av disse stoffene - benzo(a)pyren - ble bare funnet i lav konsentrasjon i en av prøvene.

Helsemyndighetene må vurdere mulige konsekvenser av det registrerte innhold av potensielt kreftfremkallende PAH. Bestemte grenseverdier brukes ikke i Norge og bare i liten utstrekning (røkt mat) i andre land. Isteden benyttes en doserelatert vurdering av økt kreftrisiko, foreløpig begrenset til forekomst av B(a)P (Alexander et al., 1990).

Kildene for PAH i Tromøysunds blåskjell kan være flere: avrenning fra forurensede landområder (herunder luftbårne avsetninger fra bl.a. industriutslipp, veiavrenning, sig fra søppelfyllinger), tilfeldige oljespill fra båttrafikk, oppvirvling av forurensede sedimenter på grunt vann. Som det fremgår av kap. 4.1, er sedimentene i Tromøysund markert påvirket av PAH, men gruntvannssedimenter er ikke undersøkt, slik at muligheten for forurensning av blåskjell fra denne kilde forblir spekulativ.

I motsetning til blåskjellene ga hverken prøvene av fisk eller krabbe noen indikasjoner på annet enn bakgrunnsbelastning. Alle fiskeprøvene hadde et samlet PAH-innhold under  $5 \mu\text{g}/\text{kg}$  og med en sum av potensielt kreftfremkallende stoffer på  $1 \mu\text{g}/\text{kg}$  eller mindre. Dette er til dels betydelig lavere enn det tidligere ofte er observert på steder med bare diffus tilførsel.

Høyeste målte innhold av sum PAH i krabbesmøret var 17  $\mu\text{g}/\text{kg}$  friskvekt (st. B2), hvilket er lavt sammenlignet med data fra referansestasjonen i en undersøkelse i omegnen av Lista (Knutzen, 1987b). I krabbene fra utsiden av Tromya og fra Skibvika (st. B4) opptrådte ingen enkeltforbindelse i konsentrasjonen over 0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (deteksjons-grensen), dvs. maksimum 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  som sum PAH.

Forskjellen mellom blåskjell og krabbe/fisk kan tyde på at det er overflatelaget som er mest PAH-belastet. Nå akkumulerer blåskjell PAH i større grad enn fisk, og sannsynligvis også enn krabber, slik at det ut fra denne forskjellen alene ikke kan sies noe bestemt om PAH-forekomsten i ulike vannlag. Imidlertid vil mesteparten av diffus PAH-tilførsel skje til overflatelaget, slik at blåskjell er mer utsatt enn organismer som lever på dypere vann.

#### 4.4.3. Klororganiske forbindelser.

Rådata fra analysene er gjengitt i Vedlegg 6 (vedleggstabellene 6.4 (skrubbe /sandflyndre), 6.5 (blåskjell) og 6.6 (krabbesmør)). Der finnes også % fett- og tørrvektspersent. Hovedresultatene er stilt sammen i tabell 13 nedenfor. Her er i hovedsaken utelatt stoffer som opptrådte i konsentrasjonen lavere enn deteksjonsgrensen (i fisk og blåskjell som regel  $<0.5 \mu\text{g}/\text{kg}$ , i krabber  $<3 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Stoffene dette gjelder er pentaklorbenzen (5CB), oktaklorstyren (OCS), DDD og delvis lindan (Y-HCH).

Innholdet av PCB og de øvrige klororganiske stoffene i fisk var lavt på alle stasjoner, og det var ingen forskjeller av betydning mellom fisk fanget i ulike områder.

Verdiene er ikke uten videre sammenlignbare med de som er stilt sammen i Knutzen (1987c) eller bakgrunnskonsentrasjonene gjengitt i Knutzen og Skei (1990). Mens man tidligere stort sett bare anga total PCB, er man i det senere gått over til å oppgi konsentrasjonen av enkeltforbindelser (ofte "the 7 Dutch" - som er benyttet her). Ut fra sammensetningen av kommersielle PCB-blandinger og analyser av miljøprøver kan man imidlertid foreta et grovt estimat av sum PCB. (Også endret analysemetodikk må legges inn som forbehold mht. sammenlignbarhet mellom eldre og nyere data). Henholdsvis i Aroclor 1260 og brystmelk er de 7 forbindelsene målt til å utgjøre nærmere 30 og ca. 45 % (Safe et al., 1987). For anslagsmessige beregninger av sum PCB kan de her refererte tabellene følgelig multipliseres med 2 - 3.

For fiskeprøvene fås da 15 - 20  $\mu\text{g}$  PCB/kg friskvekt, som er vanlig forekommende verdier i skrubbe i henhold til ovennevnte litteratur- sammenstilling (Knutzen, 1987c). At sandflyndre inneholdt noe mer PCB enn skrubbe kan ha sammenheng med litt høyere fettinnhold (kfr. tabell 13). Omregnes til fettbasis fås samme størrelsesorden av sum PCB som Knickmeyer og Steinhardt (1989) fant i lever av sandflyndre fra Nordsjøen.

For de øvrige klororganiske forbindelsene er det bare funnet lave verdier, men deteksjonsgrensene har til dels vært for høye til å komme ned på bakgrunnsnivået (se f.eks. HCB i sandflyndre hos Knickmeyer og Steinhardt, 1989).



Tabell 13. Klororganiske forbindelser i filet av skrubbe/sandflyndre, krabbesmør fra taskekrabbe og i blåskjell fra Tromøysund og referansestasjoner (B5, B6) 1989 - 90,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  friskvekt. B1: Heggedalsbukta, B2: Nitriden, B3: Inn før Friisøya, B4; Skibvika, B5: Teinebåen, B6: Målen.

ORGANISMER, STASJONER	Sum PCB <sup>1)</sup>	DDE <sup>2)</sup>	HCB	DCB	$\gamma$ HCH	% fett
SKRUBBE						
B2	3.2-5.2	0.7	<0.5	<0.5	-	0.40
B4	1.2-3.7	1.3	<0.5	<0.5	-	0.62
B6	2.4-4.4	0.5	<0.5	<0.5	-	0.30
SANDFLYNDRE						
B1	6.4-7.9	1.3	<0.5	0.9	-	0.72
B2	7.2-8.2	1.7	<0.5	0.9	-	0.56
B6	6.3-7.3	1.4	<0.5	1.0	-	0.60
BLÅSKJELL						
B1	9.0-9.8	2.0	<0.4	<0.4	2.0	2.1
B2	4.9-5.5	2.0	<0.3	<0.3	2.0	1.7
B3	7.0-10	2.0	<1.0	<1.0	2.0	1.9
B4	9.0-9.8	2.0	<0.4	0.4	2.0	2.1
B5	1.9-2.8	0.4	<0.3	<0.3	0.4	1.4
TASKEKRABBE						
B2	61	34?	2.0	2.4	1.2	23.7
B4	90-96	36	<3.0	3.0	-	17.6
B5	63-72	25	6.0	4.0	-	15.5

1) Sum av PCB28, 52, 101, 118, 138, 153, 180, min. - maks.

2) Inkluderer DDT.

Blåskjellene viste samme lave PCB-innhold som fiskeprøvene (heller lavere enn i fisk når man tar blåskjellenes høyere fettinnhold i betraktning). Det fremkom likevel en mulig indikasjon på noe høyere belastning på Tromøysundstasjonene, idet blåskjellene fra Teinebåen (st. B5) hadde lavere PCB-innhold enn de øvrige. Denne konklusjonen er usikker både på grunn av at alle PCB-komponentene forekom i konsentrasjoner nær deteksjonsgrensen og fordi prøven fra st. B5 måtte reanalyseres og dermed ikke tilhører samme analyseserie (deteksjonsgrensen kan variere noe fra en serie til en annen). På den annen side var PCB-innholdet i Tromøysundskjellene omkring det dobbelte av det som ble observert på en del undersøke "referanse-stasjoner"

i ytre Oslofjord og på Vestlandet (NIVA-, upubl.). Uansett er ikke dette mer enn en eventuelt svak påvirkning.

Også de andre klororganiske stoffene i blåskjell viste forekomst omkring "bakgrunnsnivået".

De høyere konsentrasjonene av både PCB og andre organoklorforbindelser i krabber kan i hovedsaken forklares ved krabbesmørets høyere fettinnhold. Omregnet til fettbasis blir ikke konsentrasjonene høyere i krabbe enn i blåskjell og fisk. Innholdet av "sum PCB", DDE og HCB var omtrent som i ytre del av Kristiansandsfjorden (Knutzen et al., 1991) og stort sett lavere enn på en del antatt lite berørte stasjoner ved en undersøkelse av "bakgrunnsverdier" (NIVA, upubl.).

Innen et forskningsprosjekt vedrørende "bakgrunnsverdier" av polyklorerte dibenzofuraner og dibenzo-p-dioksiner (PCDF/PCDD) er det også analysert en blandprøve av krabbesmør fra eksemplarene av hankrabber samlet ved Tromlingene (parallell til krabbeprøve B5 i tabell 13). Analysen viste et innhold av PCDF/PCDD målt som ekvivalenter av 2,3,7,8 TCDD i henhold til Nordisk modell (Nordisk Dioxinriskbedømming, 1988) på 29.2 ng/kg friskvekt (NIVA/NILU, upubl.). Dette er omtrent det samme som i krabber fra referansestasjonen ved overvåkingen i Kristiansandsfjorden (Knutzen et al., 1991) og omkring halvparten av det man tidligere har observert ved Grimstad (Knutzen og Oehme, 1990), m.a.o. innen det vanlige variasjonsområde for PCDF/PCDD for Sørlandskysten ned til Kristiansand.

#### 4.4.4. Sammenfattende vurdering.

Konsentrasjonene av miljøgifter i spiselige organismer var lave eller moderate. Innholdet av klororganiske stoffer og metaller og polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) lå under øvre grense for normalvariasjonen i områder uten sporbare punktkilder. Det samme gjaldt metaller og klororganiske stoffer i blåskjell, men skjellene fra Tromøysundstasjonene hadde høyere PAH-innhold enn på referansestasjonen ved Tromlingene. Usikkerhet om "bakgrunnsnivået" gjør det vanskelig å tallfeste forurensningsgraden, men det kan antydes over-konsentrasjoner i størrelsesordenen 3 - 5 ganger.

## 5. SAMMENFATTENDE DISKUSJON.

Forholdene i Tromøysund er sammensatte. Forurensningene omfatter både tilførsler av kloakkvann, sigevann fra søppelfylling, industriutslipp og mulige lekkasjer av miljøgifter fra gamle industrifyllinger. Det er bosetning, noe landbruk og småindustri langs hele sundet. Forurensningene tilføres derfor både fra større punktutslipp og i form av diffuse kilder langs hele sundet. Dessuten kan det tilføres forurensninger med elvevann fra Nidelva.

Strøm og vannutskiftning påvirkes av ferskvann fra Nidelva. Under flomsituasjoner fører dette til en østgående transport i sundet, mens det meste av elvevannet som tilføres Arendal havneområde til vanlig passerer ut gjennom Galtesund (Dahl og Danielsen 1986). Elvevannet kan ha høye nitrogenkonsentrasjoner (Hindar et al. 1989). Dagens situasjon med hensyn til hvilke forurensninger (påvirkning fra kloakk, jordbruk, treforedling osv.) som transporteres i elvevannet er lite kjent.

Generelt er vannutskiftningen i Tromøysundet god. Hydrografiske målinger tyder på transporten av vannmassene hovedsakelig går fra øst mot vest. I dypbassengene ved Frisøy og Trollenes er det påvist stagerende dypvann med betydelig oksygen-reduksjon (Dahl og Danielsen 1986).

Tidligere undersøkelser har indikert effekter av organiske tilførsler (Wikander 1986a, Pedersen et al. 1989). Noen samlet vurdering av forurensningstilstanden har imidlertid ikke vært gjort.

Denne undersøkelsen har vist at Tromøysundet generelt er moderat eller lite påvirket av forurensninger. Men flere steder er det lokalt markert overbelastning. De mest betydningsfulle virkningene er knyttet til organiske tilførsler og PAH.

Virkinger av organiske tilførsler kan spores i hele Tromøysundet. De sørvestlige områdene (strekningen Trollenes - Arendal) må karakteriseres som moderat påvirket. Det var effekter på bunnorganismer både på grunt vann og på bløtbunn. Muligens opptrer det periodevis oksygensvikt i dypbassenget ved Trollenes. I de nordøstlige områdene indikerer bunnsedimenter og gruntvannsorganismer at det var en viss organisk anrikning, men dette hadde ingen tydelige negative virkninger. I innelukkede områder som Neskilen var det derimot sterke effekter. Kildene til de organiske påvirkningene er dels kloakkpåvirkning, dels avrenning fra land (inkl. Nidelva). Sistnevnte gjaldt særlig området ved Songekilen og i Neskilen med påvirkning fra lokale ferskvannstilførsler.

Utslippene av silisiumkarbid (silisiumkarbidstøv) fra Arendal Smelteverk A/S påvirker nærområdet sterkt (Bekkevika og trolig også Neskilen). I selve Tromøysundet fører utslippene til moderate nedslammingseffekter på grunt vann ved Frisøy og Nitriden, men det kan ikke påvises andre effekter av silisiumkarbidstøvet.

Undersøkelsen har vist at påvirkningen fra metaller var små. I området ved Songekilen/Trollenes var sedimentene moderat påvirket. Innholdet av metaller i spiselige organismer lå under øvre grense for normalvariasjonen i områder uten sporbare punktkilder. Det må legges til at analyser av miljøgifter i organismer kun er gjennomført på prøver fra området Skibvik-Nitriden-Heggedalsbukta.

Tilførsler av klororganiske forbindelser har ført til at sedimentene på alle stasjonene untatt i nordøst ved Gitmertangen og i Neskilen, må klassifiseres som markert påvirket av PCB. Hovedkilden er trolig Nitriden, men tilførsler med sigevann fra Heftingdalen søppelfyllplass kan ikke utelukkes. Dette har imidlertid ikke gitt seg utslag i konsentrasjoner utover normalnivå i organismer, men blåskjell fra sundet hadde generelt

høyere verdier enn de fra Tromlingene.

Konsentrasjonen av PAH var høy i sedimentene nær Nitriden med verdier på 25-50 ganger bakgrunn. Utover den lokale sterke påvirkningen, var sedimentene i hele sundet moderat til markert påvirket. Forurensningene har imidlertid i liten grad påvirket spiselige organismer hvor konsentrasjonene var under øvre grense for normalvariasjonen, unntatt for blåskjell, som hadde 3-5 ganger høyere PAH-innhold enn det "normale". Hovedkilden for PAH-forurensningen i sundet har vært Nitriden, men luftbårne avsetninger fra industri, påvirkninger fra skipstrafikk osv. kan spille en rolle og bør avklares.

Sedimentene i Heggedalsbukta var markert påvirket av PCB og PAH. PAH-påvirkningen er noe usikker idet sammensetningen av de enkelte PAH-forbindelser var spesiell og dominert av noen få stoffer. De anoksiske sedimentene kan naturlig spille en rolle til dette. Blåskjell og flyndre fra området inneholdt ikke unormale konsentrasjoner av miljøgifter. Det er derfor ingen sterk påvirkning av området fra industrifyllingen i bukta. For å gi klarere konklusjoner vedrørende grad av påvirkning fra fyllingen, må tilleggsanalyser gjennomføres.

## 6. LITTERATUR

- Alexander, J., G. Becher and E. Dybing, 1990. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in fish. Notat fra Avd. for miljømedisin/Statens institutt for folkehelse, 15/2 1990. 15 s. (upubl).
- Bjønnes, P.O. og O.G. Brakstad, 1977. Undersøkelse av tungmetaller i biologisk materiale fra Kristiansandsfjorden. Rapport 3/77 fra Agder Distriktshøgskole/Kjemiseksjonen. Seminaroppgave, 37 s.
- Broman, O., C. Näf, I. Lundbergh og Y. Zebühr, 1990. An in situ study on the distribution, biotransformation and flux of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an aquatic food chain (seston - Mytilus edulis L. - Somateria mollissima L.) from the Baltic. An ecotoxicological perspective. Environ.Toxicol.Chem. 9: 429-442.
- Cato, I. 1990. Sedimentundersøkingar i Brofjorden særskilt Trommekilen 1989, samt förändringar efter 1972 och 1984. Sveriges Geol. Undersök., Rap. och medl. nr 64, Uppsala, 78s.
- Dahl, F.E. og D.S. Danielsen 1986. Resipientundersøkelser i Arendalsområdet i perioden 1975-1979. Flødevigen meldinger nr. 5-1986. 67 s.
- Grimmer, G. and H. Böhnke, 1975. Polycyclic aromatic hydrocarbon profile analysis of high-protein foods, oils and fats by gas chromatography. J. AOAC 58: 725 - IARC, 1987. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs Volume 1 to 42. Suppl. 7, Lyon.
- Hindar, A., K. Næs og J. Molvær 1989. Betydning av sur nedbør for økte nitrogentilførsler til fjordområder. Forprosjekt. NIVA-rapport O-88035/2257, Oslo, 45 s.
- Knickmeyer, R. and H. Steinhardt, 1989. On the distribution of polychlorinated biphenyl congeners and hexachlorobenzene in different tissues of dab (Limanda limanda) from the North Sea. (Chemosphere 19: 1309-1320.
- Knutzen, J. and B. Sortland, 1982. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in some algae and invertebrates from moderately polluted parts of the coast of Norway. Water Res. 16: 421-428.
- Knutzen, J., 1986. Undersøkelser i Fedafjorden 1984 - 1985. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 224/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000320 (l.nr. 1864), 39 s. ISBN 82-577-1076-8.
- Knutzen, J., 1987a. "Bakgrunnsnivåer" av metaller i saltvannsfisk. NIVA-rapport O-85167 (l.nr. 2051), 66 s. ISBN 82-577-1308-2.
- Knutzen, J., 1987b. Orienterende undersøkelser 1986 av PAH, klororganiske stoffer og metaller i skrubbeflyndre og taskekrabbe fra resipientområdet til Lista Aluminiumverk og referansestasjoner. NIVA-rapport O-68019 (l.nr.2007), 21 s. ISBN 82-577-1257-4.

- Knutzen, J., 1987c. Om "bakgrunnsnivåer" av klorerte hydrokarboner og beslektede forbindelser i fisk. NIVA-rapport O-85167, 173 s. ISBN 82-577-1251-5.
- Knutzen, J., 1989. PAH i det akvatiske miljø - opptak/utskillelse, effekter og bakgrunnsnivåer. NIVA-rapport O-87189/E-88445 (l.nr. 2205), 107 s. ISBN 82-577-1497-6.
- Knutzen, J. og M. Oehme, 1990. Klorerte dibenzofuraner og dioksiner i krabber, fisk og reker fra Frierfjorden, tilstøtende områder og referansestasjoner 1988-1989. NIVA-rapport O-88185 (l.nr. 2346), 110 s. ISBN 82-577-1629-4.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport O-862602 (l.nr. 2540), 139 s. ISBN 82-577-1855-6.
- Knutzen, J., K. Martinsen, K. Næs, M. Oehme og E. Oug, 1991. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden 1988 og 1990. Rapport 443/91 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800357 (l.nr. 2554), 183 s. ISBN 82-577-1873-4.
- Lohse, J., 1988. Distribution of Organochlorine Pollutants in North Sea Sediments. Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, Heft 65:345-365.
- Luckas, B. and U. Harms, 1987. Characteristic levels of chlorinated hydrocarbons and trace metals in fish from coastal waters of North and Baltic Sea. Intern.J. Environ. Anal. Chem. 29: 215-225.
- Murray, A.J. and M.G. Norton, 1982. The field assessment of effects of dumping wastes at sea: 10 analysis chemical residues in fish and shellfish from selected coastal regions around England and Wales. Fisheries Research - Technical report no. 69. Rapport fra Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Directorate of Fisheries Research. Lowestoft.
- Niemistö, L., 1974. A gravity corer for studies of soft sediments. Havforskningsinst., Skr. Helsinki, 238:33-38.
- Nordisk Dioxinriskbedömning, 1988. Rapport fra Nordisk Ministerråd, Miljørapport 1988:7 (NORD 1988:49). 129 s. + bilag. (Forf.: U.G. Ahlborg, H. Håkansson, F. Wærn og A. Hanberg).
- Næs, K. og Rygg, B., 1988. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnfauna 1986. Rapport nr. 306 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000361/8000362 (l.nr. 2093). ISBN 82-577-1365-1. 54 s.
- Næs, K. 1989. Orienterende sedimentundersøkelse i Tromøysund, Notat O-8921701, NIVA-Sørlandsavdelingen, Grimstad, 6s.
- Næs, K. og E. Oug 1990. Sedimentenes betydning for forurensningstilstanden i Frierfjorden og tilgrensende områder. O-855903/E-90406. Rapport 1: Konsentrasjon og mengder av klororganiske forbindelser, polysykliske aromatiske hydrokarboner, kvikksølv og pyrolyseolje i sedimentene. Under utarbeidelse.

- Næs, K. og Rygg, B., 1990. Overvåking av Årdalsfjorden i 1989. Sedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA-rapport O-8909502/890503. ISBN 82-577-1665-0. 51 s.
- Overnell, J. and E. Trevelia, 1979. Evidence for the natural occurrence of (cadmium, copper)-metallothionein in the crab (Cancer pagurus). *Comp. Biochem. Physiol.* 64c: 69-76.
- Pedersen, A., P.B. Wikander, E. Oug and N. Green 1989. Invasjon av planktonalgen Chrysochromulina polylepis langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Virkninger på organismesamfunn langs kysten. NIVAs undersøkelser i november 1988. Stat. prog. forurensningsovervåk. 355/89. SFT/NIVA. 182 s.
- Roaldset, E. 1972. Mineralogy and geochemistry of quaternary clays in the Numedal area, Southern Norway. *Norsk Geol. Tidsskr.*, 52: 335-369.
- Rygg, B. 1984. Bløtbunnsfaunaundersøkelser. Et godt verktøy ved marine resipientvurdering. NIVA-rapport F.481, OF-80612 II. Oslo. 29 s.
- Rygg, B. 1986. Miljøkvalitetskriterier for marine områder. Rapport 2. Forurensningsvirkninger på bløtbunnsfaunasamfunn. NIVA rapport nr. 1890. 42 s.
- Safe, S., L. Safe and M. Mullin, 1987. Polychlorinated biphenyls: Environmental occurrence and analysis. S. 1-13 i S. Safe (red.): Polychlorinated biphenyls (PCBs): Mammalian and environmental toxicology. Springer-Verlag, Berlin, etc.
- Skei, J.M. 1975. The marine chemistry of Sør fjorden, West-Norway. Unpubl. Ph.D. thesis, Univ. Edinburgh, 207pp.
- Skei, J. 1978. Review of existing data on cadmium and PCB in marine waters, biota and sediments of Norway. NIVA-rapport O-46/78, 31s.
- Skei, J. og J. Knutzen, 1988. Kronos Titan A/S. Overvåking av vannkvalitet, bunnsedimenter og miljøgifter i organismer i nedre Glomma (Greåker - Løperen). Sluttrapport. NIVA-rapport O-86063 (l.nr. 2136), 60 s. ISBN 82-577-1417-8.
- Skei, J og J. Klyngsøyr 1990. Kartlegging av PCB i sedimenter fra Indre Sør fjorden. NIVA-rapport O-90180/2528, Oslo, 16s.
- Sturgeon, R.E. and S.S. Berman, 1988. Marine biological reference materials. *Sci. Total Environ.* 71: 109-110.
- Taylor, J.H. 1974. The geochemistry of fjords of South-west Norway. Unpubl. Ph.D. thesis, Univ. Edinburgh, 138pp.
- Wikander, P.B. 1986a. Farvannet Tromøysund - Galtiesund. Sammenfatting av preliminær undersøkelse. Forslag til overvåkingsprogram. Notat NIVA-Sørlandsavdelingen. 15 s.
- Wikander, P.B. 1986b. Egnethetsundersøkelse for havbruk i Aust-Agder fylke. NIVA rapport nr. 1898. 159 s.

## 7. VEDLEGG



VEDLEGG 1  
TOKTRAPPORT



PROSJEKT O-8921701/8921702

RESIPIENTUNDERSØKELSE AV TROMØYSUND

FELTRAPPORT

INNSAMLING AV SEDIMENT- OG BLØTBUNNFAUNAPRØVER

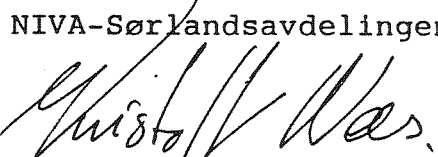
RESIPIENTUNDERSØKELSE AV TROMØYSUND.  
INNSAMLING AV SEDIMENT- OG BLØTBUNNFAUNAPRØVER.  
Prosjekt O-8921701/8921702

Feltarbeidet ble gjennomført fra F/F "H.H. Gran".

Kartleggingen av bunnfauna ble gjennomført 16.10.89.  
Det ble tatt kvantitative prøver (m/Petersen grabb) og  
kvalitative prøver (m/detritusslede).

Sedimentkartleggingen ble gjennomført 24.10.89.  
Prøvene ble innsamlet med Niemistö kjerneprøvetaker.

Stasjoner, prøvetyper, sedimenttyper etc. fremgår av vedlagte  
oversikt. Innsamlingen ble gjennomført etter planen.

Grimstad, 20.11.89  
NIVA-Sørlandsavdelingen  
  
Kristoffer Næs

## TROMØYSUND - BUNNFAUNAKARTLEGGING 16/10-89

Stasjon	Posisjon	Dyp (m)	Bunntype	Redskap	Fyllingsgrad	Burker	Repl.	Anmerkninger
T 1	58°27,98'N 08°48,55'E	26	Silt, fin sand m/innslag av sagflis.	Grabb	1/1,1/4,1/1,1/1	1 samf.	4	Variierende bunn på 18-20m. Fant jevn bunn på 26m.
T 2	58°28,3'N 08°50,2'E	34-30	Silt	Slede	Stor	1 gr, 1 f.		Enorme mengder rørbyggende poly- chaeter.
T 4	58°28,84'N 08°50,95'E	47	Mørk silt.	Grabb	1/1,1/1,1/1,1/1	1 samf.	4	Svak H <sub>2</sub> S-lukt.
T 5	58°29,43'N 08°52,40'E	40	Silt	Grabb	1/1,1/1,1/1,1/1	1 samt.	4	
T 6	58°29,68'N 08°52,25'E	15	Blåsvart til olivengrønt mudder m/litt grus.	Grabb	1/1	1 samf.		Anoksisk. Intens H <sub>2</sub> S-lukt.
T 7	58°30,00'N 08°52,05'E	13	Blåsvart til olivengrønt mudder.	Grabb	1/1	1 samf.		Anoksisk. Intens H <sub>2</sub> S-lukt.
T 9	58°29,6'N 08°53,1'E	33-16	Bare slagg.	Slede	Stor	3 gr, 1 f.		Grovfraksjonen sortert i felt. Delprøvefiksert. Hele finfraksjonen fiksert.
T 11	58°29,98'N 08°53,90'E	23	Siltig skjell- sand.	Grabb	1/2	1 gr, 1 f.		
T 12	58°30,10'N 08°54,10'E	10	Mørk sand.	Grabb	1/6	1 samf.		Vanskelig bunn for grabb.
T 13	58°29,68'N 08°52,25'E	33-29	Bare slagg.	Slede	Stor	3 gr, 1 f.		Grovfraksjonen sortert i felt. Delprøvefiksert. Hele finfraksjonen fiksert.
T 14	58°30,10'N 08°54,55'E	46	Silt.	Grabb	1/2,3/4,1/1,1/1	1 gr, 1 f.	4	Sedimentet var iblandet olje.
T 16	58°30,40'N 08°54,50'E	37	Silt.	Grabb	3/4	1 samf.		
T 17	58°30,80'N 08°54,35'E	24	Fjell,stein.	Grabb	Tom	-		Ikke tatt.
T 18	58°30,60'N 08°53,90'E	20-21	Silt	Grabb	1/1	1 samf.		
T 19	58°30,40'N 08°53,80'E	13	Mørk silt.	Grabb	1/1	1 samf.		Svak H <sub>2</sub> S-lukt.

## Forkortelser :

Burker

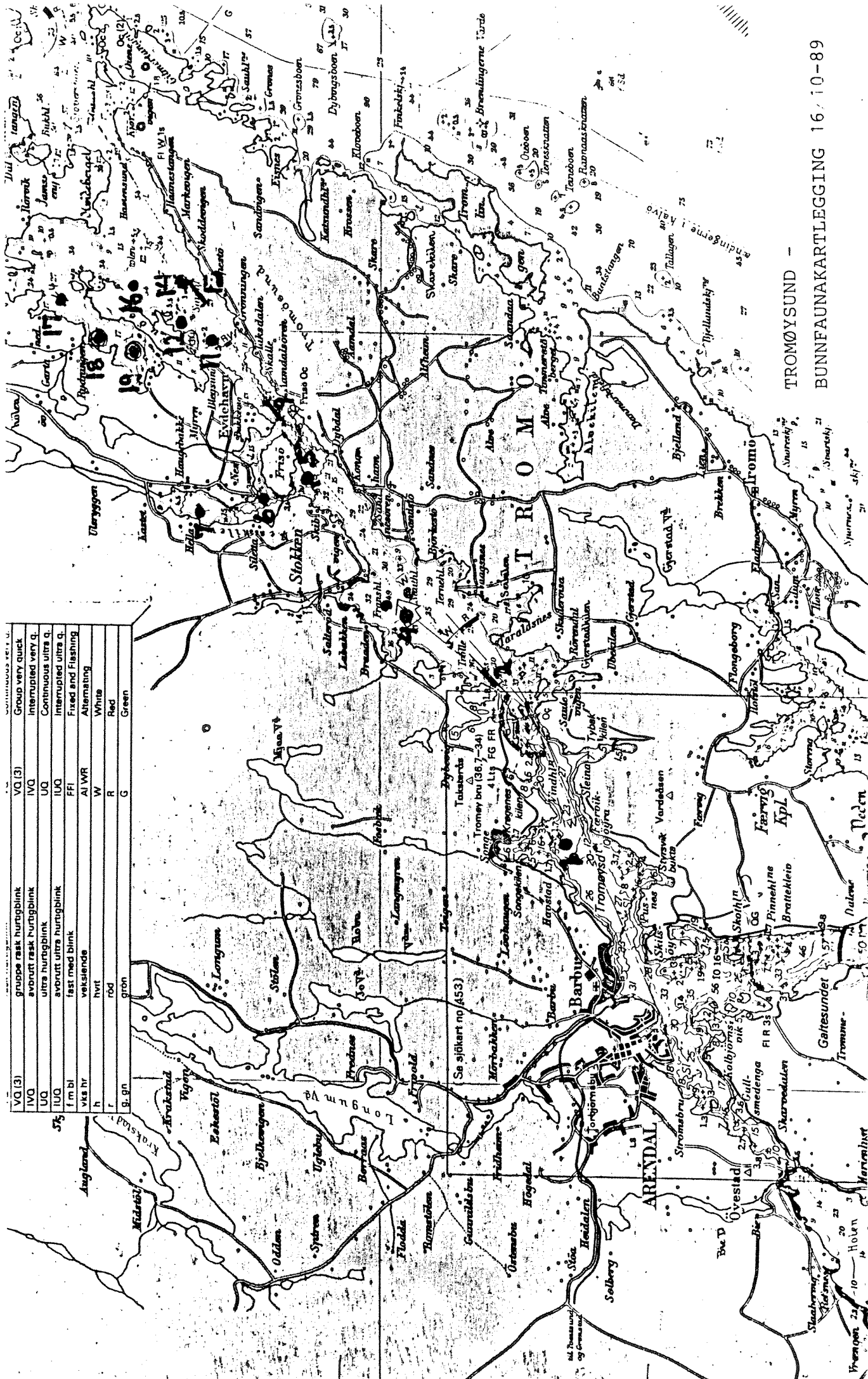
gr. : Grovfraksjon

f. : Finfraksjon

samf.: Samfengt

Repl.: Replikater

VQ (3)	gruppe rask hurtgblink	VQ (3)	Group very quick
IVQ	avbrutt rask hurtgblink	IVQ	Interrupted very q.
UQ	ultra hurtgblink	UQ	Continuous ultra q.
IUQ	avbrutt ultra hurtgblink	IUQ	Interrupted ultra q.
f m bl	fast med blink	FFI	Fixed and Flashing
vks nr	veksende	AIWR	Alternating
h	hvit	W	White
r	rød	R	Red
g. gn	grøn	G	Green



Stasjon	Koordinater	Vanddyb (m)	Kjernelengde (cm)	Parameter, snitt	Sedimenttype
T 1	58°27,94'N 08°48,60'E	26	56	Met, PAH: 0-2 CL: 0-2	Øverste 40 cm mørkegrå organiskholdig, mudderblandet leire, resten lys fin leire.
T 3	58°28,48'N 08°50,43'E	41	50	Met, PAH: 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 12-14, 16-18. CL: 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10.	Øverste 35 cm mørkegrå, organiskholdig, mudderblandet leire.
T 4	58°28,79'N 08°50,98'E	48	25 65	Met, PAH: 0-2 Met: 0-2 Met: 0-2 CL: 0-2 x)	Sandig silt, grus i bunnen.  x) De øverste 10 cm mørkegrå organisk, deretter 20 cm lysere leire. Lys leire i bunnen. Svært høyt vanninnhold i toppen.
T 5	58°29,44'N 08°52,53'E	40	60 40	Met, PAH: 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10. CL: 0-2, 2-4, 4-6, 8-10	Leirholdig silt.  Sandig silt.
T 6	58°29,68'N 08°52,14'E	16	60	Met: 0-4 Met: 0-4 CL: 0-6	Anoksisk. Nederste 10 cm noe fastere, brungrønn, organisk materiale.
T 7	58°30,07'N 08°52,05'E	13	60	Met: 0-4	Anoksisk. Nederste 10 cm noe fastere, brungrønn, organisk materiale.
T 8	58°29,72'N 08°52,77'E	16	>100		Industrislam. Hele corer gjennom bunnslammet.
T 10	58°29,90'N 08°54,02'E	42	20	Met, PAH: 0-2 CL: 0-2	Sandig silt.
T 15	58°30,18'N 08°54,90'E	44	54	Met, PAH: 0-2 CL: 0-2	Leire.
T 19	58°30,47'N 08°53,83'E	19	60	Met, PAH: 0-2 CL: 0-2	Leire. (Litt løsere organisk i toppen).
T 20	58°30,83'N 08°56,92'E	65	60	Met, PAH: 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10 CL: 0-2	Organisk-blandet leire med noe gass i kjernen. Svak H <sub>2</sub> S-lukt.

Forkortelser:

Parameter, snitt

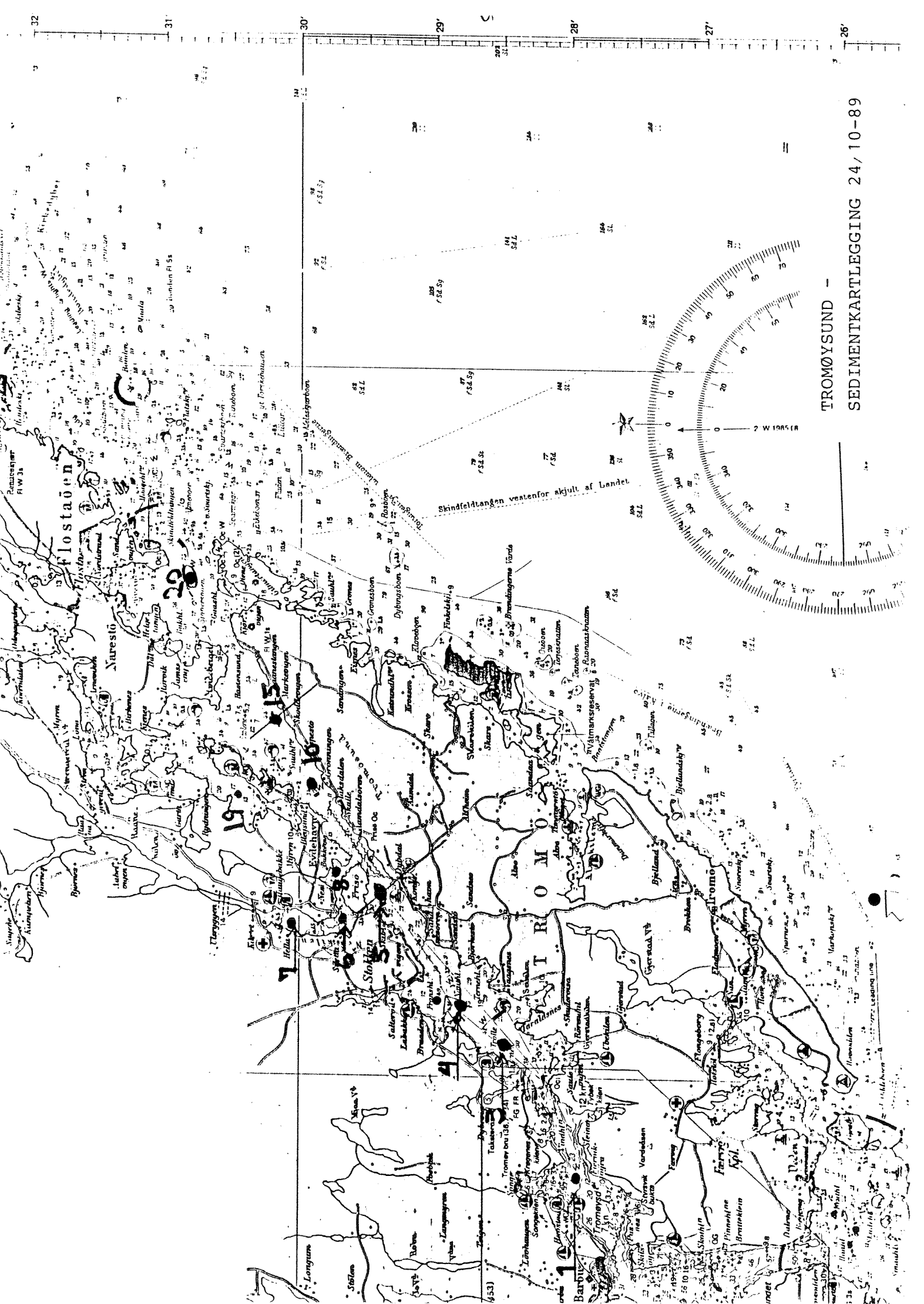
Met, PAH : Prøver til analyse av metaller og PAH.

CL : " " " " klororganiske forbindelser.

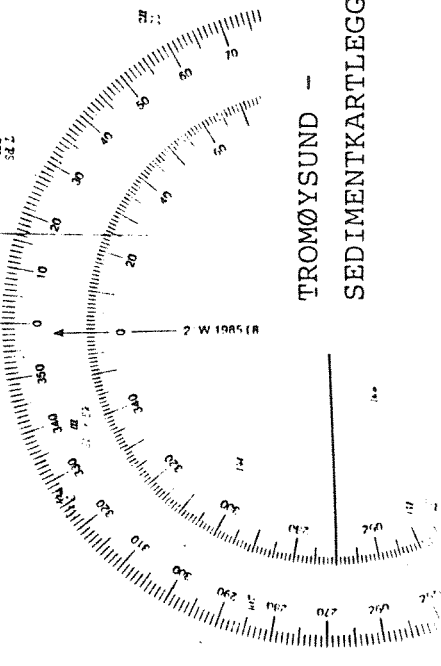
0-2 angir at prøven er tatt de 2 øverste cm i sedimentet.

2-4 angir at prøven er tatt fra 4-6 cm fra toppen av sedimentet

etc.



TROMSØSUND -  
SEDIMENTKARTLEGGING 24/10-89



Skindfeldtangen vestenfor skjult af Landet

19

15

10

5

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

32 31 30 29 28 27 26

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32

## VEDLEGG 2

### Orienterende sedimentundersøkelser



NOTAT  
O-8921701

ORIENTERENDE SEDIMENTUNDERSØKELSE I TROMØYSUND

Grimstad, 14.12.89

Kristoffer Næs

## INNLEDNING

Det har framkommet at beholdig avfall fra det nå nedlagte Det Norske Nitriden Smelteverk (DNN), Eydehavn, har blitt dumpet på fyllinger ved bedriften og lagret i tønner som igjen ble dumpet i Tromøysund. Videre har bedriften lagret annet avfall på fyllinger nær bedriften og ved Heggedalsbukta. For å spore eventuelle utlekkinger og effekter av dette, ba Fylkesmannens Miljøvernnavdeling NIVA gjennomføre en orienterende sedimentundersøkelse.

## FELTARBEID, PRØVETAKING OG ANALYSE

Innsamling av sedimentprøver ble gjort 12.6.89 fra "H.H. Gran". Prøvene ble tatt med en såkalt kjerneprøvetaker og snittet i 2 cm (1 cm) tykke skiver. Utvalgte prøver (totalfraksjon) ble analysert for innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) og ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl) ved gasskromatografi etter ekstraksjon med henholdsvis cykloheksan/konsentrert svovelsyre. De samme prøvene ble også analysert for innhold av bly (Pb) etter opplutning i 50 % salpetersyre (autoklavert).

## RESULTATER OG DISKUSJON

Oversikt over stasjonsplassering sedimenttype er gitt i henholdsvis fig. 1 og tabell 1.

Tabell 1. Visuell beskrivelse av sedimentene.

Stasjon	vanndyp	anmerkninger
1	42	Siltig leire. Fra 4 til 10 cm noe mørkere lag
2	42	Siltig leire. Noe løsere og litt mørkere enn st.1
3	30	Grus, skjellsand
4	35	Sandig silt
5	20	Sandig silt
6	8	Sort anoksisk mudder. Lysere fra ca.30 cm
7	8	Som st.6

Analyseresultatene er stilt opp i tabell 2 nedenfor.

Tabell 2. Innhold av PAH, Pb og EPOCl i ug/g og PCB i ng/g i sedimentprøver fra Tromøysund. Alle verdier er på tørrvektsbasis.

Stasjon	snitt(cm)	PAH	Pb	PCB	EPOCL
1	0-2	2.4	76	24	1.8
1	8-10	0.87	50	1	1.8
2	4-6	12.9	83	4	2.0
4	0-1	24.9	45	92	4.2
6	0-2	9.3	18	40	10.7

PAH er en samlebetegnelse på forbindelser som dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale. En del av disse stoffene kan være kreftfremkallende. I Norge er denne type forurensninger spesielt knyttet til smelteverk som bruker Søderberg elektroder (Næs og Rygg 1988). Øvre grense for konsentrasjoner i sjøsedimenter i områder hvor det ikke er punktkilder er gjerne satt til 0.5 ug/g.

Analysene av prøvene fra Tromøysund viste høye verdier i området mot DNN. Den høyeste verdien var på stasjon 4 hvor det var 50 ganger bakgrunnsverdien. Konsentrasjonene avtok fra DNN og nordover. På stasjon 1 var konsentrasjoner 5 ganger bakgrunn.

Denne stasjonen ligger ca. 3 km fra DNN. I Heggedalsbukta var verdien ca 20 ganger bakgrunn. Resultatene viser at det trolig skjer en PAH-påvirkning på Tromøysund i dag, siden såpass høye verdier ble påvist i den øverste centimeteren av bunnslammet. Om dette skyldes utlekking fra fyllinger på land eller fra tønner dumpet i sundet er usikkert.

Som nevnt var PAH verdiene relativt høye. Sammenlignes de imidlertid med konsentrasjoner fra områder ved smelteverk som bruker Søderbergelektroder, er de moderate (Næs og Rygg 1988). Det er ikke uvanlig her å finne konsentrasjoner i størrelsesorden 100-500 ug/g nær verkene.

Konsentrasjonene av bly (Pb) var relativt lave. Man regner 30-50 ug/g som et naturlig bakgrunnsområde. Det er derfor ikke noe som tyder på vesentlige tilførsler av bly til området.

Den høyeste verdien for innhold av ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl), 10.7 ug/g, ble funnet på stasjon 6 i Heggedalsbukta. EPOCl er en samlebetegnelse for en del klorerte forbindelser. Verdien var relativt høy. Til sammenligning ble det i Vesterhavnområdet i Kristiansand påvist EPOCl-konsentrasjoner på 10-40 ug/g (Næs 1985). I Sunndalsfjorden var verdiene ca. 0.1 ug/g (Næs og Rygg 1988) og opp til 6.4 ug/g i indre Årdalsfjord (Baalsrud et al. 1985).

Det var store variasjoner i innhold av polyklorerte bifenyler (PCB) i sedimentet. PCB brukes som blant annet isolerende, ikke-brennbar olje i transformatorer og kondensatorer og regnes som en farlig miljøgift. Ett nanogram pr. gram ble målt i prøven fra 8-10 cm sedimentdyp på stasjon 1, mens det øverste laget av sedimentet nær Nitriden inneholdt 92 ng/g. Sammenlignes det igjen med Sunndalsfjorden og Årdalsfjorden var konsentrasjonene her henholdsvis 4 og mindre enn 10 ng/g. I Oslofjorden er konsentrasjoner på 45-475 målt (Abdullah et al. 1982).

I likhet med PAH er det klart at nylig sedimentert bunnslam

påvirkes av klororganske forbindelser både nær Nitriden og i Heggedalsbukta. Verdiene var tildels høye.

#### REFERANSER

Abdullah, M.I., O. Ringstad and N.J. Kveseth, 1982.

Polychlorinated biphenyls in the sediments of the inner Oslofjord. *Water, Air and Soil Poll.*, 18: 485-497.

Baalsrud, K., N. Green, J. Knutsen, K. Næs og B. Rygg 1985.

Overvåkning av Årdalsfjorden. En tiltaksorientert undersøkelse av forurensinger fra aluminiumsindustri og befolkning. Statlig prog. rapp. nr. 228/86, O-8000318. SFT/NIVA, Oslo, 133s.

Næs, K. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport: Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene. Statlig prog., rapp. 193/85, O-8000353, SFT/NIVA, Oslo, 62s.

Næs, K og B. Rygg 1988. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnsfauna. Statlig prog. rapp. 306/88, O-8000361/8000362, SFT/NIVA, Oslo, 54s.

Målestokk 1 : 50 000



Figur 1  
Sedimentstasjoner i  
Tromsøysund juni 1989.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Trømøysund

Oppdragsnr. : 87112  
 Prøver mottatt : 4/8-89  
 Lab.kode : BMU 1-5  
 Jobb nr. : 89/72

Prøvebetegnelse:

1 - T1 0-2  
 2 - T1 8-10  
 3 - T2 4-6  
 4 - T4 0-1  
 5 - T6 0-2  
 6 -

Konsentrasjoner i: ug/kg tørket sediment

PAH	1	2	3	4	5	6
Naftalen				79		
2-Metylnaftalen						
1-Metylnaftalen						
Bifenyl			7	21		
Acenaftalen			9			
Acenaften			83	260		
Dibenzofuran			76			
Fluoren		16	236	296		
Dibenzotiofen			77	139		
Fenantren	606	133	1138	2822	1271	
Antracen			297	549	300	
2-Metylantracen			42	78		
1-Metylfenantren			58	59		
9-Metylantracen						
Fluoranten	365	105	1197	3424	2032	
Pyren	247	108	1036	2414	2063	
Benzo(a)fluoren			309	583		
Benzo(b)fluoren			243	467		
1-Metylpyren						
Benzo(ghi)fluoranten						
Benz(a)antracen *	ca. 100	27	586	1761	803	
Trifenylen/Chrysen	316	58	1095	2510	1081	
Benzo(b)fluoranten *	x) 440	x) 192	x) 2006	3388		
Benzo(j+k)fluoranten *						
Benzo(e)pyren	335?	140	996	1617	Maskert	
Benzo(a)pyren *		54	1121	1353	766	
Perylen		35	180	292		
Indeno(1,2,3-cd)pyren *			538	860	934	
Dibenz(a,c og/eller a,h)antracen * 1)			148	202		
Benzo(ghi)perylene			553		Maskert	
Anthanthrene						
Coronen			213	765		
Dibenz(a,e+a,h+a,i+a,l)- pyren *			627	913		
Sum	2409	868	12871	24852	9250	
Derav KPAH (*)						
% KPAH						
% Tørrstoff						

x) Inkludert benzo(j,k)fluoranten

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

1) Bare (a,h)-isomeren \*

Dato : 14/8-89

Analytiker : BRG

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Tromøysund

Oppdragsnr. : 87112  
 Prøver mottatt : 4/8-89  
 Lab.kode : BMU 1-5  
 Jobb nr. : 89/72  
 Prøvetype : Sedimenter  
 Konsentrasjoner i : ng/g tørrvekt

Prøvebetegnelse

- 1 - T1 0-2 cm
- 2 - T1 8-10 "
- 3 - T2 4-6 "
- 4 - T4 0-1 "
- 5 - T6 0-2 "
- 6 -
- 7 -

Parameter	1	2	3	4	5	6	7
5-CB	<0.1	<0.1	<0.1	1	<0.5		
α-BHC	<0.1	<0.1	<0.1	1	<0.5		
HCB	maskert	<0.1	<0.1	maskert	2 ?		
γ-BHC (Lindan)	maskert	<0.1	<0.1	maskert	0.8		
Σ-DDT	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<2		
PCB	24	1	4	92	40		
EOPCL							
% Tørrstoff							
% Fett							

6/9-89

Brg



**VEDLEGG 3****Rådata for sedimentundersøkelsene**

Vedlegg 3.1. Sedimentdata over innhold av finstoff, < 63  $\mu\text{m}$  (Kornf.), totalt organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN), karbon til nitrogen forhold (C/N), PAH, jern (Fe), aluminium (Al), silisium (Si), bly (Pb), sink (Zn), kobber (Cu), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg).

## Tromsund sedimenter

73

Stasjon	dyp cm	Kornf. %	TOC %	TN %	C/N	PAH $\mu\text{g}/\text{kg}$
1	1	88,2	7,4	0,6	13,2	7825,0
3	1	100,0	6,9	0,7	10,1	6912,0
4	1	48,8	3,7	0,4	10,3	5450,0
5	1	49,2	3,6	0,3	11,9	1131,0
6	3	100,0	8,4	0,3	25,5	7569,0
10	1	37,1	3,3	0,2	17,1	13795,0
20	1	97,6	4,5	0,5	9,4	2349,0
3	1	100,0	6,9	0,7	10,1	6912,0
3	7	74,8	7,3	0,7	10,9	15178,0
3	17	86,3	6,4	0,6	10,7	31468,0

Stasjon	dyp cm	Fe %	Al %	Si %	Pb $\mu\text{g}/\text{g}$	Zn $\mu\text{g}/\text{g}$
1	1	3,7	2,9	20,7	126,0	295,0
3	1	4,5	2,2	14,0	101,0	225,0
4	1	3,6	2,5	16,3	59,6	132,0
5	1	2,6	3,1	31,4	56,3	132,0
6	3	2,6	1,1	36,6	46,2	179,0
10	1	2,2			42,1	90,2
20	1	3,6	3,1	19,6	69,7	151,0
15	1		3,1	20,0		
3	1	45,4			101,0	225,0
3	7	38,5			146,0	302,0
3	17	41,0			138,0	232,0

Stasjon	dyp cm	Cu $\mu\text{g}/\text{g}$	Cd $\mu\text{g}/\text{g}$	Hg $\mu\text{g}/\text{g}$	Si/Al	Fe/Al
1	1	93	0,17	0,74	7,14	1,28
3	1	71	0,18	0,60	6,36	2,05
4	1	63	0,23	0,28	6,52	1,44
5	1	43	0,14	0,29	10,13	0,84
6	3	79	0,34	0,16	33,27	2,36
10	1	23	0,09	0,20		
20	1	43	0,25	0,26	6,32	1,16
15	1				6,45	
3	1	71	0,18	0,60		
3	7	102	0,23	1,33		
3	17	92	0,33	2,43		

Vedlegg 3.2. Polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentene (ng/g).

Navn/lokalitet : Tromøysund

Oppdragsnr. : 8921701  
 Prøver mottatt : 4/4-90  
 Lab.kode : EMM1-6  
 Jobb nr. : 90/43

Prøvebetegnelse:

1 : T1 0-2cm  
 2 : T2 0-2 "  
 3 : " 6-8 "  
 4 : T2 16-18 cm  
 5 : T3 0-2 "  
 6 : T4 0-2 "

Konsentrasjoner i: µg/kg tørrvekt

st 1 st 3.0-2 st 3, 6-8 st 3, 16-18 st 4 st 5

PAH	1	2	3	4	5	6
Naftalen	134		119	353		
2-Metylnaftalen						
1-Metylnaftalen						
Bifenyl						
Acenaftalen						
Dibenzofuran	210		49	1899	354	
Fluoren				511		
Dibenzotiofen			73			
Fenantren	525	372	1894	4598		
Antracen			193	404		
2-Metylantracen			94			
2-Metylfenantren			121			
9-Metylantracen						
Fluoranten	1742	847	2401	4957	695	3047
Pyren	1412	651	1907	4529	683	2633
Benzo(a)fluoren						
Benzo(b)fluoren						
1-Metylpyren						
Benzo(ghi)fluoranten						
Benz(a)antracen *	74	509	671	1421	846	2056
Trifenyl/Chrysen	30	922	1520	3585	846	2056
Benzo(b)fluoranten *	1564	1441	2525	4215	1090	1154
Benzo(j+k)fluoranten *			40	180		483
Benzo(e)pyren	846	660	1226	1785	807	1175
Benzo(a)pyren *	513	458	772	1327	152	202
Perylen						
Indeno(1,2,3-cd)pyren *	61	377	89	530	169	567
Dibenz(a,c og/eller a,h)antracen * 1)			74			
Benzo(ghi)perylene	714	675	978	1141	654	
Anthanthrene						
Coronen						
Dibenz(a,e+a,h+a,i+a,l)-pyren *			432			
Sum	7825	6912	15178	31468	5450	#11317
Derav KPAH (*)	2168	2785	4567	7673	2257	4462
% KPAH	28	40	30	24	41	39
% Tørrstoff						

# Prøve nr.6 mkr.T4 0-2cm: Komp. fra Naftalen til 9-Metylantracen er gått tapt p.g.a. at den er kokt tørr.  
 \* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A og 2B (sannsynlige + trolige cancerogene). Sum av \* utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren \*

Dato : 5/10-90

Navn/lokalitet : Tromøysund

Oppdragsnr. : 8921701  
 Prøver mottatt : 4/4-90  
 Lab.kode : EMM7-9  
 Jobb nr. : 90/43

Prøvebetegnelse:

1 : T5 0-4cm  
 2 : 16 0-2 "  
 3 : T9 0-2 "

Konsentrasjoner i: ug/kg tørrvekt

*st 6      st 10      st 20*

PAH	1	2	3	4	5	6
Naftalen		42	103			
2-Metylnaftalen						
1-Metylnaftalen						
Bifenyli						
Acenaftalen						
Acenaften						
Dibenzofuran	37	138	122			
Fluoren						
Dibenzotiofen						
Fenantren	117	1136	193			
Antracen	221					
2-Metylantracen						
1-Metylfenantren						
9-Metylantracen						
Fluoranten	3986	2702	416			
Pyren	2968	2148	298			
Benzo(a)fluoren						
Benzo(b)fluoren						
1-Metylpyren						
Benzo(ghi)fluoranten						
Benz(a)antracen *	25	784	307			
Trifenylen/Chrysen	13	2607	307			
Benzo(b)fluoranten *	62	2013	592			
Benzo(j+k)fluoranten *	67					
Benzo(e)pyren	44	962	217			
Benzo(a)pyren *	29	653				
Perylen						
Indeno(1,2,3-cd)pyren *		153	14			
Dibenz(a,c og/eller a,h)antracen * 1)						
Benzo(ghi)perylene		457	87			
Anthanthrene						
Coronen						
Dibenz(a,e+a,h+a,i+a,l)-pyren *						
Sum	7569	13795	2349			
Derav KPAH (*)	183	5060	1198			
% KPAH	2	37	51			
% Tørrstoff						

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

1) Bare (a,h)-isomeren \*

Vedlegg 3.3. Klorerte forbindelser i sedimentene (n/ng).

## NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Tromøysund

Oppdragsnr. : 8921701  
 Prøver mottatt : 28/3-90  
 Lab.kode : EKI1-5  
 Jobb nr. : 90/38  
 Prøvetype : Sediment  
 Konsentrasjoner i : ug/kg tørt materiale

Prøvebetegnelse

1 - T1, CL 0-2cm  
 2 - T3, " " "  
 3 - T4, " " "  
 4 - T5, " 0-6 "  
 5 - T9, " 0-2 "

*st.1 st3 st4 st6 st20*

Parameter	1	2	3	4	5	6	7
5-CB	<1.0	<0.7	<0.5	<1.2	<0.7		
α-BHC	<1.0	<0.7	<0.5	<1.2	<0.7		
HCB	<1.0	<0.7	<0.5	<1.2	<0.7		
γ-BHC (Lindan)	<1.0	<0.7	<0.5	<1.2	<0.7		
p,p-DDE	<1.0	<0.7	<0.5	<1.2	<0.7		
p,p-DDD	2.5	1.6	<0.5	<1.2	<0.7		
OCS							
PCB-28	<1.0	<0.7	<0.5	<1.2	<0.7		
PCB-52	<1.0	<0.7	2.8	<1.2	<0.7		
PCB-101	2.2	6.2	5.4	<1.2	<0.7		
PCB-118	<1.0	<0.7	3.8	<1.2	<0.7		
PCB-153	3.6	4.2	5.8	<1.2	<0.7		
PCB-138	5.8	7.5	8.0	1.7	0.8		
PCB-180	1.5	1.4	6.3	<1.2	<0.7		
-PCB-209							
EOPCL							
% Tørrstoff	24.5	30.8	58.8	20.0	30.8		
% Fett							



**VEDLEGG 4**  
**Artslister bunnfauna**

Vedleggstabell 4.1. Fullstendige resultater for bløtbunnsfauna i Tromøysundet (kvantitative prøver).

80

TROMØYSUND 1989 (ST 4 1990)	STASJON									
	1	4	5	7	11	12	14	16	18	19
<b>ANTHOZOA</b>										
Cerianthus lloydii Gosse	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Edwardsia longicornis	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Virgularia mirabilis (Mueller)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<b>NEMERTINEA</b>										
Nemertinea indet	4	-	2	-	-	5	3	1	-	-
<b>POLYCHAETA</b>										
Amaeana trilobata (M.Sars 1863)	-	-	3	-	1	-	3	1	-	-
Ampharetidae indet	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Brada cf. villosa (Rathke 1843)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Brada villosa (Rathke 1843)	1	-	10	-	-	-	8	3	-	-
Caulleriella sp	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Chaetozone setosa Malmgren 1867	-	-	1	-	-	12	1	1	3	-
Chone sp	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)	-	-	2	-	-	2	3	4	-	-
Euclymene sp	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Exogone sp	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Gattyana cirrosa (Pallas 1766)	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Glycera alba (O.F.Mueller 1776)	-	-	8	-	1	-	4	1	-	-
Glycera rouxii Audouin & Milne Edw	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Goniada maculata Oersted 1843	1	-	4	-	1	1	10	3	1	-
Gyptis rosea (Malm 1874)	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Harmothoe sarsi (Kinberg 1865)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Lanassa venusta (Malm 1874)	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Laonice cirrata (M.Sars 1851)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Lumbrineris scopa Fauchald 1974	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-
Maldane sarsi Malmgren 1865	-	26	10	-	-	1	-	-	-	-
Mediomastus fragilis Rasmussen	48	-	-	-	-	3	-	-	-	-
Myriochele oculata Zaks 1922	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nephtys cf. incisa Malmgren 1865	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Nephtys hombergii Savigny 1818	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Nephtys incisa Malmgren 1865	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje)	3	-	9	-	-	-	1	-	-	-
Owenia fusiformis Delle Chiaje	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Pectinaria auricoma (O.F.Mueller)	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-
Pectinaria koreni Malmgren 1865	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Pholoe minuta (Fabricius 1780)	2	-	4	-	1	-	8	2	3	-
Phyllodocidae indet	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Pilargis papillosa	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Pista cristata (O.F.Mueller 1776)	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Platynereis dumerilii (Audouin&Miln	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Polycirrus plumosus (Wollebaek 1912)	-	-	2	-	-	-	1	1	-	-
Polydora caulleryi Mesnil 1897	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyphysia crassa (Oersted 1843)	2	-	2	-	-	-	3	-	-	-
Prionospio cirrifera Wiren 1883	-	-	-	-	6	1	1	1	-	-
Prionospio malmgreni Claparede	-	-	5	-	13	26	6	7	1	3
Prionospio multiobranchiata Berkel	-	-	-	-	-	-	2	4	2	-
Pseudopolydora antennata (Claparede)	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Rhodine loveni Malmgren 1865	-	-	-	-	-	-	4	3	1	1
Scalibregma inflatum Rathke 1843	1	-	4	-	-	-	1	-	-	-
Scolecopsis sp	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-

	1	4	5	7	11	12	14	16	18	19
Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-
Sosane sulcata Malmgren 1865	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-
Sphaerodorum sp	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Sphaerosyllis hystrix Claparede	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Spio filicornis (O.F.Mueller 1766)	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
Spiophanes kroeyeri Grube 1860	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Syllidia armata Quatrefages 1865	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Terebellides stroemi M.Sars 1835	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-
Tharyx sp	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Trichobranchus roseus (Malm 1874)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Typosyllis cornuta (Rathke 1843)	1	-	1	-	3	-	3	1	-	-
OLIGOCHAETA										
Oligochaeta indet	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
PROSOBRANCHIA										
Nassarius reticulatus (L.)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Natica alderi Forbes	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-
Onoba vitrea (Montagu)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Rissoa albella Loven	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
OPISTOBRANCHIA										
Cylichna cylindracea (Pennant 1777)	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Philine aperta (L.)	6	-	-	-	5	6	-	-	2	3
Philine scabra (O.F.Mueller 1776)	-	-	2	-	1	-	3	1	3	-
CAUDOFOVEATA										
Caudofoveata indet	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-
BIVALVIA										
Arctica islandica (Linne 1767)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cerastoderma ovale (Sowerby)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Corbula gibba (Olivi 1792)	6	3	5	-	-	3	1	-	1	-
Myrtea spinifera (Montagu)	1	-	-	1	-	-	5	2	-	-
Mysella bidentata (Montagu 1803)	12	-	15	-	-	-	1	5	59	-
Nucula nitidosa (Winckworth)	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nucula nucleus (Linnaeus)	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Nuculoma tenuis (Montagu)	3	-	1	-	-	-	1	-	-	-
Thracia convexa (Wood)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Thyasira cf. flexuosa (Montagu 1803)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Thyasira flexuosa (Montagu 1803)	71	-	1	-	-	2	1	1	1	-
Thyasira sarsi (Philippi 1845)	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Venus striatula (Da Costa)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
CUMACEA										
Leucon nasica (Kroeyer)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
ISOPODA										
Strongylura cylindrata G.O.Sars	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
AMPHIPODA										
Ampelisca brevicornis (Costa)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Ampelisca tenuicornis Lilljeborg	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Ampelisca typica (Bate)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-

	1	4	5	7	11	12	14	16	18	19
Paraphoxus oculatus Sars 1891	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
SIPUNCULIDA										
Golfingia sp	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Phascolion strombi (Montagu 1804)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PRIAPULIDA										
Priapulid caudatus Lamarck 1816	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
ASTEROIDEA										
Asterias rubens L.	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
OPHIUROIDEA										
Amphiura chiajei Forbes	5	-	40	-	3	-	75	34	3	-
Amphiura filiformis (O.F.Mueller)	15	-	14	-	52	-	87	11	19	1
Ophiura albida Forbes	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
ECHINOIDEA										
Brissopsis lyrifera (Forbes)	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Echinocardium cordatum (Pennant)	10	-	4	-	1	4	3	1	-	2
Echinocardium flavescens (O.F.Muell)	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
Echinocyamus pusillus (O.F.Mueller)	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
HOLOTHUROIDEA										
Cucumaria elongata Dueben & Koren	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Labidoplax buski (McIntosh)	3	-	-	-	-	-	3	2	3	1

Vedleggstabell 4.2. Fullstendige artslistelser for prøvene med  
bunnslede i Tromøysundet 16. oktober 1989.

CIRRIPEDIA (rur)				
Balanus crenatus			Bruguiere	1
CUMACEA (kommakreps)				33
Diastylis bradyi				
DECAPODA (tifotkreps)				1
Pandalina brevirostris			(Rathke 1843)	
SIPUNCULIDA/PRIAPULIDA (pølseormer)				1
Onchnesoma steenstrupi			Koren & Danielssen 1876	11
Phascollion strombi			(Montagu 1804)	1
Priapulus caudatus			Lamarck 1816	
OPHIUROIDEA (slangestjerner)				2
Ophiura sp				
ECHINOIDEA (sjøpinnsvin)				5
Echinocardium flavescens			(O.F.Mueller)	
ASCIDIACEA (sekkedyr)				3
Ascidiaacea indet				
PISCES (fisk)				1
Gobiidae indet				

St. T 2	Tromøybrua			
CNIDARIA (nesledyr)				3
Anthozoa indet				3
Edwardsia sp				
NEMERTINEA (båndmark)				4
Nemertinea indet				
POLYCHAETA (mangebørstemark)				1
Ampharetidae indet				69
Capitella capitata			(Fabricius 1780)	1
Chaetopterus variopedatus			(Renier 1804)	2
Chaetozone setosa			Malmgren 1867	10
Chone sp				10
Euchone papillosa			(M.Sars 1851)	9
Glycera alba			(O.F.Mueller 1776)	1
Goniada maculata			Oersted 1843	2
Harmothoe sp				53
Lanassa venusta			(Malm 1874)	4
Maldane sarsi			Malmgren 1865	1
Melinna cristata			(M.Sars 1851)	1
Myriochele oculata			Zaks 1922	1
Ophelina acuminata			Oersted 1843	70
Ophiodromus flexuosus			(Delle Chiaje 1822)	1
Paraonidae indet				14
Pectinaria koreni			Malmgren 1865	1
Phyllodoce groenlandica			(Oersted 1842)	1
Platynereis dumerilii			(Audouin & Milne-Edwards 1834)	4
Polydora sp				12
Polyphysia crassa			(Oersted 1843)	1
Sabella penicillus				4
Sabellides octocirrata			(M.Sars 1835)	1
Sosane sulcata			Malmgren 1865	2
Sphaerodorum gracillis				1
Spio filicornis			(O.F.Mueller 1766)	5
Terebellides stroemi			M.Sars 1835	1
Trichobranchus glacialis			Malmgren 1865	73
OPISTHOBANCHIA (bakgjellesnegl)				1
Philine aperta			(L.)	
Philine scabra			(O.F.Mueller 1776)	
BIVALVIA (muslinger)				1
Astarte montagi			Dillwyn 1817	74
Corbula gibba			(Olivi 1792)	3
Mysella bidentata			(Montagu 1803)	83
Nuculoma tenuis			(Montagu)	2
Thyasira flexuosa			(Montagu 1803)	



Vedleggstabell 4.2. (forts.)

St T 13 Markevik

PORIFERA (svamp)	1
Porifera indet	
CNIDARIA (nesledyr)	3
Edwardsia sp	
NEMERTINEA (båndmark)	3
Nemertinea indet	
POLYCHAETA (mangebørstemark)	1
Branchionma bombyx (Dalyell 1853)	2
Cirratulus cirratus (O.F.Mueller 1776)	4
Eumida sanguinea (Oersted 1843)	1
Eunice dubitata	25
Glycera alba (O.F.Mueller 1776)	1
Harmothoe cf. fragilis	3
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	5
Lepidonotus squamatus	24
Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)	3
Nicolea venustula (Montagu 1818)	6
Nicomache trispinata Arwidsson 1906	1
Notomastus latericeus Sars 1851	4
Pholoe minuta (Fabricius 1780)	1
Polydora sp	2
Polynoideae indet	1
Polyphysia crassa (Oersted 1843)	3
Pomatoceros triqueter (Linne)	1
Prionospio cirrifera Wiren 1883	1
Sabella penicillius	2
Sabellides octocirrata (M.Sars 1835)	2
Scalibregmidæ indet	1
Scionella lornensis	1
Serpula vermicularis Linne 1767	2
Sphaerodorum gracilis	3
Tharyx sp	1
Trichobranchus roseus (Malm 1874)	1
Typosyllis armillaris (O.F.Mueller 1776)	1
PROSOBRANCHIA (forgjellesnegl)	10
Alvania beanii	8
Alvania punctura	4
Emarginula fissura	4
Gibbula tumida	8
Hinia incrassata	11
Jujubinus clelandi	1
Onoba semicostata	1
Velutina velutina (Mueller)	

OPISTHBRANCHIA (bakgjellesnegl)

Nudibranchia indet

Philine aperta (L.)

Philine scabra (O.F.Mueller 1776)

Turbonilla rufescens

POLYPLACOPHORA (skall-llus)

Hanleya hanleyi (Bean)

Leptoichiton asellus (Spengler)

Stenosemus albus (L.)

Tonicella rubra

BIVALVIA (muslinger)

Astarte montagui Dillwyn 1817

Astarte sulcata (Da Costa 1778)

Cerastoderma ovale

Chlamys varia

Heteranomia squamula (L.)

Hiatella arctica (Linne 1767)

Lima loscombi (G.B.Sowerby)

Modiolus phaseolinus (Philippi)

Nucula nucleus (Linnaeus)

Palliololum furtivum

Palliololum striatum

Pododesmus patelliformis

Pododesmus squama

OSTRACODA (muslingkreps)

Cypridina norvegica Baird

CIRRIPEIDIA (rur)

Balanus balanus

MYSIDACEA (mysider)

Mysis sp.

ISOPODA (tanglus)

Ianira maculosa

AMPHIPODA (tanglopper)

Ampelisca tenuicornis Lilljeborg

Amphipoda indet

Harpinia pectinata G.O.Sars

Maera cf. othonis

DECAPODA (tifotkreps)

Anapagurus chiroacanthus (Lilljeborg)

Eualus sp.

Eurynome spinosa Hailstone

Galathea intermedia Lilljeborg

Paguridae indet

Pandalina brevirostris (Rathke 1843)

Phillocheras bispinosus Hailstone

4

1

1

1

6

135

1

1

7

8

1

1

1

18

1

16

7

6

5

1

1

5

1

1

2

3

1

1

1

1

1

3

1

20

4

8

1

SIPUNCULIDA (pølseormer)	3
Golfingia cf. minuta (Keferstein)	
BRACHIPODA (armføttinger)	40
Crania anomala	25
Terebratulina caputserpentis	
ASTEROIDEA (sjøstjerner)	3
Asterias rubens L.	1
Luidia sarsi Dueben & Koren	
OPHTHUROIDEA (slangestjerner)	1
Amphiura chiajei Forbes	15
Ophiopholis aculeata (O.F.Mueller)	12
Ophiothrix fragilis Abildg.	
ECHINOIDEA (sjøpinnsvin)	1
Echinocyamus pusillus (O.F.Mueller)	11
Echinus cf. esculentus	
ASCIDIACEA (sekkedyr)	9
Ascidiacea indet	5
Ciona intestinalis	



## VEDLEGG 5

Fullstendige data for hardbunnsorganismer

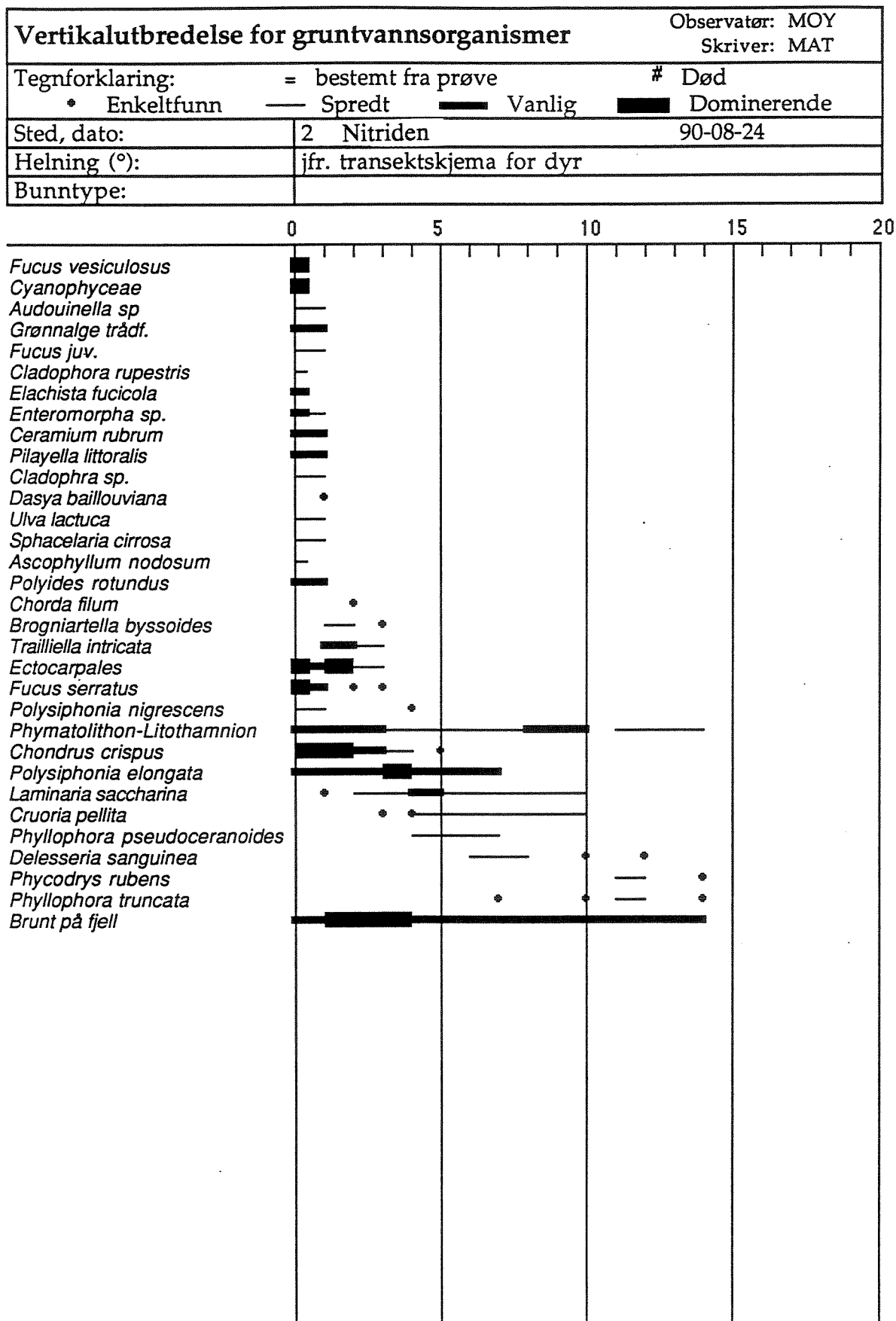
Vedleggstabell 5.1. Fullstendige resultater fra registreringer av hardbunnsorganismer på overflatestasjoner i Tromøysundet 24-25 august 1990. Angivelse av forekomst: e = enkeltfunn, s = spredt, v = vanlig, d = dominerende.

Stasjon	Krøge- nes	Trolle- nes	Skib- vig	Frisø	Nitri- den	Buøy	Norskt navn
Rhodophyceae							Rødalger
Ahnfeltia plicata	-	s	v	s	-	-	sjørís
Audouinella sp.	v	s	s	v	s	v	rødpusling
Bonnemaisonia hamifera (2n)	-	-	-	-	-	v	rødlo
Brogniartella byssoides	-	-	-	-	s	s	fagerdokke
Ceramium rubrum	v	v	d	v-d	v	d	vanlig rekeklo
Ceramium strictum	s	-	-	d	v	-	tynn rekeklo
Chondrus crispus	v	s	v	s	v	v	krusflik
Corallina officinalis	-	-	-	-	-	s	krasing
Cruoria pellita	-	s	-	-	-	v	sleipfleck
Cystoclonium purpureum	-	-	-	-	-	s	fiskeløk
cf. Dasya baillouviana	-	-	e-s	v	s	-	strømgarn
Furcellaria lumbricalis	-	s	d	-	-	v	svartkluft
Hildenbrandia rubra	d	v	v	d	-	v	fjæreblood
cf. Laurencia pinnatifida	-	-	e	-	-	-	pepperalge
Phyllophora pseudoceranoïdes	v	-	-	v	-	-	krusblekke
Phyllophora truncata	v	s	-	d	-	-	hammerblekke
Phymatolithon lenormandii	-	s	v	-	s	v	slettrugl
Polyides rotundus	s	-	-	v	s	-	rødkluft
Polysiphonia spp.	v	e	s	s	s	v	rød/svart-dokke
Phaeophyceae							Brunalger
Ascophyllum nodosum	d	s	s	v	s	s	grisetang
Chorda filum	-	s	-	-	-	s	martaum
Ectocarpacea	v	v-d	v	v	d	v	brunslí
Elachista fucicola	s	v	v	-	v	v	tanglo
Fucus serratus	d	v-d	v	-	d	d	sagtang
Fucus vesiculosus	d	d	d	d	d	d	blæretang
Pilayella littoralis	v	v	s	v	v	s	perlesli
Sphacelaria cirrosa	s	-	s	-	s	s	bruntufs
Striaria attenuata			e				
Chlorophycerae							Grønnalger
Cladophora rupestris	v	v	s	-	s	v	grønnndusk
Cladophora sp.	v	s	v	v-d	s	-	lys grønnndusk
Enteromorpha sp.	v	v	s	v	v	s	tarmgrønske
Ulothrix sp./Urospora sp.	-	-	-	-	-	s	grønnhår/grønnsli
Ulva lactuca	s	s	-	-	-	-	havsalat
Cyanophyceae	-	-	-	-	d	s	Blågrønnalger
Bacillariophyceae	v	s	v	d	d	s	Kiselalger (Diatomeer)
Acmea	-	-	-	-	-	e	snegl
Actinidae	-	-	-	-	s	s	sjørøse
Alcyonidium hirsutum	e	s	s	-	-	s	mosdyr
Asterias rubens (små)	v	s	s	s	v	v	korstroll (små)
Asterias rubens (store)	s	e	s	-	-	-	korstroll (store)
Balanus balanoides	e	e	s	-	-	s	sur
Carcinus maenas	e	e	e	e	e	s	strandkrabbe
Dynamena pumilla	-	v	-	-	-	-	hydroider
Electra pilosa	s	s	v	s	s	v	mosdyr
Halichondria panicea	-	-	e	-	-	s	brødsvamp
Hydroïdae	-	-	e	-	-	s	hydroider
Laomedea sp.	v	v	v	s	v	v	hydroider
Littorina littorea	-	s	v	v	-	s	strandsnegl
Membranipora membranacea	-	-	-	-	-	s	mosdyr
Mytilus edulis	s	v	s	s	-	s	blåskjell
Ophiura sp.	-	e	-	-	-	-	slangestjerne
Pomatoceros triqueter	-	-	e	s	-	s	trekantmark
Porifera	e	s	-	-	-	-	svamp
Psamechinus miliaris	-	-	-	-	-	s	grønn kråkebolle
Spirorbis sp.	-	-	-	-	-	s	posthornmark
Strongylocentrotus droebachiensis	-	-	e	e	-	-	drøbakskråkebolle
Urticina felina	-	-	-	-	e	s	fjæresjørøse

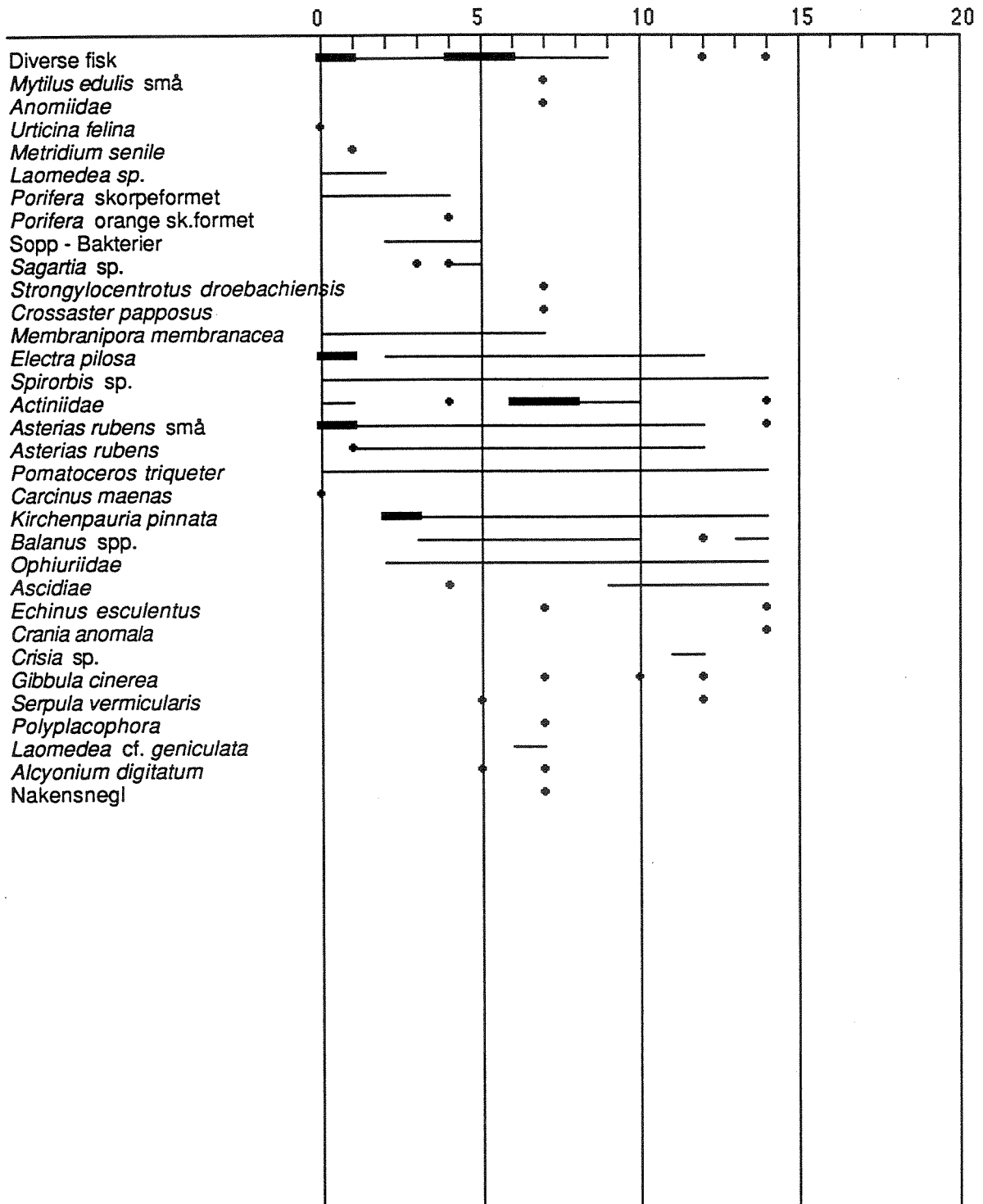
Vedleggstabell 5.2. Vertikalutbredelse for hardbunnsorganismer i Tromøysundet 89 registrert ved dykking 24-25 august 1990.

Alger og dyr er registrert på separate skjema.

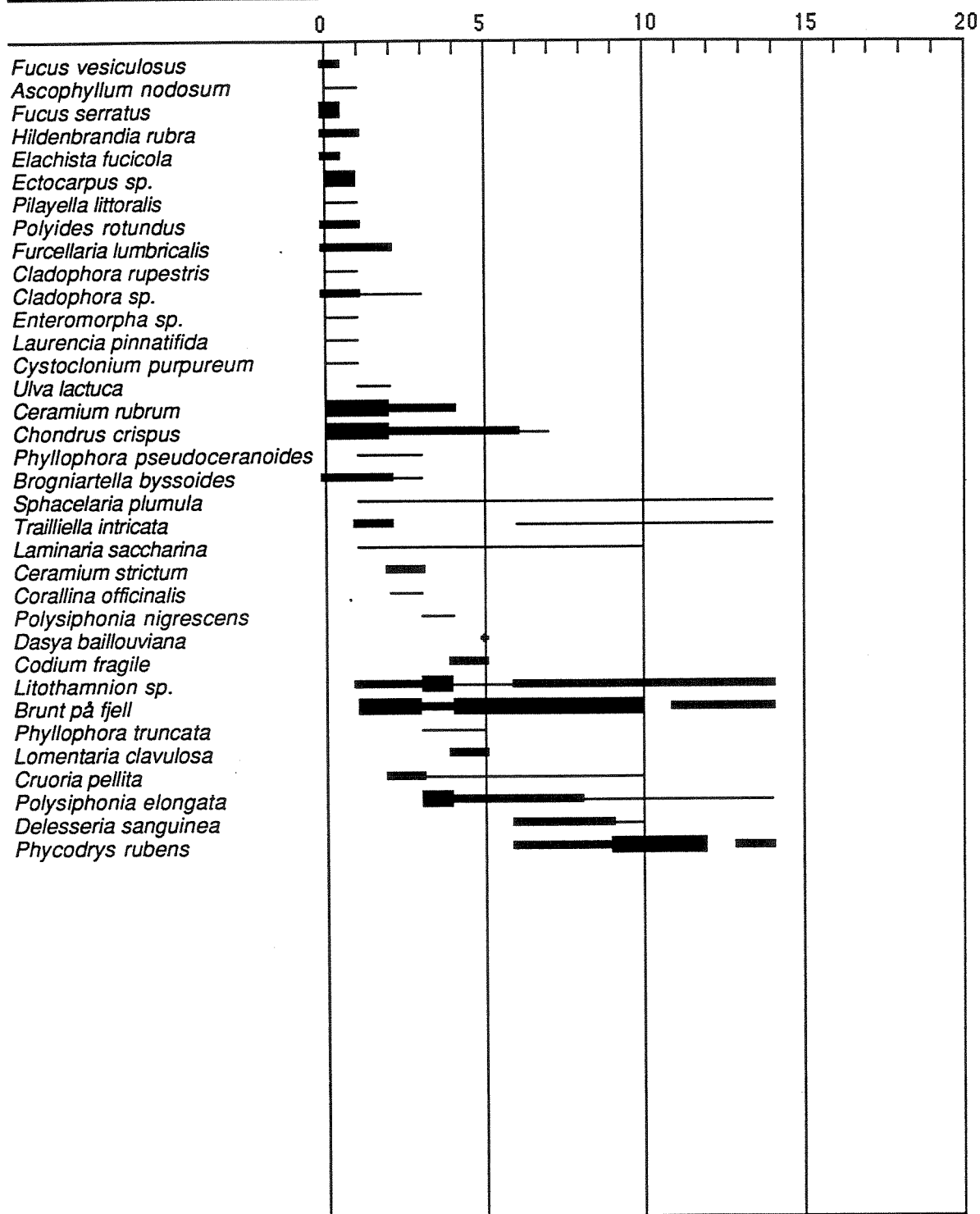
A. Stasjon Nitriden alger

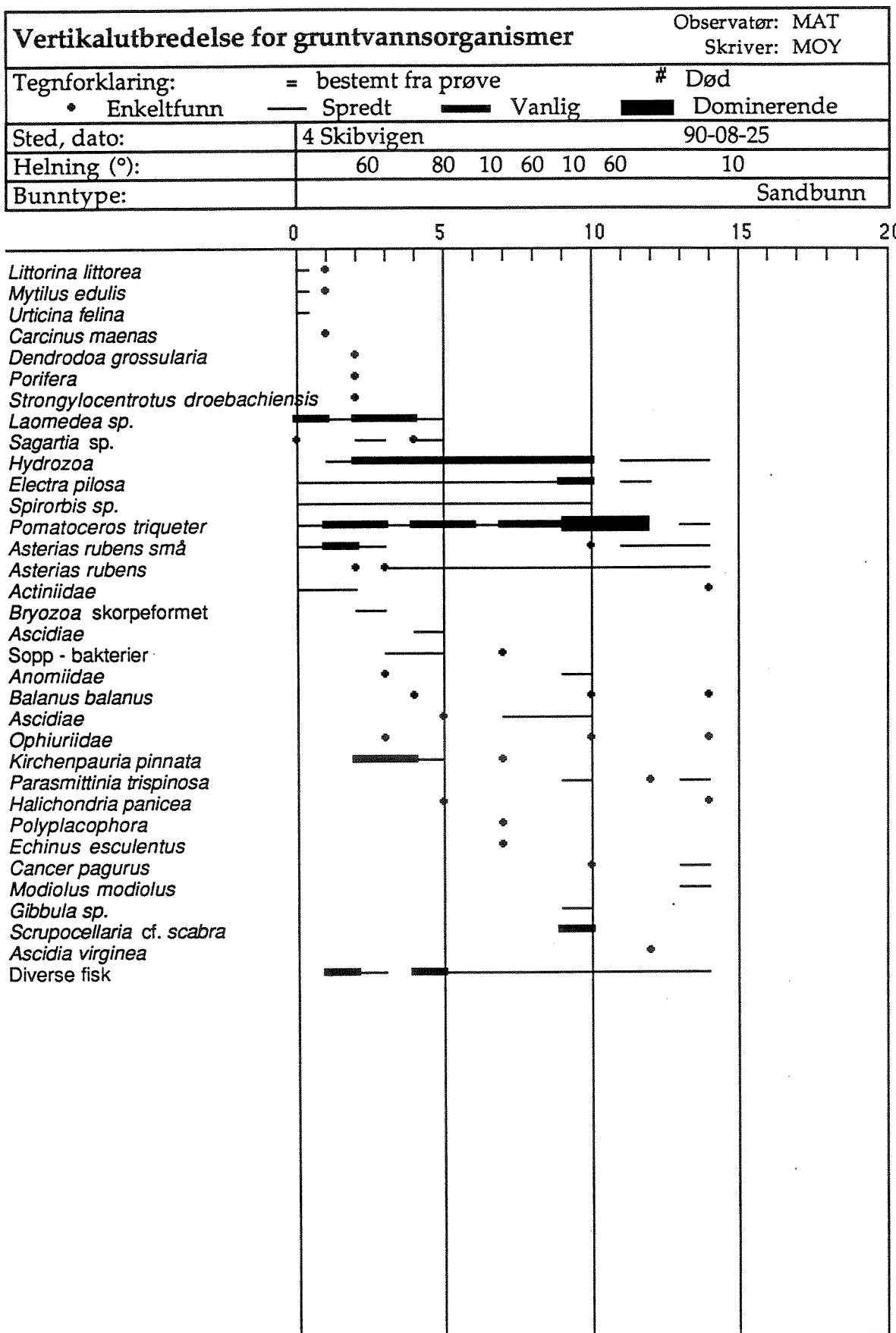


<b>Vertikalutbredelse for grunntvannsorganismer</b>		Observatør: MAT
		Skriver: MOY
Tegnforklaring:	= bestemt fra prøve	# Død
• Enkeltfunn	— Spredt	■ Vanlig
		■ Dominerende
Sted, dato:	2 Nitriden	90-08-24
Helning (°):		80 45
Bunntype:		Sandbunn

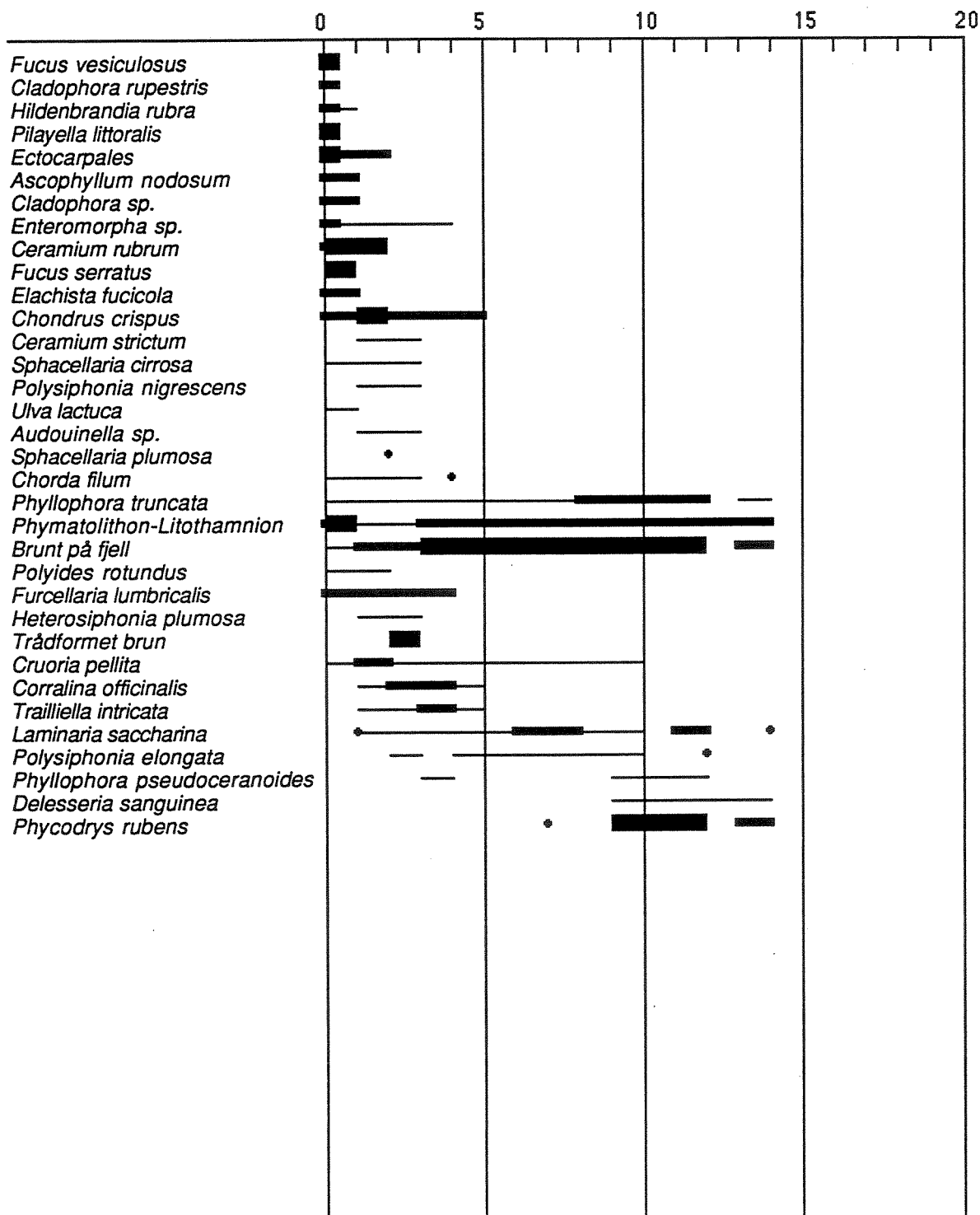


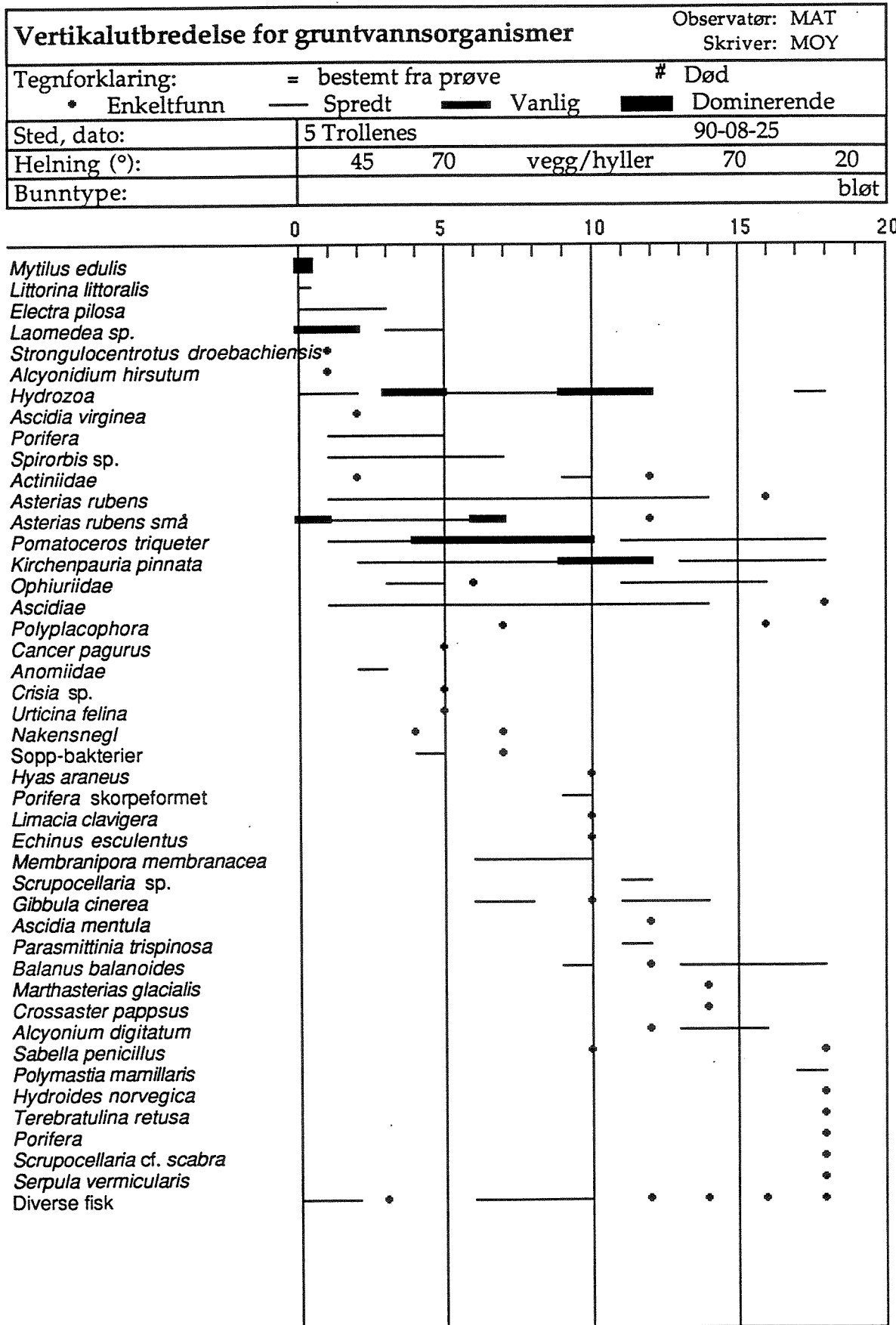
<b>Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer</b>		Observatør: MOY
		Skriver: MAT
Tegnforklaring:	= bestemt fra prøve	# Død
• Enkeltfunn	— Spredt	■ Vanlig
		■ Dominerende
Sted, dato:	4 Skibvigen	90-08-25
Helning (°):	jfr. transektskjema for dyr	
Bunntype:		





<b>Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer</b>		Observatør: MOY
		Skriver: MAT
Tegnforklaring:	= bestemt fra prøve	# Død
• Enkeltfunn	— Spredt	■ Vanlig
		■ Dominerende
Sted, dato:	5 Trollenes	90-08-25
Helning (°):	jfr. transektskjema for dyr	
Bunntype:		







## VEDLEGG 6

Rådata fra analyser av miljøgifter i organismer.

Tabell 6.1. PAH i blåskjell fra Tromøysund og Teinebåen (ref.stasjon) 1990, mq/kg friskvekt.

St. B1: Heggedalsbukta (Breivika/Buøen).

St. B2: Nitriden.

St. B3: Innenfor Friisøya.

St. B4: Skibvika.

St. B5: Teinebåen.

Parameter/prve	B1	B4	B5	B3	B2
Naftalen					
2-M-Naf.					
1-M-Naf.					
Bifenyl					
Acenaftylene					
Acenaften			0.3		
Dibenzofuran			0.7		
Fluoren			0.2		
Dibenzotiofen					
Fenantren	9		9.1	1	10
Antracen	4			1	
2-M-Antracen			0.4		
1-M-Fenantren			2.3		
9-M-Antracen			2.4		
Fluoranten	86	68	1.2	30	46
Pyren	70	49	0.6	26	37
B(a)A*	11	9	0.4	9	15
Trif/Chry.	130	123	0.7	77	93
B(b)fluoranten*	7	15	0.9	48	34
B(j,k)fluoranten*		9			
B(e)P	30	42	0.4	28	24
B(a)P*	1				
Ind. (1,2,3-cd)pyr.*					
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1)					
B(ghi)perylene					
Coronen					
Dibenzopyrener*					
SUM	348	315	19.6	220	259
Derav KPAH(*)	19	33	1.3	57	49
%KPAH	~ 6	~ 11	~ 6	~ 26	~ 20
% Tørstoff	Se klororganiske resultater!				

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

1) Bare (a,h)-isomeren.

Tabell 6.2. PAH i skallinnmat (hepatopancareas, "krabbesmør") av taskekrabbe (Cancer pagurus) fra Tromøysund og utsiden av Tromøya 1989 - 1990. ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  friskvekt).

St. B2: Nitriden.  
 St. B4: Skibvika.  
 St. B5: Tromlingene.

Parameter/prøve	B5	B2	B4
Naftalen			
2-M-Naf.			
1-M-Naf.			
Bifenyl			
Acenaftylen			
Acenaften			
Dibenzofuran			
Fluoren			
Dibenzotiofen			
Fenantren		0.6	
Antracen			
2-M-Antracen			
1-M-Fenantren			
9-M-Antracen			
Fluoranten		14.7	
Pyren		0.6	
B(a)A*			
Trif/Chry.		0.8	
B(b)fluoranten*			
B(j,k)fluoranten*			
B(e)P			
B(a)P*			
Ind. (1, 2, 3-cd)pyr. *			
Dibenz. (a, c/a, h)ant. * 1)			
B(ghi)perylene			
Coronen			
Dibenzopyrener*			
SUM	x)	16.7	x)
Derav KPAH(*)			
%KPAH			
%Tørrstoff			

x) Ingen PAH detektert i høyere kons. enn 0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$   
 \* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategori 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).  
 Sum av\* utgjør KPAH.

1) Bare (a, h)-isomeren.

Tabell 6.3. PAH i filet av skrubbeflyndre (Platichthys flesus) og sandflyndre (Limanda limanda) fra Tromøysund og Målen (ref.st.) 1989 - 1990, mg/kg friskvekt.

St. B1: Heggedalsbukta.

St. B2: Nitriden.

St. B4: Skibvika.

St. B6: Målen.

Parameter/proeve	SKRUBBE			SANDFLYNDRE		
	B2	B4	B6	B2	B1	B6
Naftalen	0.6	0.2	0.7	0.7	0.2	0.2
2-M-Naf.	0.5			0.7	0.2	
1-M-Naf.	0.3		0.4	0.4		
Bifenyl						
Acenaftylen				0.1		
Acenaften				0.1		
Dibenzofuran						
Fluoren						
Dibenzotiofen						
Fenantren	0.2	0.2	0.2	0.2		
Antracen	0.1			0.1		
2-M-Antracen	0.2			0.1		
1-M-Fenantren	0.1					
9-M-Antracen	0.2					
Fluoranten	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
Pyren	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
B(a)A*	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
Trif/Chry.	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
B(b)fluoranten*	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4
B(j, k)fluoranten*					0.2	
B(e)P	0.1			0.1	0.3	0.1
B(a)P*					0.2	
Ind. (1, 2, 3-cd) pyr. *	0.1				0.1	
Dibenz. (a, c/a, h) ant. * 1)						
B(ghi)perylen	0.1				0.1	
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	3.4	0.9	2.1	3.3	2.3	1.3
Derav KPAH(*)	0.4	0.2	0.3	0.2	1	0.5
%KPAH	~12	~22	~14	~6	~44	~39
%Toerrestoff	20.4	20.4	19.2	21.6	20	23.4

Anm. Benzo(b)fluoranten inkluderer ogsaa benzo(j, k)fluoranten  
 \* markerer potensielt kreftframkallende egenskaper overfor  
 mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhoerende IARC's kategorier  
 2A og 2B (sannsynlige+trolige cancerogene). Sum av \* utgjoer KPAH.

1) Bare (a, h)-isomeren.

Tabell 6.4. Klororganiske forbindelser i filet av skrubbe (Platichthys flesus) og sandflyndre (Limanda limanda) fra Tromsøysund og Målen (referansestasjon) 1989 - 1990,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  friskvekt.

Prøvebetegnelse

B2 Nitriden	Skrubbefilet	28/ 3-90
B4 Skibbevika	"	6/12-89
B6 Målen	"	10/ 6-90
B2 Nitriden	Sandflyndre	28/ 3-90
B1 Heggedalsbukta	"	mars - 90
B6 Målen	"	10/ 6-90

Parameter	Skrubbefilet			Sandflyndre		
	B2	B4	B6	B2	B1	B6
5-CB	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
$\alpha$ -BHC						
HCB	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
$\gamma$ -BHC (Lindan)						
p,p-DDE	0.7	1.3	0.5	1.7	1.3	1.4
p,p-DDD						
OCS	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PCB-28	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PCB-52	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PCB-101	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PCB-118	1.0	<0.5	0.6	1.3	1.3	1.2
PCB-153	1.2	0.7	1.1	2.7	2.5	2.2
PCB-138	1.0	0.5	0.7	1.7	1.7	1.6
PCB-180	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	0.9	0.8
PCB-209	<0.5	<0.5	<0.5	0.9	0.9	1.0
$\Sigma$ PCB mg/kg våtv.	109.3*	22.5*	124.6*	107.8*	122.2*	113.9*
% Tørrstoff	10.2	10.3	9.6	10.8	10.0	11.7
% Fett	0.40	0.62	0.30	0.56	0.72	0.60

Anm. a-BHC, g-BHC op,p-DDD er ikke analysert p.g.a. maskering

\* Usannsynlig høye verdier - uoppklart feil

Dato : 16/1-91

Analytiker: SIG/BRG

Tabell 6.5. Klororganiske stoffer i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Tromøysund og Teinebåen (ref.stasjon) 1990,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  friskvekt.

Prøvebetegnelse

B1 Breivika 19/3-90  
 B4 Skibbevik 7/3-90  
 B5 Teinebåen 20/6-90  
 B3 Friisøya mars-april-90  
 B2 Nitriden 17/3-90

Parameter	B1	B4	B5	B3	B2		
5-CB	<0.4	<0.4	<0.3	<1	<0.3		
$\alpha$ -BHC							
HCB	<0.4	<0.4	<0.3	<1	<0.3		
$\gamma$ -BHC (Lindan)	2	2	0.4	2	2		
p,p-DDE	2	2	0.4	2	2		
p,p-DDD							
OCS	<0.4	<0.4	<0.3	<1	<0.3		
PCB-28	<0.4	<0.4	<0.3	<1	<0.3		
PCB-52	1	1	<0.3	<1	0.6		
PCB-101	2	2	0.3	1	1		
PCB-118	2	2	0.6	2	1		
PCB-153	2	2	0.6	2	1		
PCB-138	2	2	0.4	2	1		
PCB-180	<0.4	0.4	<0.3	<1	<0.3		
PCB-209	<0.4	0.4	<0.3	<1	<0.3		
$\Sigma$ PCB							
% Tørrstoff	19.0	19.4	15.9	17.0	18.2		
% Fett	2.07	2.11	1.39	1.89	1.68		

Tabell 6.6. Klororganiske stoffer i krabbesmør (hepatopancreas) av taskekrabbe (*Cancer pagurus*) fra Tromøysund og Tromlingene (ref.stasjon) 1989 - 1990,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  friskvekt.

Prøvebetegnelse

Tromlingene St B5 jan.-90  
 Nitriden, St.B2 aug.-89  
 Skibbevika, St.B4 des.-89

Parameter	B5	B2*	B4				
5-CB	<3	0.45	<3				
$\alpha$ -BHC		5.0					
HCB	6	2.0	<3				
$\gamma$ -BHC (Lindan)		1.2					
p,p-DDE	25	33.7?	36				
p,p-DDD		1.4					
OCS	<3	0.8	<3				
PCB-28	<3	0.44	<3				
PCB-52	<3	1.8	<3				
PCB-101	<3	4.6	7				
PCB-118	12	8.4	17				
PCB-153	25	22.0	32				
PCB-138	21	17.9	27				
PCB-180	5	4.6	7				
PCB-209	4	2.4	3				
EPOCL mg/kg våtv.	0.25	4.17	0.16				
% Tørrstoff	31.9	43.9	37.3				
% Fett	15.5	23.7	17.6				
EPOBr mg/kg våtv.							

Dato : 15/2-91  
 Analytiker: SIG/BRG

\* Reanalyse 23/2-91

**VEDLEGG 7**

**Tallbehandling, bløt- og hardbunnsundersøkelser**



## VEDLEGG 7 : Tallbehandling bløt- og hardbunnsundersøkelser

## ARTSMANGFOLD

Artsmangfold (diversitet) er et begrep som søker å uttrykke struktur og mangfold i samfunn av arter. Jo flere arter det finnes i samfunnet og jo jevnere individfordelingen mellom artene er, jo høyere er diversiteten. Mål for diversitet beregnes ved relasjoner mellom antall arter og antall individer for artene. Målene tar ikke hensyn til hvilke arter som finnes, men opererer utelukkende på tallmessige forhold.

Høy diversitet preger samfunn som finnes i stabile og upåvirkede miljøer. Ved enkelte former for forurensning, spesielt organisk overbelastning, reduseres antallet arter samtidig som individmengden av tolerante arter kan øke kraftig. Dette kommer til uttrykk ved lavere verdier for diversitetsmålene. Bruk av diversitetsmål må betraktes som standard ved miljøundersøkelser.

Shannon-Wiener indeks (H')

Indeksen er gitt ved formelen:

$$H' = - \sum_{i=1}^s n_i/N \log_2 ( n_i/N )$$

hvor  $n_i$  er antall individer av art  $i$ ,  $N$  er totalt antall individer og  $s$  er antall arter. Indeksens minimumsverdi er null, mens verdiområdet 3-5 indikerer gode forhold. Nedenfor er gitt grenseverdier som er anvendt bl.a. av Pedersen et al. (1990) for kysten av Skagerrak.

H'	Klassifikasjon
< 1.3	Svært lavt
1.3-2.1	Lavt
2.1-3.1	Moderat
3.1-4.3	Normalt
4.3-4.8	Høyt
> 4.8	Svært høyt

Hurlbert's funksjon

Dette er en metode hvor diversiteten uttrykkes grafisk som en funksjon mellom antall arter og antall individer. Med utgangspunkt i totaltallet arter og individer i en prøve beregnes hvor mange arter man ville vente å finne i delprøver med færre

individer. Forventet artsantall plottes så (ordinat) mot individantall (abscisse). Diversiteten vises derved ved kurvens form og plassering i diagrammet, høy diversitet gir kurver som stiger bratt. Diversitetsmålet er uavhengig av prøvestørrelse og er derfor godt egnet for sammenligning av ulike lokaliteter. Beregningene bygger på sannsynlighetsregning og utføres etter formelen:

$$E(s) = \sum_{i=1}^s \left[ 1 - \frac{\binom{N-n_i}{N_d}}{\binom{N}{N_d}} \right]$$

der  $E(s)$  er forventet antall arter i en delprøve på  $N_d$  individer, og hele prøven består av  $N$  individer,  $s$  arter og  $n_i$  individer av hver art.

Basert på undersøkelser i en rekke norske fjorder har Rygg (1984) utarbeidet et standarddiagram for klassifisering av diversitet basert på Hurlbert's funksjon. I diagrammet er det markert sektorer som følger normale forløp for diversitetskurver. I dette diagrammet plottes normalt bare endepunktet for diversitetskurvene (dvs. antall arter mot antall individer).

## LIKHETSANALYSER

Ofte har man behov for å gi et tallmessig uttrykk for hvor like organismesamfunnene på et sett av lokaliteter er. Spesielt når mange prøver skal sammenlignes er dette hensiktsmessig. Ved de såkalte similaritetsindeksene beregnes likhet mellom prøver tatt to og to. På basis av de beregnede likhetene kan hovedtrekkene i fauna/flora illustreres. De mest brukte indeksene tar hensyn både til artssammensetningen og mengdeverdier for artene ved beregning av likheten.

I denne undersøkelsen er likhet mellom prøver beregnet for vertikaltransektene i hardbunnsundersøkelsen. Det er foretatt sammenligninger både mellom dyp og mellom stasjoner.

En av de mest brukte similaritetsmål er den såkalte 'Czekanowski' similaritetsindeks. Denne har formelen:

$$Cz = \frac{2 \sum \min(x_{pi}, x_{qi})}{\sum (x_{pi} + x_{qi})}$$

der  $x_{pi}$  er mengden av art  $i$  på prøve  $p$ ,  $x_{qi}$  er mengden av art  $i$  på prøve  $q$  og uttrykket  $\min(x_{pi}, x_{qi})$  markerer den laveste verdien for art  $i$  på de to prøvene. Indeksens verdiområde varierer fra 1 (identiske prøver) til 0 (helt ulike prøver, dvs. ingen felles arter).

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-1986-2