



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport 444A|91

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

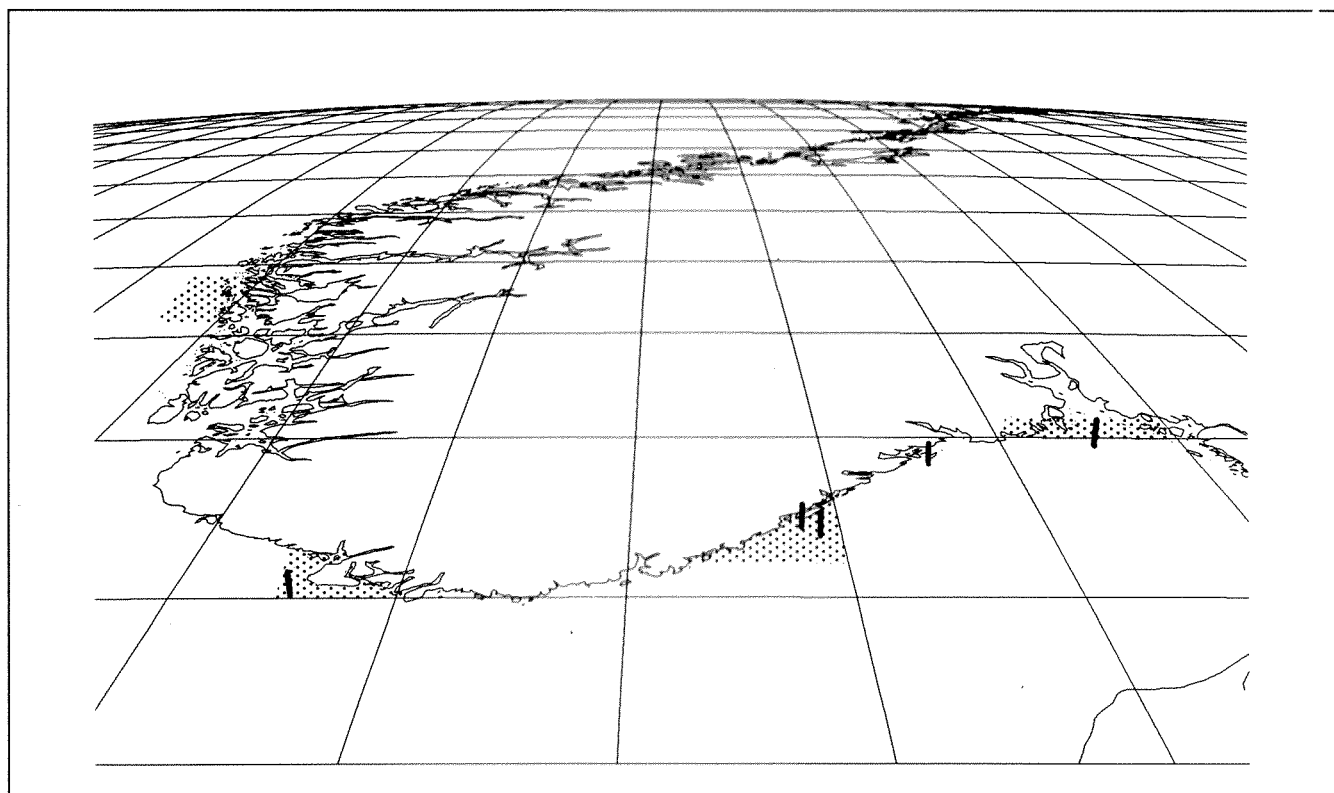
Utførende institusjon

NIVA

Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge

Bløtbunnfaunaundersøkelser 1990

Årsrapport



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Brøvikken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Rapportnummer:

Undernummer:

Løpenummer:

2596

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Bløtbunnfaunaundersøkelser 1990. Årsrapport. (Overvåkingsrapport 444A/91)

Dato:

21. mai 1991

Prosjektnummer:

0-900632

Forfattere:

Brage Rygg

Faggruppe:

Marin eutrofi

Geografisk område:

Sør-Norge

Antall sider:

42

Oppdragsgiver:

Statens forurensningstilsyn
(Statlig program for forurensningsovervåking)

Oppdragsg.ref.:

Ekstrakt:

Undersøkelsene omfatter faunistiske analyser og sedimentanalyser av bunnmateriale samlet med grabb fra 21 stasjoner fra svenskegrensa til Sotra på Vestlandet. Gjentatte undersøkelser gjennom flere år skal gi oversikt over trofistilstanden og utviklingstrenden. Det var en øst-vest gradient i faunaen: Faunaen vest for Farsund inneholdt til dels andre arter og var mer artsrik enn faunaen øst for Farsund. I de ytre og dypere deler av det østlige Skagerrak var individtettheten og biomassen høyere enn i grunnere og vestligere områder. Særlig høy var individtettheten på den ytre stasjonen utenfor Arendal. Der var også artsmangfoldet lavest. Tilstanden der tyder på stor sedimentasjon av organiske partikler. Det bør fastslås om denne tilstanden strekker seg lengre ut i Skagerrak.

5 emneord, norske:

1. Langtidsovervåking
2. Trofiutvikling
3. Norskekysten
4. Bløtbunnfauna
5. Sedimenter

5 emneord, engelske:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Prosjektleder:

Brage Rygg

Brage Rygg

For administrasjonen:

Torgeir Bakke

Torgeir Bakke

ISBN 82-577-1909-9



Statlig program for forurensningsovervåking

LANGTIDSOVERVÅKING AV TROFIUTVIKLINGEN I KYSTVANNET LANGS SØR-NORGE

BLØTBUNNFAUNAUNDERSØKELSER 1990

ÅRSRAPPORT

Oslo, 21. mai 1991

Prosjektleder: Brage Rygg

FORORD

Statens forurensningstilsyn (SFT) ba i 1989 NIVA om å utarbeide et program for langtidsovervåking av trenden i trofiutviklingen langs kysten av Sør-Norge. Ferdige programforslag forelå i april 1990 (Pedersen og Rygg 1990; Aure, Dahl og Magnusson 1990). Feltarbeidet startet våren 1990 med hydrokjemiske og biologiske undersøkelser. I den hydrokjemiske delen av programmet deltar også Havforskningsinstituttet. Undersøkelsene skal gjentas hvert år i en periode på 10 år eller lengre for å se på langtidstrender. Forlengelse ut over 10 år blir vurdert underveis. Undersøkelsene koordineres med andre norske programmer bl.a. innenfor North Sea Task Force og Joint Monitoring Group.

NIVA har hovedansvar for gjennomføring av prosjektet inklusiv utarbeidelse av årlige rapporter for egne data og samler rapporter for hele programmet. Første samler rapport utgis i juni 1992. Hvert femte år lages en samler rapport med grundigere vurdering av resultatene fra hele den forutgående overvåkingsperioden.

Foreliggende rapport er en årsrapport for bløtbunnfaunaundersøkelsene i 1990. Resultatene er presentert i detalj i en egen datarapport (overvåkingsrapport 444B/91) (Rygg 1991).

I 1988 og 1989 ble det tatt prøver på en del stasjoner som ligger på samme lokaliteter som noen av kystovervåkingsstasjonene. Resultatene er oppsummert i overvåkingsrapport 410/90 (Rygg 1990).

Toktfartøy ved bløtbunnfaunaundersøkelsene i 1990 var M/S Sirafjord. Toktdeltakere fra NIVA var Unni Efraimsen og Frank Kjellberg. Unni Efraimsen, Bodil Ekstrøm, Randi Romstad, Pirkko Rygg og Brage Rygg opparbeidet prøvene etter at de kom inn til laboratoriet. Roy Beba analyserte innholdet av organisk karbon og nitrogen i sedimentet.

Alle takkes for innsatsen.

Oslo, 21. mai 1991

Brage Rygg

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER	4
2. BAKGRUNN OG FORMÅL	6
3. MATERIALE OG METODER	
3.1. Stasjonsvalg	8
3.2. Metodikk	9
4. RESULTATER - SEDIMENTER	12
5. RESULTATER - BLØTBUNNFAUNA	
5.1. Faunaens artssammensetning og likhet blant stasjonene	16
5.2. Artsmangfold - individtetthet - biomasse	27
5.3. Sammenligning med resultater fra tidligere år	36
5.4. Tilstandsklassifisering	38
6. HENVISNINGER	40

1. FORMÅL – KONKLUSJONER – TILRÅDNINGER

1.1. Formål

Kystovervåkingsprogrammet skal gi oversikt over trofitalstanden i området fra svenskegrensa til Vestlandet og kartlegge utviklingstrenden i området.

Senere års forskningsresultater har påvist trender som tyder på økende eutrofiering i Kattegat og østlige Skagerrak. Bunnfaunabiomassen har økt, og det har vært oksygensvikt i stadig større områder. Det er viktig å overvåke om denne tendensen er i ferd med å bre seg lenger vestover. Hvis store geografiske områder berøres, vil selv en liten tilstandsforverring representere en stor påvirkning som vil bli vanskelig å snu. Regional forurensningsutvikling krever derfor å bli oppdaget på et tidlig tidspunkt. Små endringer må kunne påvises, slik at årsaker og kilder kan finnes og tiltak utredes og iverksettes innen utviklingen har gått for langt.

Ved trendovervåking overvåkes et begrenset utvalg av lokaliteter. Trenden i forurensningsutvikling på disse lokalitetene må være representativ for trenden i større regioner eller områdetyper. Hovedvekten legges på påvisning av endringer over tid. Dette krever strengt sammenlignbare undersøkelser fra år til år.

Undersøkelsene i 1990 representerer første trinn i en langtidsovervåking. Eventuelle trender kan først påvises etter flere års undersøkelser. Det er foretatt en tilstandsklassifisering og en sammenligning av de enkelte lokalitetene.

1.2. Konklusjoner

Det var en øst-vest gradient i faunaen. Faunaen vest for Farsund inneholdt til dels andre arter og var gjennomgående mer artsrik enn faunaen øst for Farsund. I de ytre og dype delene av det østlige Skagerrak var individtettheten og biomassen høyere enn i grunnere og vestligere områder. Særlig høy var individtettheten på den ytterste stasjonen (350 m dyp) på stasjonssnittet ut fra Arendal. Der var også artsmangfoldet lavere enn på noen av de andre stasjonene. Artsmangfoldet var generelt lavere på de dype stasjonene i det østlige Skagerrak og på innaskjærs stasjoner enn ellers i undersøkelsesområdet. Faunaens tilstand på de dype stasjonene i østre Skagerrak tyder på at næringstilgangen er større her, noe som kan forklares ved en større sedimentasjon av organiske partikler. Dette kan være forårsaket av større primærproduksjon og/eller av hydrofysiske forhold som tillater større sedimentasjonsrate.

1.3. Tilrådnings

Det høye individantallet og det lave artsmangfoldet på den ytre stasjonen utenfor Arendal i forhold til de innenforliggende stasjonene er bemerkelsesverdig. Snittet bør forlenges med minst én stasjon ut til f.eks. 450 m dyp for å fastslå om denne tilstanden strekker seg lengre ut i Skagerrak.

2. BAKGRUNN OG FORMÅL

Kystovervåkingsprogrammet skal gi oversikt over trofitilstanden og kartlegge utvikling/trend i området fra svenskegrensa til Vestlandet.

Senere års forskningsresultater har vist økt forurensning og til dels kritiske tilstander i Kattegat og sydlige Nordsjøen (Naturvårdsverket 1988; Duursma et al. 1988; Rosenberg et al. 1990; Baden et al. 1990; Rydberg et al. 1990; Enoksson et al. 1990). Begge områder viser tydelige symptomer på eutrofiering og synes å være inne i en utvikling mot stadig forverrede tilstander. Konsentrasjonen av næringssalter har økt, planktonsamfunnene har fått et sterkere innslag av hurtigvoksende flagellater, bunnfaunabiomassen har økt, mens det har vært oksygensvikt i stadig større tidligere produktive områder. I det siste tiåret har også problemer i Skagerrak fått stor oppmerksomhet (Josefson og Smith 1984; Rosenberg 1985; Pearson et al. 1986, Pihl Baden 1986; Josefson 1987; Rosenberg et al. 1987; Josefson 1988; Pedersen et al. 1990a). Skagerraks randområder viser markerte lokale problemer. Oppblomstringene av giftige alger har aktualisert problemstillingen ytterligere. Det er nødvendig med en generell overvåking for å kunne følge med i utviklingen.

Svenske undersøkelser (Program för Miljö kvalitet - PMK) tyder på at økning i biomassen er noe av det første som viser seg i en eutrofieringsutvikling. Biomassen av bunnfauna økte med 80% i perioden 1981-1988. Dette tolkes som en virkning av økt næringstilgang til bunnen (Josefson 1990).

I Kattegat pågår det omfattende undersøkelser av bløtbunnfauna for å overvåke miljøforandringer. Innenfor det svenske PMK-programmet er det lagt 53 faste stasjoner fra Iddefjorden til Öresund. Deler av programmet startet i 1971, mens programmet fullt utbygd ble satt i gang i 1983. Videre prøvetas tre stasjoner i Kattegats dypområder under det internasjonale BMP-programmet (Baltic Monitoring Programme). På dansk side har flere amt opprettet overvåkingsstasjoner for årlig prøvetaking.

Trendovervåking er viktig. Hvis store geografiske områder berøres, vil selv en liten økning i forurensningsgrad representere en påvirkning som er vanskelig å snu. Regional forurensningsutvikling krever derfor å bli oppdaget på et tidlig tidspunkt. Små endringer må kunne påvises, slik at årsaker og kilder kan finnes og tiltak utredes og iverksettes innen utviklingen har gått for langt.

Forurensningsgraden viser den samlede virkning av tidligere og nåværende forurensningstilførsler. Kumulative virkninger av vedvarende

tilførsler av næringsstoffer kan føre til at eutrofigraden øker i tidens løp, selv om tilførselen ikke øker. Det avgjørende er om tilførselen av næring til økosystemet er større enn eksporten. For Østersjøen har Wulff et al. (1990) beregnet at fosforkonsentrasjonen ville fordobles fra 1975 til år 2000, selv ved konstante årlige tilførsler fra 1975 til år 2000.

Ved trendovervåking overvåkes et begrenset utvalg av lokaliteter. Trenden i forurensningsutvikling på disse lokalitetene må være representativ for trenden i større regioner eller områdetyper.

I dette overvåkingsprogrammet for Skagerrak er det lagt stor vekt på at undersøkelsene skal være direkte sammenlignbare med overvåkingen i tilgrensende områder. Mest aktuelle er programmene som går i Kattegat, men det er også tatt hensyn til virksomhet i sydlige Nordsjøen. Nøye koordinering sikrer at utviklingen i større deler av Nordsjøen kan beskrives og sammenlignes. Dette er viktig for å kunne oppdage endringer i norske farvann på et så tidlig tidspunkt som mulig. Undersøkelsene koordineres med bl.a. North Sea Task Force og Joint Monitoring Group.

3. MATERIALE OG METODER

3.1. Stasjonsvalg

Undersøkellesområdet omfatter kyststrekningen fra svenskegrensen til Fedje ved Bergen. På kyststrekningen er det valgt fire adskilte områder hvor det gjøres særlig intensive undersøkelser med tettere stasjonsnett og hyppigere biologisk prøvetaking. På mellomliggende stasjoner benyttes det en sjeldnere overvåkingsfrekvens.

I hvert av tre "intensivområder" prøvetas fem faste stasjoner hvert år. I det fjerde intensivområdet (Vestlandet) tas tre faste stasjoner pr. år. I tillegg tas i alt 12 "mellomstasjoner" på andre lokaliteter på kyststrekningen. Mellomstasjonene prøvetas hvert femte år i en turnus med to-tre stasjoner hvert år. Det blir da prøvetatt noenlunde samme antall stasjoner hvert år, nemlig 20-21 (18 intensivstasjoner plus to-tre mellomstasjoner).

De fire intensivområdene er:

- (A) Hvaler - Langesund
- (B) Tromøy - Lillesand
- (C) Farsund - Flekkefjord
- (D) Austvoll - Fedje

Stasjonene er kodet etter følgende prinsipp:

Kodene innledes med en bokstav, alfabetisk etter område i øst-vest retning. Stasjonene i intensivområdene er gitt bokstaver tidlig i alfabetet (A-D). Mellomstasjonene er gitt bokstaver sent i alfabetet (U-Z). Tallet bak kodebokstaven angir omtrentlig bunndyp i meter.

Stasjonsoversikt for intensivområdene (A-D):

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| (A) Hvaler - Langesund: | A50, A100, A200, A360, A460 |
| (B) Tromøy - Lillesand: | B50, B100, B190, B200, B350 |
| (C) Farsund- Flekkefjord: | C70, C120, C160, C220, C380 |
| (D) Austvoll - Fedje: | D150, D200, D300 |

Mellomstasjoner (U-Z):

- | | |
|------------------------------|------------|
| (U) Kragerø: | U70, U100 |
| (V) Lyngør: | V100, V350 |
| (W) Kvåsefjord og Lillesand: | W50, W100 |
| (X) Ny Hellesund: | X100, X350 |

(Y) Egersund: Y100, Y340
 (Z) Røvær: Z135, Z200

Kriteriene for valg av stasjoner er nærmere beskrevet i programmet for undersøkelsene (Pedersen & Rygg 1990).

Tokt for innsamling av bløtbunnfaunaprøver og sedimentprøver i 1990 ble gjennomført 2. mai til 12. mai på 21 stasjoner på strekningen Sotra - ytre Oslofjord.

Stasjonenes plassering er vist på Fig. 1. Nøyaktigere stasjonskart og posisjoner og dyp for hvert enkelt grabbskudd finnes i datarapporten (Rygg 1991).

3.2. Metodikk

Innsamling og bearbeidelse av bløtbunnfaunaprøvene gjøres ifølge vanlige metoder. På hver stasjon tas 4 parallelle prøver med en 0.1 m² Day-grabb. Prøvene siles gjennom 1.0 mm siler, fikseres i 4% nøytralisert formalin og overføres senere til 70% etanol. Dyrene sorteres ut, artsbestemmes og telles. Det bestemmes parametre som individtetthet, artsmangfold m.m. Det foretas en analyse av graden av likhet i faunaen mellom de enkelte stasjonene. Det gjøres også analyser av likheten mellom de enkelte grabber på hver stasjon og mellom grabber fra ulike stasjoner. På den måten kan representativiteten av prøvene bedømmes, og det kan bedømmes om observerte forskjeller mellom stasjonene er reelle.

Likhetsanalysene er utført ved å log-transformere individtallene for hver enkelt art og beregne likhetsindeks (Bray-Curtis indeks) (Clifford & Stephenson 1975) for alle par av stasjoner eller grabber. Deretter er stasjonene/grabbene gruppert ved clusteranalyse for å få fram grupper med høy indre likhet. Resultatene er presentert i dendrogrammer.

Arter som ikke forekom i flere enn to individer på noen av stasjonene ble ikke tatt med i analysen.

Sedimentanalyser utføres og brukes som støtteparametre ved tolkningen av faunaresultatene. Kornfordeling (som % <63 µm) og konsentrasjon av organisk karbon og nitrogen i "bulk" prøve bestemmes. Sedimentfraksjonen <63µm bestemmes ved våtsikting. Organisk karbon og nitrogen analyseres med CHN-elementanalytator etter at uorganiske karbonater er fjernet med saltsyre.

Biomassemåling kan være en følsom indikator på eutrofieringsvirkninger. Biomassemålinger av hver enkelt art gjøres i første omgang på prøvene fra 100 og 350m dyp i hvert av intensivområdene. Dyrene veies etter først å ha ligget i 70% etanol i noen uker eller mer. Væske utenpå dyrenes overflate fordampes før veiing. Rør fjernes fra rørbyggende børstemark. Sjøpinnsvin punkteres for å få ut væsken.

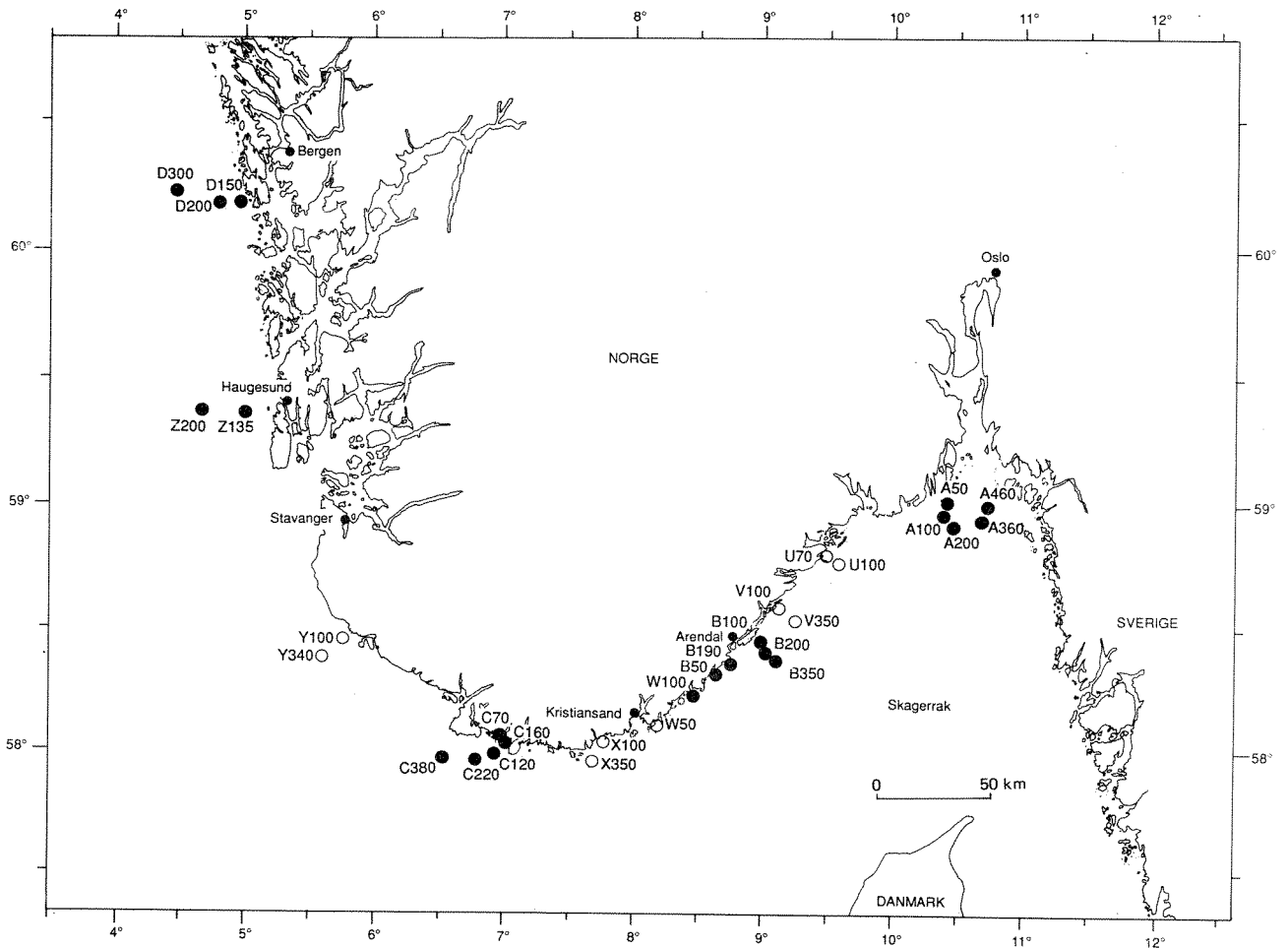


Fig. 1. Kart over bløtbunnfaunastasjonene som ble prøvetatt i mai 1990 (●), samt stasjonene hvor innsamling vil bli foretatt senere (○).

4. RESULTATER - SEDIMENTER

Innholdet av total organisk karbon i sedimentet var sterkt korrelert med sedimentets kornstørrelse, uttrykt som andelen av finpartikler (partikler med mindre diameter enn 63 μm) (Fig. 2). Regresjonsligning basert på de 60 grabbprøvene fra de 15 utaskjærs stasjonene med bunndyp på 100 m eller mer ble beregnet. De målte TOC-verdiene i bulk prøve kunne deretter korrigeres til et forventet TOC-innhold hvis alt sediment i prøven hadde vært finere enn 63 μm . Dette ble gjort for å oppnå en objektiv sammenligning av mengden TOC på de forskjellige stasjonene. De resterende seks stasjonene var innaskjærs stasjoner og/eller lå på grunnere dyp enn 100 m. Disse viste avvikende forhold mellom TOC-innhold og finpartikler og ble derfor ikke tatt med i regresjonsanalysen.

Ut fra sedimentets innhold av finpartikler var TOC-verdiene lavere enn forventet på stasjon A50 i ytre Oslofjord, men høyere enn forventet på stasjon B50, B190, C70, C160 og W100 (grunne og/eller innaskjærs stasjoner på strekningen Arendal-Farsund). Tabell 1 viser de gjennomsnittlige verdier for sedimentparametrene på hver stasjon. Det var stort sett liten variasjon mellom de enkelte grabbprøvene fra samme stasjon. Dette tyder på at både metodikken og representativiteten er god. Verdiene for hver enkelt grabb finnes i datarapporten (Rygg 1991). Der er også resultatene for nitrogen og forholdet karbon/nitrogen vist.

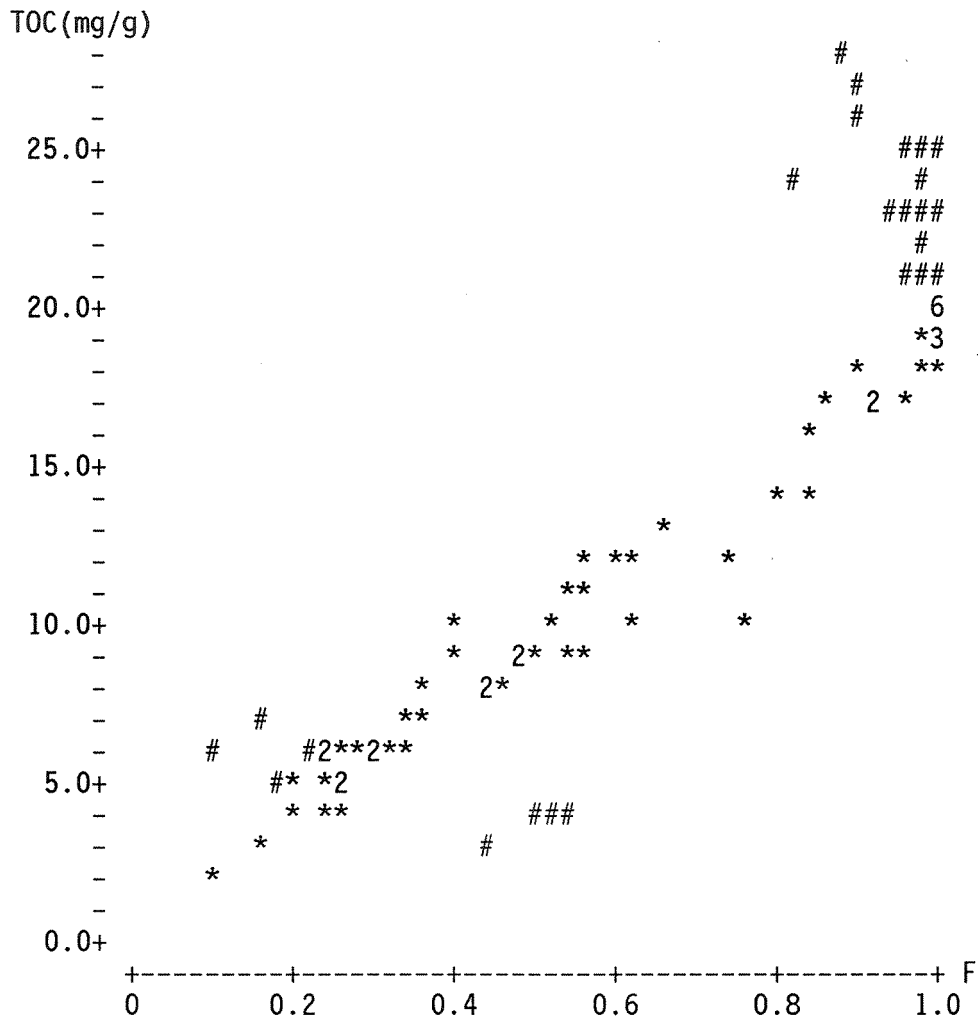


Fig. 2. Plot av TOC i bulk prøve mot sedimentfraksjon $<63\mu$ (F) for 60 sedimentprøver fra utaskjærs stasjoner i dypintervall 100-460m. Tall i plottet angir antall sammenfallende verdier. * angir enkeltverdier. Regresjon: $TOC = 18.35 \cdot F + 0.48$ ($R^2 = 0.963$); $TOC_{63} = TOC_B + 18.35(1 - F)$. # angir resultater fra stasjoner som ikke er med i regresjonsanalysen (innaskjærs og/eller grunne stasjoner).

TOC_{63} : Beregnet (normalisert) TOC-innhold i sediment finere enn 63μ .
 TOC_B : Målt TOC i "bulk" prøve.
 F : Fraksjon $<63\mu$ i bulk prøve.

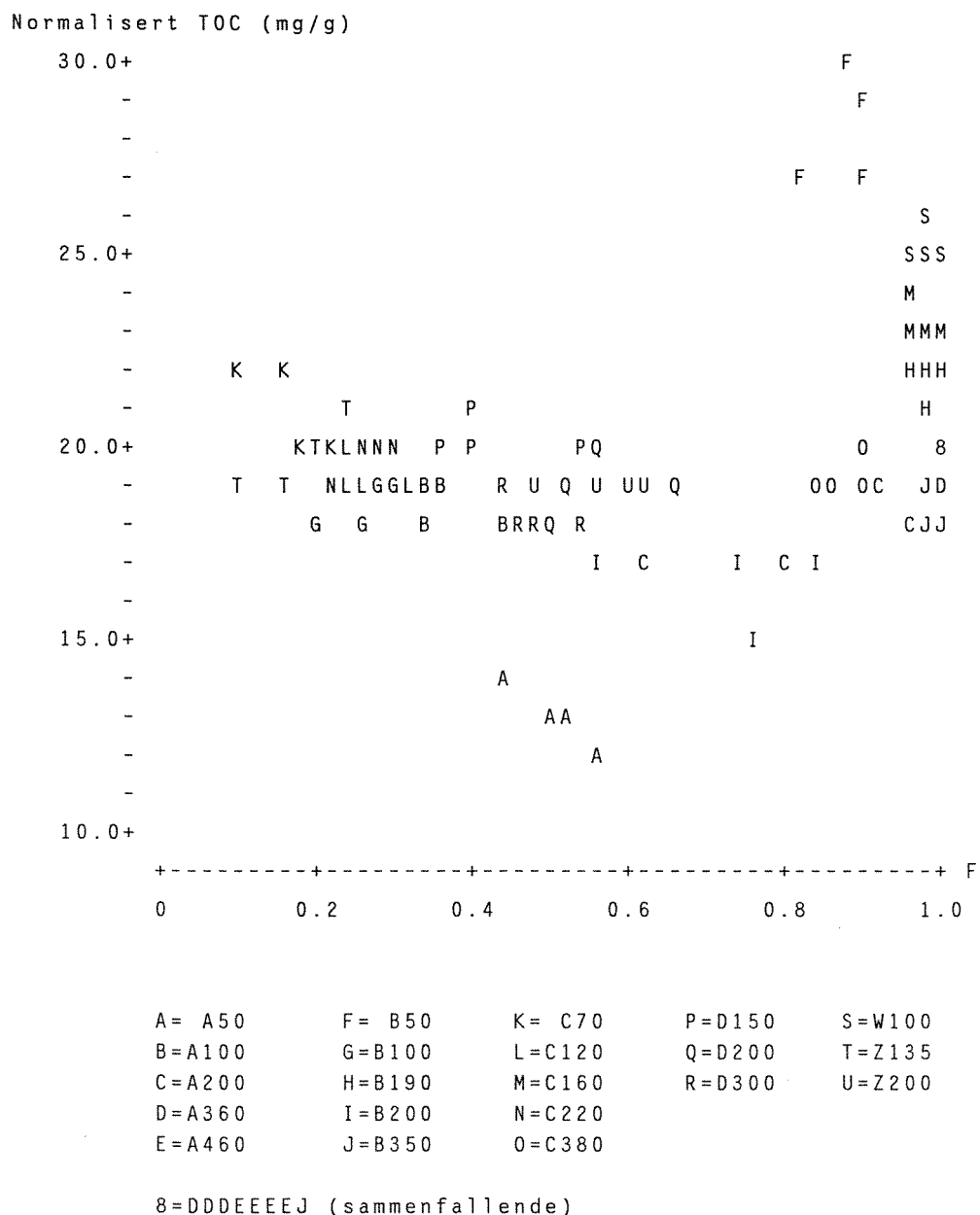


Fig. 3. Beregnete TOC-verdier for sediment finere enn 63µm (normaliserte TOC-verdier) for alle prøver, plottet mot fraksjon av bulk prøve finere enn 63µm (F) (jfr. Fig. 2).

Tabell 1. Sedimentets innhold (%) av partikler finere enn 63μ ($\%<63\mu$), innhold (mg/g) av totalt organisk karbon i bulk prøve (TOC_B), samt beregnet (normalisert) TOC-innhold i sediment finere enn 63μ (TOC_{63}). Verdiene viser gjennomsnitt og standardavvik pr. stasjon (4 prøver). Medianverdien for TOC_{63} var 19.2 mg/g.

Stasjon	$\%<63\mu$		TOC_B		TOC_{63}	
	Gj.sn.	St.av.	Gj.sn.	St.av.	Gj.sn.	St.av.
A 50	51.21	4.81	3.90	0.39	12.85	0.73
A100	36.86	5.47	6.90	0.98	18.48	0.54
A200	82.61	15.13	14.65	3.26	17.84	0.70
A360	99.88	0.12	19.80	0.48	19.82	0.50
A460	99.87	0.13	19.73	0.22	19.74	0.23
B 50	87.73	3.80	26.18	1.83	28.42	1.39
B100	25.60	3.87	4.85	1.03	18.50	0.42
B190	98.20	0.53	21.30	0.35	21.63	0.25
B200	72.82	11.85	11.28	2.23	16.26	1.10
B350	98.87	0.88	18.58	0.84	18.78	0.77
C 70	16.46	5.14	5.83	0.87	21.15	1.47
C120	26.05	3.59	5.48	0.74	19.04	0.51
C160	97.67	0.72	22.95	0.19	23.37	0.33
C220	26.74	2.66	5.75	0.85	19.19	0.46
C380	87.89	3.54	17.05	0.70	19.27	0.35
D150	42.66	8.39	9.68	1.47	20.19	0.51
D200	56.29	7.34	11.00	1.71	19.02	0.57
D300	48.68	3.54	8.65	0.52	18.18	0.44
W100	98.05	0.55	24.93	0.45	25.28	0.35
Z135	17.06	5.64	4.10	1.58	19.32	0.56
Z200	56.53	6.27	10.80	1.50	18.77	0.51

5. RESULTATER - BLØTBUNNFAUNA

5.1. Faunaens artssammensetning og likhet blant stasjonene

I datarapporten (Rygg 1991) finnes de komplette artslistene og artenes individantall for hver enkelt grabb. Vi gjengir her kun en liste over de ti vanligste artene (Tabell 2-7).

Tabell 2. Individantall av de ti vanligste artene på hver stasjon i område A (Hvaler - Langesund).

-----		-----	
A50		A100	
-----		-----	
Heteromastus filiformis	94	Amphiura chiajei	32
Diplocirrus glaucus	83	Chaetozone setosa	23
Prionospio malmgreni	30	Nuculana minuta	22
Chaetozone setosa	25	Anobothrus gracilis	20
Amphiura chiajei	17	Lumbrineris cf. scopa	19
Terebellides stroemi	13	Spiophanes kroeyeri	14
Nemertinea indet	12	Pholoe minuta	12
Nucula sulcata	11	Heteromastus filiformis	12
Lumbrineris scopa	10	Prionospio malmgreni	11
Goniada maculata	9	Glycera rouxii	11
-----		-----	
A200		A360	
-----		-----	
Paramphinome jeffreysii	84	Heteromastus filiformis	794
Heteromastus filiformis	69	Paramphinome jeffreysii	221
Philomedes globosus	37	Caulleriella sp	84
Spiophanes kroeyeri	36	Tharyx sp	53
Notomastus latericeus	32	Ceratocephale loveni	49
Hauchiella tribullata	22	Lumbrineris sp	43
Maldane sarsi	15	Nuculoma tenuis	43
Asychis biceps	8	Thyasira cf. equalis	42
Harpinia sp	8	Chaetozone setosa	31
Astarte elliptica	8	Abra nitida	30
-----		-----	
A460			

Paramphinome jeffreysii	249		
Thyasira cf. equalis	165		
Heteromastus filiformis	147		
Caulleriella sp	100		
Abra nitida	58		
Anobothrus gracilis	22		
Nuculoma tenuis	19		
Chaetozone setosa	9		
Melinna cristata	9		
Lanassa venusta	5		

Tabell 3. Individantall av de ti vanligste artene på hver stasjon i område B (Tromøy - Lillesand).

B50		B100	
Diplocirrus glaucus	116	Anobothrus gracilis	96
Chaetozone setosa	28	Amphiura chiajei	56
Prionospio malmgreni	22	Phisidia aurea	39
Polyphysia crassa	16	Lumbrineris cf. scopa	22
Heteromastus filiformis	15	Heteromastus filiformis	22
Amphiura filiformis	12	Eclysippe vanelli	21
Rhodine loveni	8	Chaetozone setosa	21
Nephtys incisa	7	Laonice cirrata	17
Paramphinome jeffreysii	7	Glycera rouxii	15
Amphiura chiajei	7	Spiophanes kroeyeri	15
B190		B200	
Heteromastus filiformis	187	Paramphinome jeffreysii	87
Thyasira cf. equalis	146	Heteromastus filiformis	81
Melinna cristata	47	Tharyx sp	68
Abra nitida	45	Melinna cristata	41
Paramphinome jeffreysii	31	Thyasira cf. equalis	30
Nuculoma tenuis	29	Nucula tumidula	24
Tharyx sp	27	Thyasira ferruginea	22
Terebellides stroemi	18	Lumbrineris sp	19
Nemertinea indet	11	Spiophanes kroeyeri	15
Chaetozone setosa	8	Astarte elliptica	12
B350			
Heteromastus filiformis	1122		
Tharyx sp	672		
Paramphinome jeffreysii	239		
Thyasira cf. equalis	163		
Lumbrineris sp	155		
Caulleriella sp	101		
Ceratocephale loveni	95		
Orbinia norvegica	81		
Nemertinea indet	34		
Drilonereis filum	23		

Tabell 4. Individantall av de ti vanligste artene på hver stasjon i område C (Farsund - Flekkefjord).

C70		C120	
Chaetozone setosa	23	Amphiura chiajei	60
Sosane sulcata	20	Chaetozone setosa	39
Philomedes globosus	18	Tharyx sp	31
Notomastus latericeus	13	Eclysippe vanelli	28
Trichobranchus roseus	11	Lumbrineris cf. scopa	24
Glycera capitata	8	Spiophanes kroeyeri	20
Typosyllis cornuta	8	Thyasira cf. equalis	19
Caulleriella zetlandica	7	Glycera rouxii	16
Exogone verugera	7	Heteromastus filiformis	14
Astarte sulcata	6	Pectinaria auricoma	13
C160		C220	
Heteromastus filiformis	173	Lumbrineris sp	43
Melinna cristata	56	Terebellides stroemi	35
Thyasira cf. equalis	48	Amphilepis norvegica	33
Paramphinome jeffreysii	31	Thyasira croulinensis	26
Chaetozone setosa	23	Heteromastus filiformis	22
Tharyx sp	13	Thyasira cf. equalis	21
Spiophanes kroeyeri	9	Eclysippe vanelli	17
Eriopisa elongata	8	Streblosoma intestinalis	15
Diplocirrus glaucus	6	Nucula tumidula	14
Byblis crassicornis	6	Onuphis quadricuspis	12
C380			
Heteromastus filiformis	75		
Lumbrineris sp	57		
Thyasira ferruginea	33		
Terebellides stroemi	32		
Sphyrapus anomalus	32		
Amphilepis norvegica	31		
Ampelisca aequicornis	25		
Thyasira croulinensis	24		
Astarte triangularis	18		
Yoldiella cf. lucida	17		

Tabell 5. Individantall av de ti vanligste artene på hver stasjon i område D (Austvoll - Fedje).

D150		D200	
Laonice cirrata	93	Byblis crassicornis	37
Heteromastus filiformis	40	Thyasira ferruginea	27
Eriopisa elongata	34	Laonice cirrata	26
Thyasira ferruginea	33	Paramphinome jeffreysii	14
Nothria conchylega	27	Onuphis quadricuspis	13
Amythasides macroglossus	21	Yoldiella cf. lucida	9
Caudofoveata indet	19	Lumbrineris sp	7
Onchnesoma steenstrupi	19	Heteromastus filiformis	6
Notomastus latericeus	16	Augenaria tentaculata	5
Tharyx sp	16	Amythasides macroglossus	5
-----		-----	
D300			
Yoldiella cf. lucida	15		
Axionice maculata	14		
Thyone raphanus	14		
Harpinia sp	10		
Lumbriclymene sp	5		
Yoldiella cf. fraterna	5		
Amage auricula	5		
Cypridina norvegica	5		
Onchnesoma steenstrupi	5		
Arca pectunculoides	4		

Tabell 6. Individantall av de ti vanligste artene på hver stasjon i område W (Lillesand).

W100	
Heteromastus filiformis	194
Thyasira cf. equalis	43
Chaetozone setosa	20
Spiophanes kroeyeri	17
Melinna cristata	15
Eriopisa elongata	14
Nuculoma tenuis	8
Glycera rouxii	7
Maldane sarsi	7
Nucula sulcata	7

Tabell 7. Individantall av de ti vanligste artene på hver stasjon i område Z (Røvær).

-----		-----	
Z135		Z200	
-----		-----	
Thyasira ferruginea	47	Paramphinome jeffreysii	59
Nothria conchylega	39	Amphilepis norvegica	37
Heteromastus filiformis	22	Onuphis quadricuspis	25
Paramphinome jeffreysii	19	Thyasira ferruginea	18
Eriopisa elongata	18	Heteromastus filiformis	16
Eclysippe vanelli	18	Thyone raphanus	13
Arcturella dilatata	17	Byblis crassicornis	12
Exogone verugera	16	Lumbrineris sp	11
Amage auricula	16	Chaetozone setosa	9
Laonice cirrata	16	Onchnesoma steenstrupi	9
-----		-----	

Det er gjort en analyse av graden av likhet i faunaen mellom stasjonene. Det er også gjort analyser av likheten mellom de enkelte grabbprøver på hver stasjon og mellom grabbprøver fra ulike stasjoner.

Dendrogrammene viser grupperinger av innbyrdes like prøver. De mest like prøvene grupperes tidligst sammen i dendrogrammet, dvs. lengst til venstre. Skalaen angir grad av ulikhet.

I den første likhetsanalysen er stasjonene sammenlignet med hverandre. Det framkom to hovedgrupper av stasjoner: (1) stasjonene øst for Farsund og (2) stasjonene vest for Farsund. Blant de østlige stasjonene viste det seg to undergrupper, med stort sett dype stasjoner i den ene gruppen (gruppe 1a) og grunne stasjoner i den andre gruppen (gruppe 1b). Gruppene er skjematisk framstilt i Fig. 4, hvor stasjonene er plottet mot dyp og lengdegrad.

Grupperingen hadde sammenheng med et økende artsmangfold fra dype mot grunne stasjoner i det østlige området og et økende artsmangfold fra øst mot vest generelt. Mulige forklaringer på gradienten i artsmangfold er diskutert i avsnittet om artsmangfold-individtetthet-biomasse (5.2).

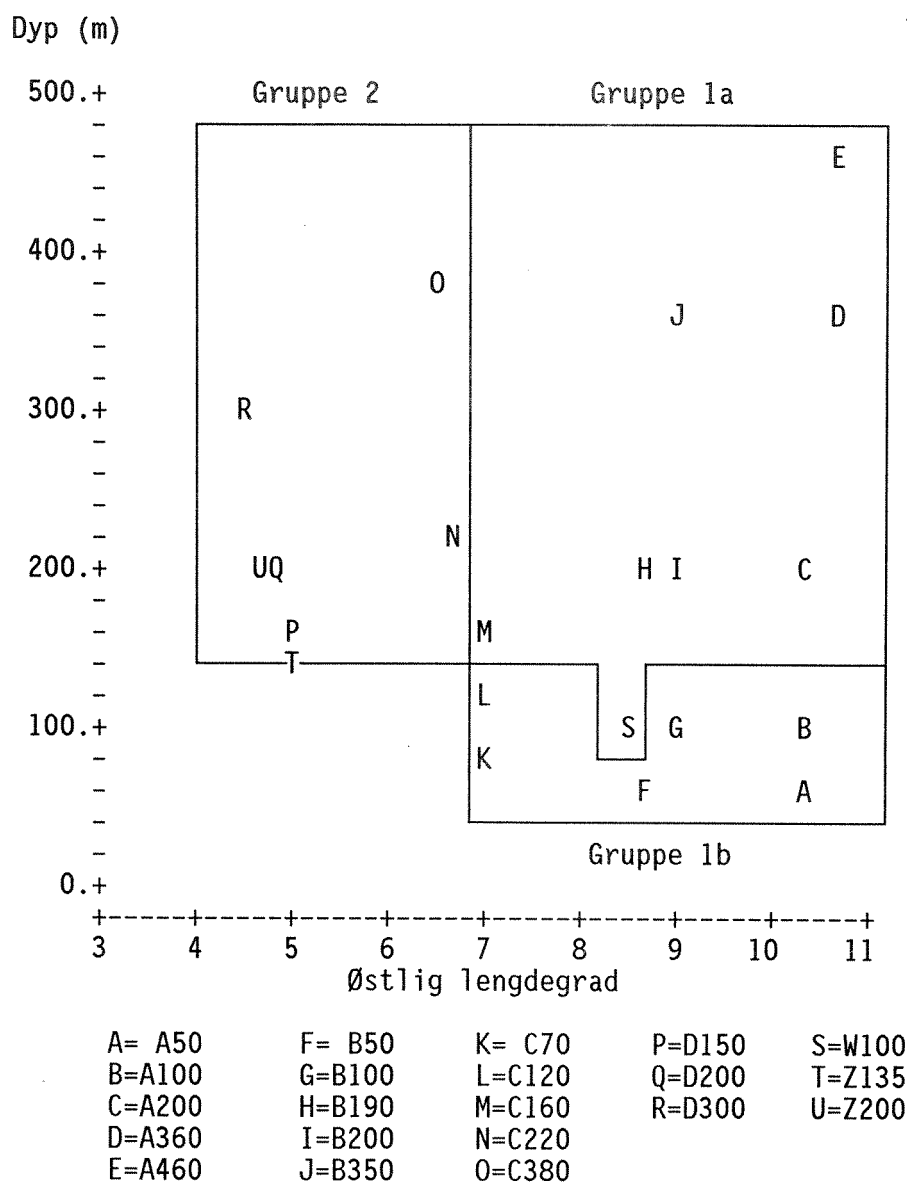


Fig. 4. Tre grupper av innbyrdes like stasjoner tegnet inn på plott av dyp mot lengdegrad.

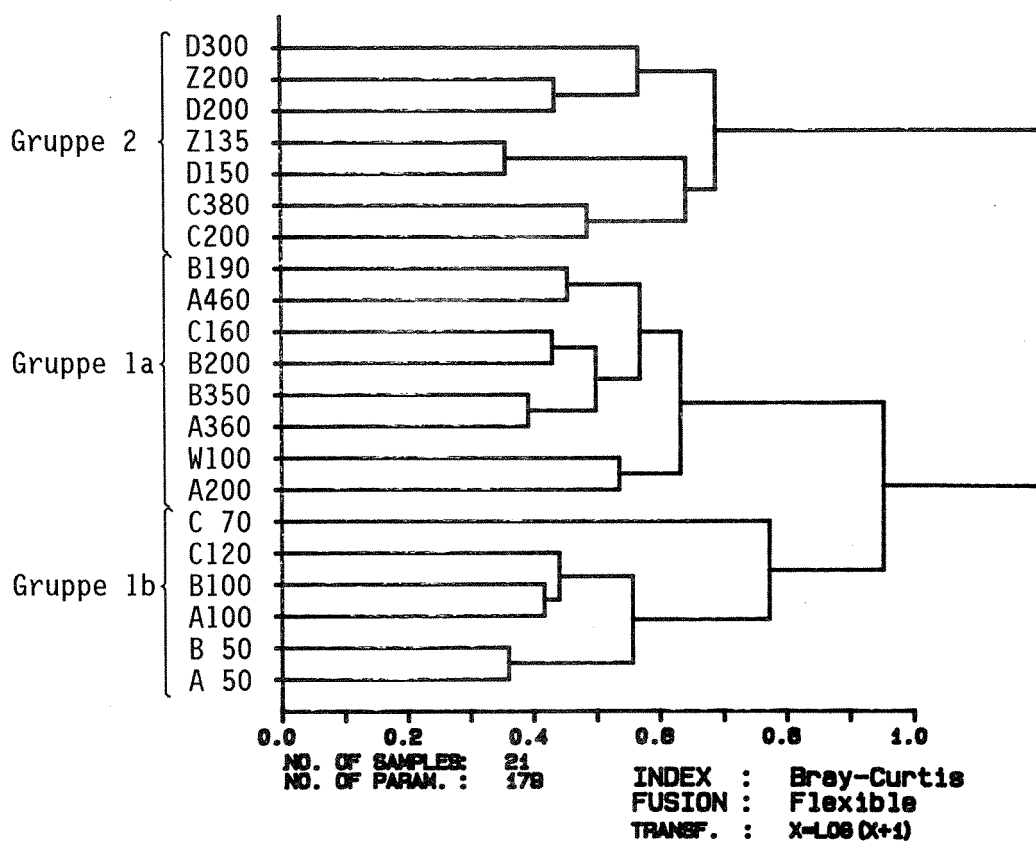


Fig. 5. Clusteranalyse av de 21 stasjonene i 1990. Kodene langs den lodrette aksene angir stasjon. Verdier langs den vannrette aksene angir grad av ulikhet.

I de tre følgende likhetsanalysene er alle enkeltgrabber innenfor hver av de tre stasjonsgruppene sammenlignet for å se om forskjellene mellom stasjonene var større enn forskjellene mellom enkeltgrabbene fra samme stasjon, noe som ville bekrefte en virkelig forskjell i faunaen fra stasjon til stasjon.

Diskrimineringen mellom de sju stasjonene vest for Farsund (gruppe 2) var tydelig. Kun én grabb (fra stasjon Z135) var mer lik grabbene fra en annen stasjon enn grabbene fra sin egen stasjon (Fig. 6).

Diskrimineringen mellom de dype stasjonene øst for Farsund (gruppe 1a) var også god. Stasjonene A460, B190, B200, B350 og W100 hadde hver sin "egen" fauna. Prøvene fra A200, A360 og C160 ble splittet, og viste i mindre grad en "egen" fauna (Fig. 7).

Diskrimineringen mellom de grunne stasjonene øst for Farsund (gruppe 1b) var tydelig. Kun én grabb (fra stasjon A100) var mer lik grabbene fra en annen stasjon enn grabbene fra sin egen stasjon (Fig. 8).

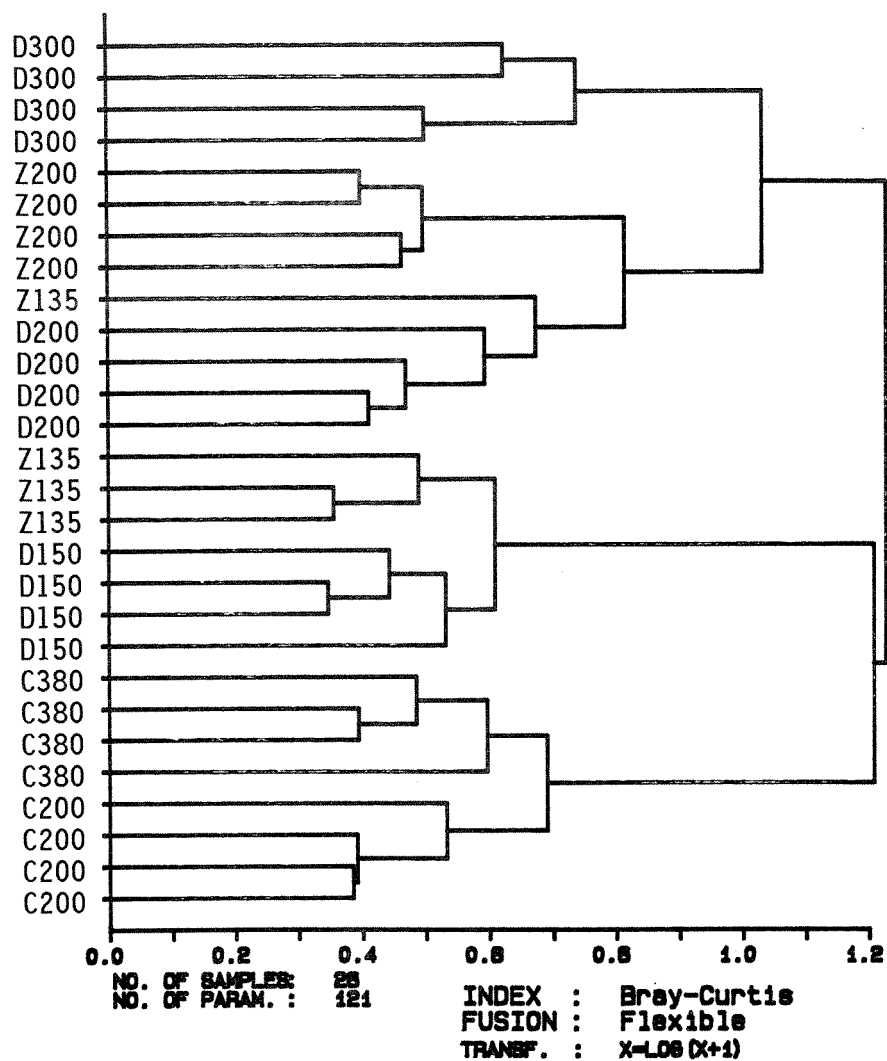


Fig. 6. Clusteranalyse av enkeltgrabber fra stasjonene vest for Farsund (stasjonsgruppe 2).

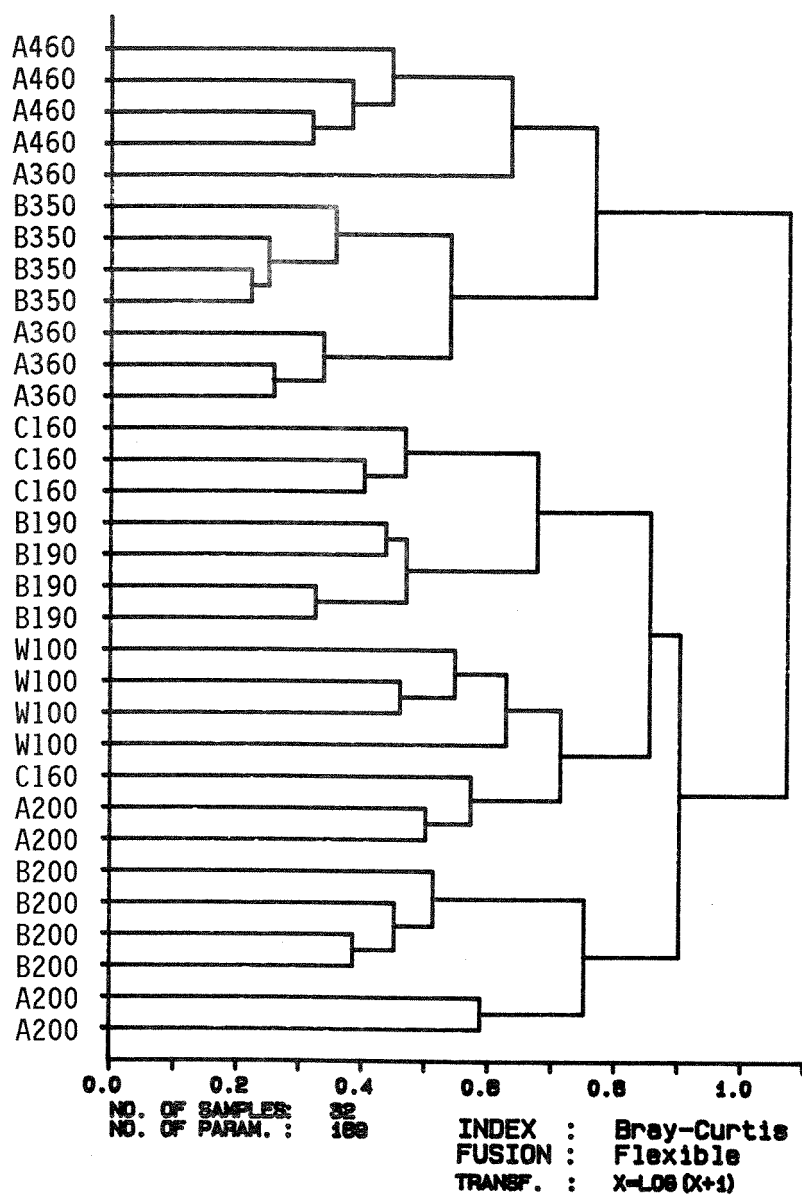


Fig. 7. Clusteranalyse av enkeltgrabber fra dype stasjoner øst for Farsund (stasjonsgruppe 1a).

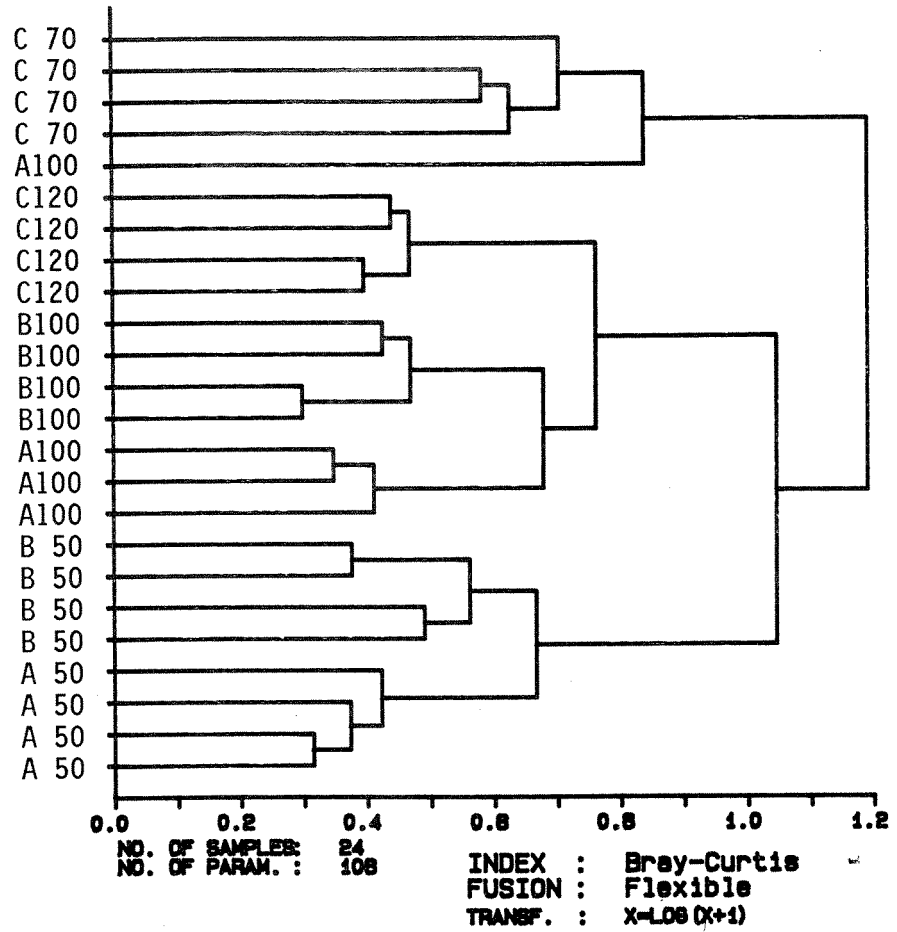


Fig. 8. Clusteranalyse av enkeltgrabber fra grunne stasjoner øst for Farsund (stasjonsgruppe 1b).

5.2. Artsmangfold - individtetthet - biomasse

Arts-/individkurvene (Fig. 9) gjengir forventet artsantall som funksjon av innsamlet individantall (Hurlbert 1971).

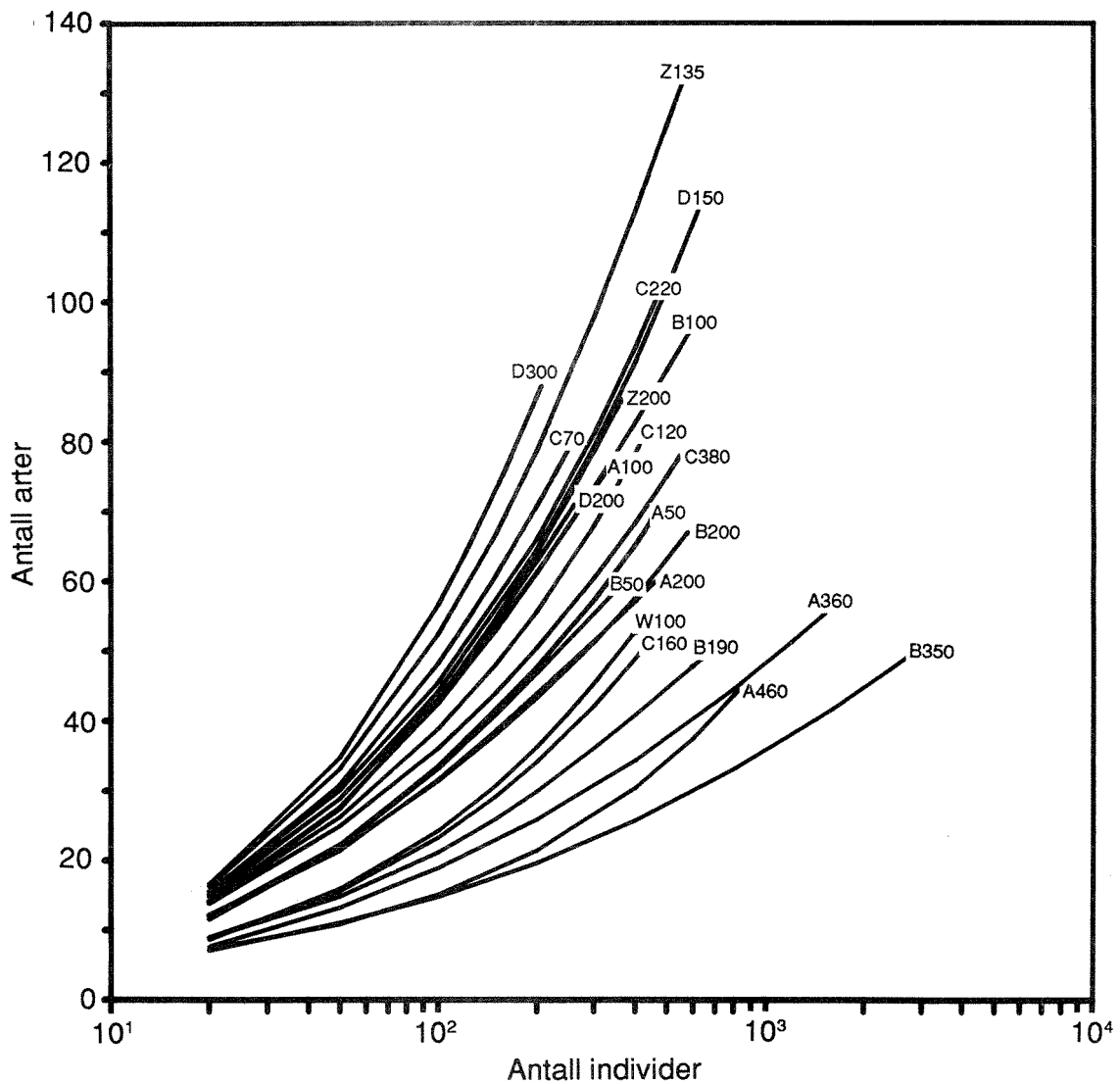
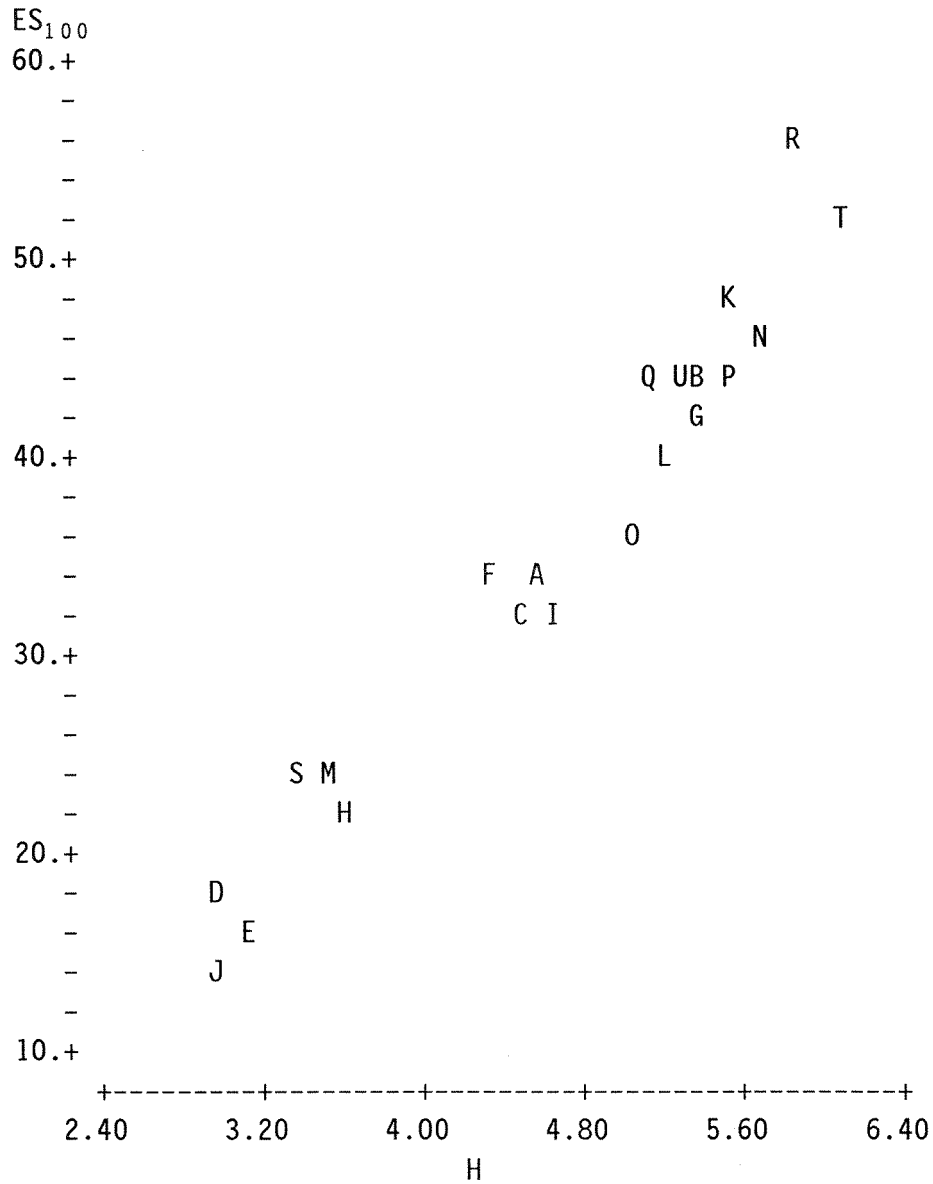


Fig. 9. Forventet antall arter som funksjon av innsamlet antall individer på de enkelte stasjonene.

Det er beregnet to indekser for artsmangfold: Shannon-Wiener indeks (H) (Shannon and Weaver 1963) og forventet artsantall blant 100 individer (ES_{100}) (Hurlbert 1971). De to indeksene viste god korrelasjon (Fig. 10).



A= A50	F= B50	K= C70	P=D150	S=W100
B=A100	G=B100	L=C120	Q=D200	T=Z135
C=A200	H=B190	M=C160	R=D300	U=Z200
D=A360	I=B200	N=C220		
E=A460	J=B350	O=C380		

Fig. 10. Sammenheng mellom de to indeksene for artsmangfold (H og ES_{100}). Regresjonens ligning: $ES_{100} = 11.8 \cdot H - 19.3$.

Tabell 3 viser verdiene for de viktigste faunaparametrene som total pr. stasjon eller gjennomsnitt pr. grabb pr. stasjon. Biomasse ble målt på et utvalg av stasjonene og er vist som sum pr. stasjon i Tabell 3. Tilsvarende data for hver grabb finnes i datarapporten (Rygg 1991). Der er også biomasse pr. art pr. grabb vist. To store sjøpinnsvin (Brissopsis) i den ene grabben fra stasjon C120 utgjorde ca. 40% av den totale biomasse på stasjonen.

Artsantallet i de fire sammenslåtte grabbene var stort sett 2-2.5 ganger høyere enn i enkeltgrabbene fra samme stasjon. Artsmangfoldet (H) var stort sett 1.1-1.2 ganger høyere (Tabell 3). Økningen i arts mangfoldet når flere grabber slås sammen skyldes en viss artsvariasjon fra grabb til grabb. Det er naturlig at artsvariasjonen mellom grabber er noe større enn variasjonen innenfor samme grabb.

Tabell 3. Individantall (N), beregnet individantall pr. m² (N/m²), artsantall (S), artsmangfold (H og ES₁₀₀) og biomasse (gram/m²) i 1990. Prøvetakingsareal pr. stasjon er 0.4 m² (4 grabber a 0.1 m²). S₄/S₁: Forholdet mellom totalt artsantall (S₄) pr. stasjon (4 grabber) og gjennomsnittlig artsantall pr. grabb (S₁) på stasjonen. S₄/S₁: Forholdet mellom totalt artsmangfold (H₄) pr. stasjon (4 grabber) og gjennomsnittlig artsmangfold pr. grabb (H₁) på stasjonen. *: ikke målt.

St	N	N/m ²	S			H			ES ₁₀₀	Biomasse
			S ₄	S ₁	S ₄ /S ₁	H ₄	H ₁	H ₄ /H ₁		g/m ²
A 50	451	1128	69	33	2.09	4.55	4.12	1.10	33.57	*
A100	328	820	76	34	2.24	5.40	4.64	1.16	43.33	46.0
A200	459	1148	60	26	2.31	4.52	3.59	1.26	31.67	*
A360	1563	3908	56	26	2.15	3.00	2.67	1.12	18.99	73.6
A460	843	2108	45	20	2.25	3.11	2.87	1.08	15.16	*
B 50	352	880	59	29	2.03	4.34	3.77	1.15	33.31	*
B100	589	1473	96	48	2.00	5.34	4.86	1.10	42.62	39.7
B190	639	1598	49	23	2.13	3.58	3.30	1.08	21.30	*
B200	575	1438	67	32	2.09	4.61	3.99	1.16	31.53	*
B350	2855	7138	50	28	1.79	2.95	2.75	1.07	14.91	85.9
C 70	249	623	79	31	2.55	5.55	4.43	1.25	48.41	*
C120	437	1093	82	36	2.28	5.18	4.56	1.14	39.02	63.0
C160	449	1123	52	23	2.26	3.56	3.27	1.09	23.43	*
C220	468	1170	101	43	2.35	5.65	4.87	1.16	45.68	*
C380	547	1368	78	34	2.29	5.06	4.12	1.23	36.23	34.1
D150	633	1583	114	52	2.19	5.55	4.85	1.14	44.41	36.3
D200	260	650	71	31	2.29	5.15	4.36	1.18	43.15	*
D300	206	515	88	34	2.59	5.88	4.75	1.24	56.78	25.4
W100	401	1003	53	22	2.41	3.36	2.85	1.18	24.41	*
Z135	564	1410	132	58	2.28	6.07	5.31	1.14	52.58	*
Z200	362	905	86	39	2.21	5.25	4.65	1.13	43.14	*
Median					2.25			1.14		

Lavest artsmangfold fantes på de dype stasjonene i østre Skagerrak (A360, A460 og B350), og på innaskjærs stasjoner øst for Farsund (B190, C160 og W100).

Faunaens artsmangfold hadde tydelig sammenheng med sedimentets kornstørrelse (Fig. 11). På grunn av sammenhengen mellom kornstørrelse og TOC (Fig. 2) var artsmangfoldet også korrelert med TOC, men mindre tydelig enn med kornstørrelsen (Fig. 12).

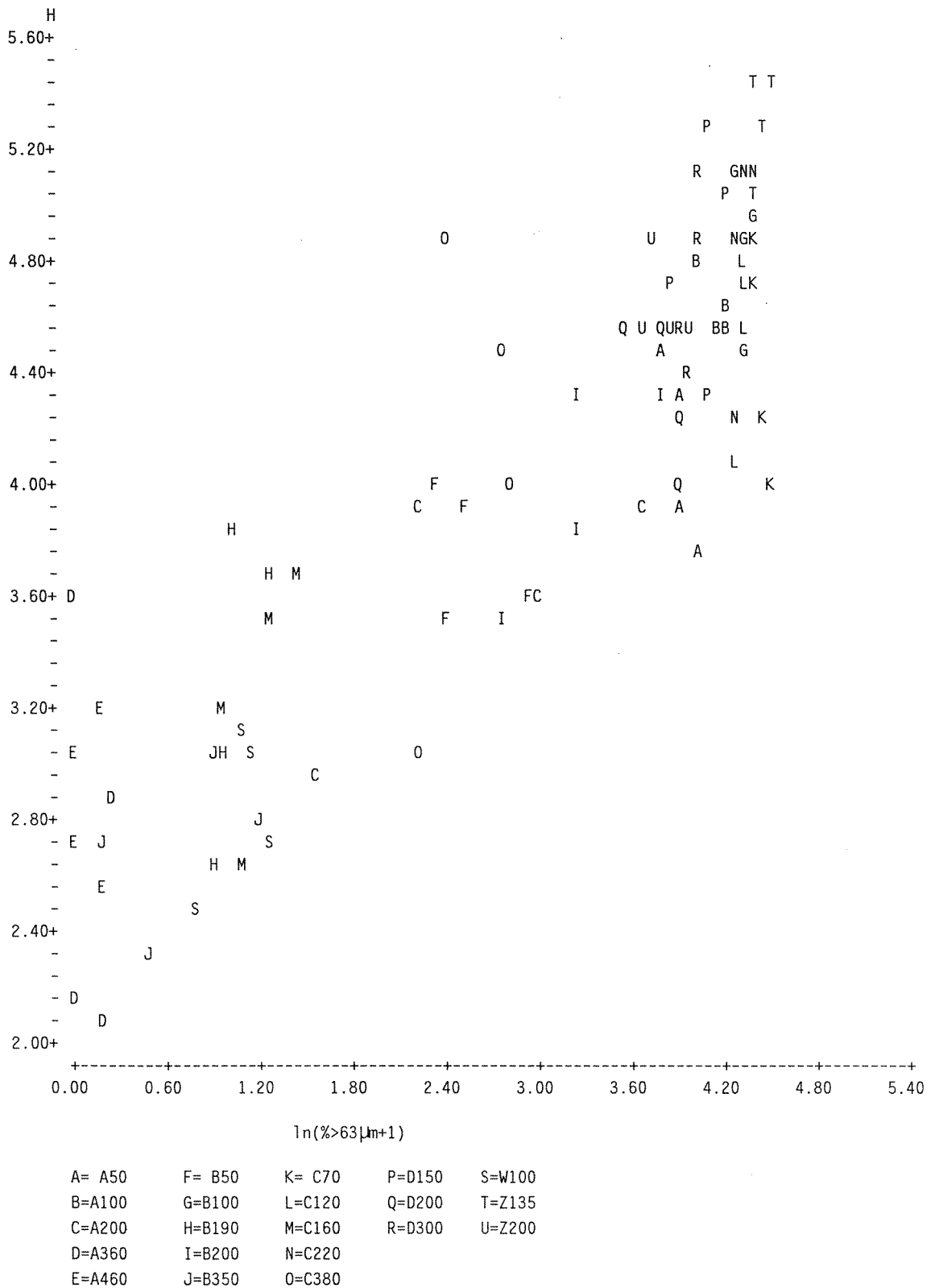


Fig. 11. Sammenheng mellom sedimentets kornstørrelse, uttrykt som $\ln(>63\mu\text{m}+1)$, og artsmangfold (H) for hver grabb. Regresjonens ligning: $Y = 0.50 \cdot X + 2.59$. $R^2 = 77.6\%$.

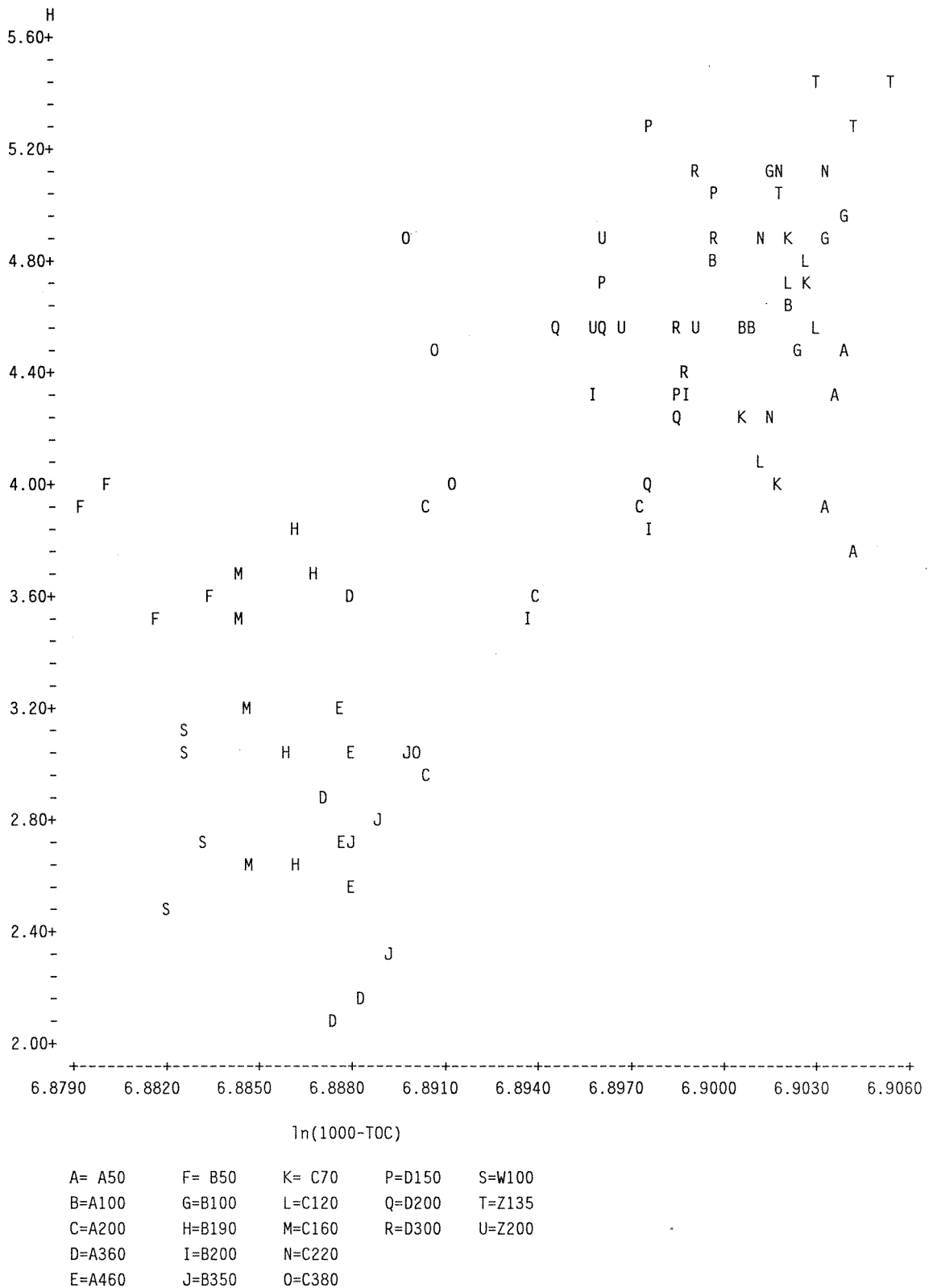


Fig. 12. Sammenheng mellom sedimentets innhold av organisk karbon (TOC) og artsmangfold (H) for hver grabb. $R^2 = 57.0\%$.

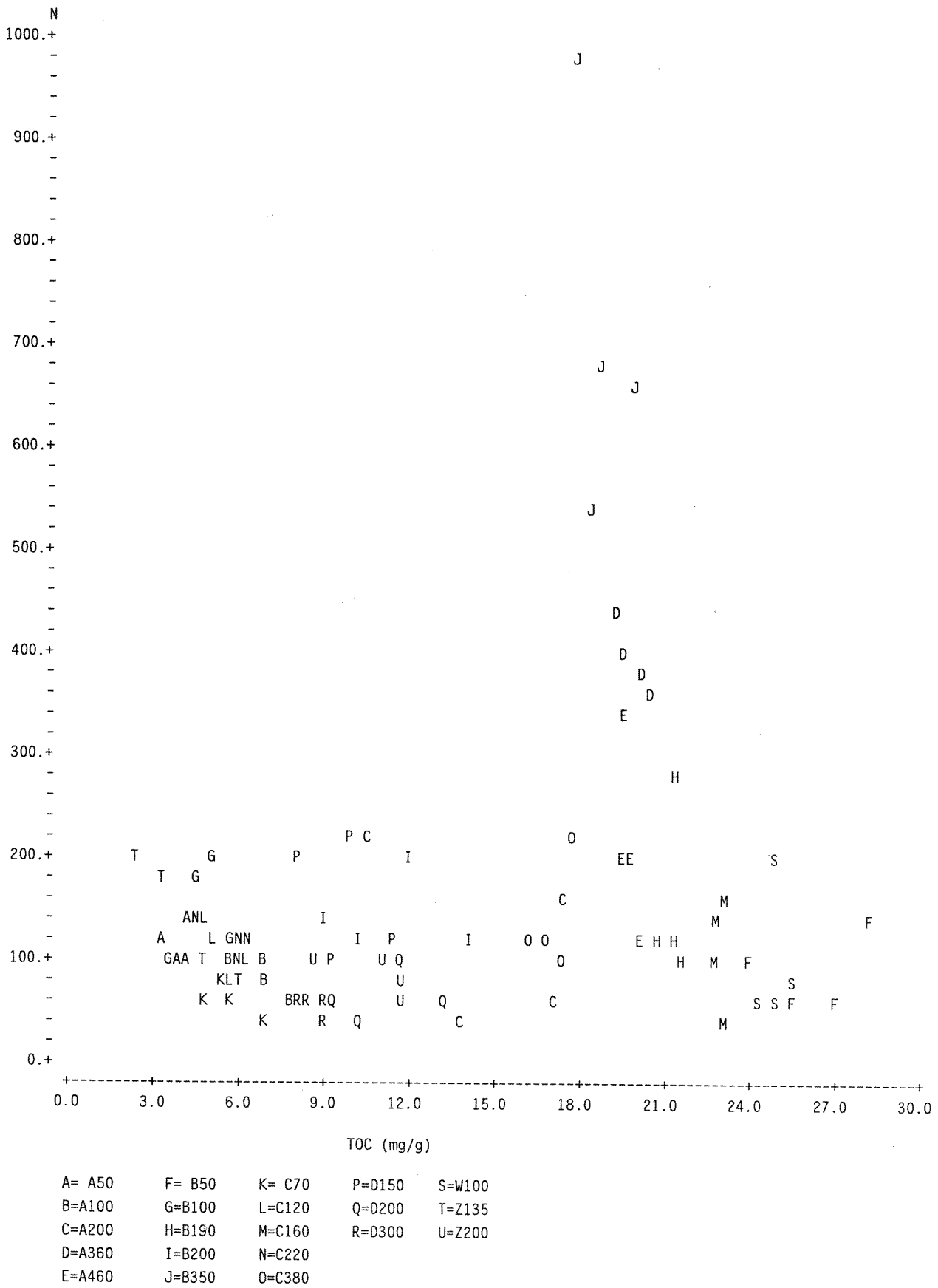


Fig. 13. Individttetthet plottet mot TOC i bulk sediment.

Individtettheten var usedvanlig høy på stasjon B350 utenfor Arendal. Den var tydelig forhøyet også på stasjon A360 i ytre Oslofjord (Fig. 14). Individtettheten var ikke korrelert med organisk karbon i sedimentet (Fig. 13). På Figur 14 er individtetthetene vist på et "3-dimensjonalt" kart.

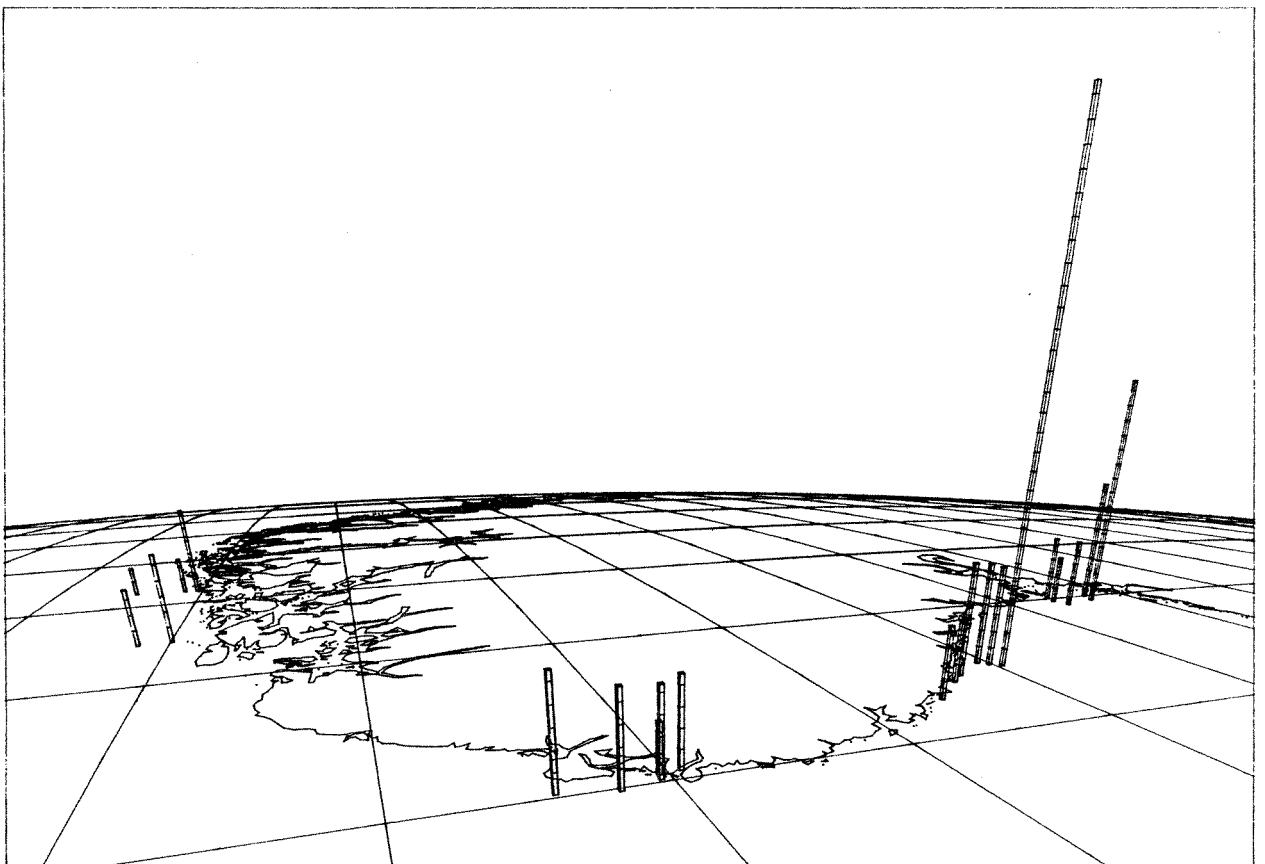
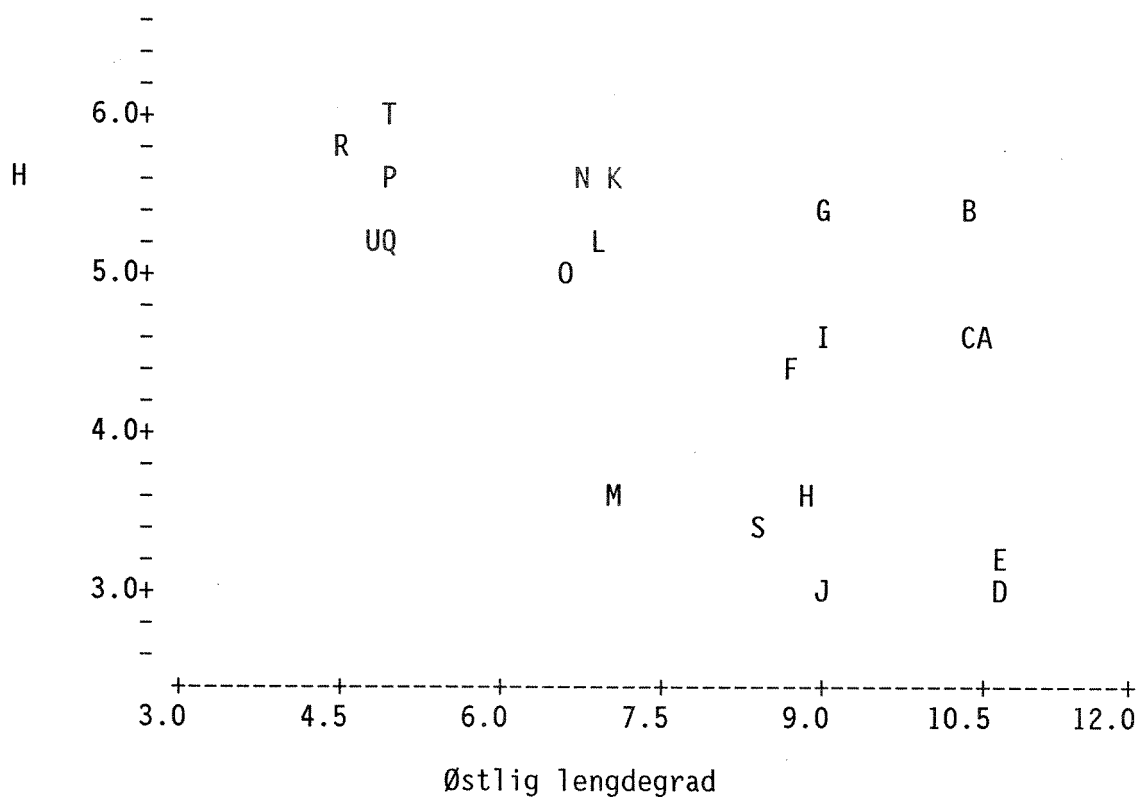


Fig. 14. Individtetthet pr. 0.4 m^2 på de 21 stasjonene. Hvert segment på søylene representerer 100 individer.

Artsmangfoldet var gjennomgående høyere på de vestlige enn på de østlige stasjonene (Fig. 15).



A= A50	F= B50	K= C70	P=D150	S=W100
B=A100	G=B100	L=C120	Q=D200	T=Z135
C=A200	H=B190	M=C160	R=D300	U=Z200
D=A360	I=B200	N=C220		
E=A460	J=B350	O=C380		

Fig. 15. Plot av arts mangfold (H) mot østlig lengdegrad.

Øst-vest gradienten i arts mangfold kan delvis skyldes mindre organisk belastning og sedimentering i vestlige områder, men også zoogeografiske faktorer (bedre rekrutteringsmuligheter for atlantiske arter) kan bidra til det økte arts mangfoldet vestover.

5.3. Sammenlikning med resultater fra tidligere år

I forbindelse med bl.a. undersøkelsene etter oppblomstringen av den giftige planktonalgen Chrysochromulina polylepis i 1988 ble det i 1988 og 1989 tatt prøver på en del stasjoner som ligger på samme lokaliteter som noen av kystovervåkingsstasjonene. Resultatene er oppsummert i en tidligere rapport (Rygg 1990).

Stasjonsposisjonene og bunndypene er noe forskjellige på de gamle og nye stasjonene. Standardiseringen av dypene på de nye stasjonene medførte disse avvikene. Materialet fra de gamle stasjonene har likevel verdi for vurderingen av tidsutvikling, særlig når de sees i sammenheng med resultatene fra både dypere og grunnere stasjoner.

Tabell 6. Artsantall (S), individantall (N), beregnet individantall pr. m² (N/m²), og artsmangfold (H) på noen av kystovervåkingsstasjonene før 1990.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	Area1 (m ²)	S	N	N/m ²	H log ₂
B 50	830620	55	0.5	69	893	1786	3.67
B 50	840907	55	0.5	45	386	772	3.41
B 50	850709	55	0.5	64	806	1612	4.20
B 50	880530	55	0.3	95	1078	3593	4.83
B 50	880615	55	0.4	68	685	1712	4.21
B 50	881106	56	0.4	46	285	712	4.28
B 50	890615	55	0.4	38	211	527	4.34
B190	880226	185	0.4	31	344	860	3.19
B190	890615	187	0.4	36	316	790	3.78
B200	880603	224	0.2	35	181	905	4.16
B200	881106	224	0.1	35	242	2420	3.54
B200	890614	224	0.4	73	574	1435	4.69
U 70	880228	70	0.4	12	67	168	2.53
U 70	890614	70	0.4	40	457	1142	3.55
U100	880228	155	0.4	70	1077	1346	3.69
W 50	880224	50	0.4	54	301	753	4.75
W 50	880617	50	0.4	32	137	343	4.21
W100	830630	76	0.5	53	592	1184	4.63
W100	850704	73	0.5	97	907	1814	5.17
W100	860701	72	0.5	70	538	1076	4.54
W100	880617	74	0.4	67	385	962	5.04
W100	881107	74	0.4	49	275	687	5.01
W100	890616	74	0.4	56	305	762	4.81
X100	881108	130	0.4	46	366	915	4.46
X100	890616	130	0.4	35	188	470	4.13

Større endringer kunne ikke påvises fra 1988-89 til 1990. Artsmangfoldet hadde holdt seg tilnærmet konstant, bortsett fra på stasjon W100, hvor det var en nedgang. Prøvene ble imidlertid tatt på større dyp i 1990. På B50 var det en nedgang i både arts- og individantallet etter mai/juni 1988. Endringene kan være forårsaket av oppblomstringen av giftige alger i mai 1988.

På stasjon B190 var individtettheten dobbelt så høy i 1990 som i 1988-89. Individtettheten kan imidlertid variere mye, bl.a. med årstiden, og dette enkeltresultatet gir ikke grunnlag for konklusjoner i den ene eller annen retning.

5.4. Tilstandsklassifisering

Artsmangfoldet går ned ved bl.a. organisk belastning, mens det holder seg høyt ved naturlige, upåvirkete forhold. Artsmangfoldet kan defineres som artsantall som funksjon av totalt individantall i prøven. Det er utarbeidet et klassifiseringssystem som viser sammenhengen mellom artsantall og individantall ved forskjellig artsomfang (Rygg 1984). Dette har blitt brukt til å gradere miljøtilstand (Fig. 16).

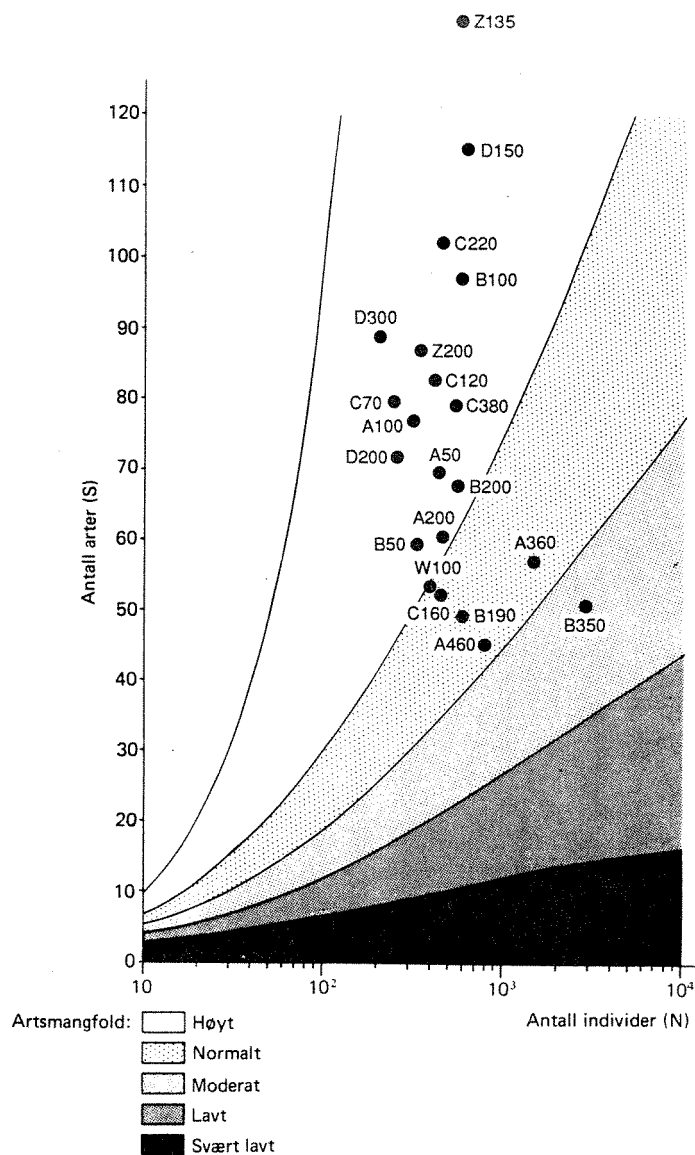


Fig. 16. Klassifisering av artsomfang på kystovervåkingsstasjonene i 1990.

En annen vanlig brukt indeks for artsmangfold er Shannon-Wieners indeks (H) (Shannon & Weaver 1963) (jfr. Tabell 3). H-verdier under 3 er klassifisert som lave, verdier mellom 3 og 4 som moderate, og over 4 som høye (Aschan & Skullerud 1990). Andre klassifiserer H-verdier mellom 2.1 og 3.1 som moderate, mellom 3.1 og 4.3 som normale, og over 4.3 som høye (bl.a. Pedersen & al. 1990b).

Rangeringen av stasjonene mht. tilstand blir den samme i begge klassifiseringssystemene. Aschan & Skullerud bruker betegnelsen "moderat" og "lavt" omtrent der Rygg og Pedersen & al. bruker henholdsvis "normalt" og "moderat". Dette kan skyldes at vi legger noe forskjellig innhold i disse uttrykkene, men den viktigste forklaringen er at det erfaringsmaterialet som Rygg og Pedersen & al. baserer sin klassifisering på, vesentlig er fra fjordområder og fjordbassenger som naturlig har et lavere artsmangfold enn utaskjærs stasjoner. De innaskjærs stasjonene B190, C160 og W100 bør derfor kunne klassifiseres som normale, mens de ytre stasjonene A360 og A460 klart har et moderat og B350 klart har et lavt artsmangfold.

De høye individantallene og den forholdsvis store biomassen på de ytre stasjonene A360 og særlig B350 tyder på at næringstilgangen på disse stasjonene er høy, trolig som følge av stor sedimentasjon av organisk materiale. Også dominansen av den opportunistiske børstemarken Heteromastus filiformis (Tabell 2) tyder på høy næringstilgang.

Det høye individantallet på B350 utenfor Arendal i forhold til de innenforliggende stasjonene B100 og B200 er bemerkelsesverdig. Økningen kan skyldes større primærproduksjon og/eller endrede hydrofysiske forhold som medfører større sedimentasjon. Snittet bør forlenges med minst én stasjon ut til f.eks. 450 m dyp for å fastslå om denne tilstanden strekker seg lengre ut i Skagerrak.

6. HENVISNINGER

- Aschan M M, Skullerud A M, 1990. Effects of changes in sewage pollution on soft-bottom macrofauna communities in the inner Oslofjord, Norway. *Sarsia* 75, 169-190.
- Aure J, Dahl E, Magnusson J, 1990. Program for langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Del II. Hydrografi/hydrokjemi. HI/NIVA-notat 0-89131, 22 s.
- Baden S P, Loo L-O, Pihl L, Rosenberg R, 1990. Effects of eutrophication on benthic communities including fish: Swedish West Coast. *Ambio* 19, 113-122.
- Berge J A, Green N, Rygg B, 1988. Invasjon av planktonalgen Chrysochromulina polylepis langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organismesamfunn langs kysten. Datarapport fra NIVAs undersøkelser. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 329/88. (NIVA 2182), 165 s.
- Clifford H T, Stephenson W, 1975. An Introduction to Numerical Classification. Academic Press, 229 pp.
- Duursma E K, Beukema J J, Cadee G C, Lindeboom H J, deWilde P A W J, 1988. Assessment of environmental impact of nutrients. In: Newman, P.J., Agg, A.R. (eds.). Environmental protection of the North Sea. Heinemann Prof. Publ.
- Enoksson V, Sörensson F, Graneli W, Elmgren R, 1990. Nitrogen transformations in the Kattegat. *Ambio* 19, 159-166.
- Hurlbert S N, 1971. The non-concept of species diversity. *Ecology* 53, 577-586.
- Josefson A B, 1987. Large-scale patterns of dynamics in subtidal macrozoobenthic assemblages in the Skagerrak: effects of a production-related factor? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 38, 13-23.
- Josefson A B, 1988. Övervakning av mjukbottenfauna langs Sveriges vestkust. Naturvårdsverket, rapport 3504. Solna. 74 s.
- Josefson A B, 1990. Increase of benthic biomass in the Skagerrak-Kattegat during the 1970s and 1980s - effects of organic enrichment? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66, 117-130.

Josefson A B, Smith S, 1984. Changes of benthos-biomass in the Skagerrak - Kattegat during the 1970-ies: a result of chance events, climatic changes or eutrophication? Medd. Havs fiskelab Lysekil 292, 111-121.

Naturvårdsverket 1988. Monitor 1988. Östersjön och Västerhavet - Livsmiljöer i förändring (Bernes, C. ed.). Solna. 207 s.

Pearson T H, Josefson A B, Rosenberg R, 1986. Petersen's benthic stations revisited. I. Is the Kattegat becoming eutrophic? J. exp. mar. Biol. Ecol. 92, 157-206.

Pedersen A, Rygg B, 1990. Program for langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Del I. Bentiske organismesamfunn. NIVA-notat 0-89131, 33 s.

Pedersen A, Wikander P B, Oug E, Green N, 1989. Invasjon av planktonalgen Chrysochromulina polylepis langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Virkninger på organismesamfunn langs kysten. NIVAs undersøkelser i november 1988. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 355/89. (NIVA 2233), 182 s.

Pedersen A, Oug E, Green N, 1990a. Oppblomstring av planktonalgen Chrysochromulina polylepis. Gjenvækst av organismesamfunn langs kysten. NIVA's undersøkelser i juni 1989. Hovedrapport. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 403a/90. (NIVA 2395), 92 s.

Pedersen A, Oug E, Green N, 1990b. Oppblomstring av planktonalgen Chrysochromulina polylepis. Gjenvækst av organismesamfunn langs kysten. NIVA's undersøkelser i juni 1989. Vedleggsrapport. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 403b/90. (NIVA 2396), 230 s.

Pihl Baden S, 1986. Recent changes in the Kattegat/Skagerrak ecosystem and their possible interdependence. National Swedish Environmental Protection Board Report 3157, 91 pp.

Rosenberg R, 1985. Eutrophication - the future marine coastal nuisance? Mar. Pollut. Bull. 16, 227-231.

Rosenberg R, Elmgren R, Fleischer S, Jonsson P, Persson G, Dahlin H, 1990. Marine eutrophication case studies in Sweden. Ambio 19, 102-108.

Rosenberg R, Gray J S, Josefson A B, Pearson T H, 1987. Petersen's benthic stations revisited. II. Is the Oslofjord and eastern Skagerrak enriched? *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 105, 219-251.

Rydberg L, Edler L, Floderus S, Graneli W, 1990. Interaction between supply of nutrients, primary production, sedimentation and oxygen consumption in SE Kattegat. *Ambio* 19, 134-141.

Rygg B, 1984. Bløtbunnfaunaundersøkelser - et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. (NIVA F.481), 29 s.

Rygg B, 1990. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Bløtbunnfaunaundersøkelser 1988-1989. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 410/90. (NIVA 2452), 19 s.

Rygg B, 1991. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Bløtbunnfaunaundersøkelser 1990. Datarapport. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 444B/91. (NIVA), 78 s.

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

Wikander P B, 1986. Overvåkning av Groosefjorden/Vikkilen, Grimstad kommune. Bunnfaunaundersøkelsene 1983-1985. (NIVA 1920), 62 s.

Wikander P B, 1987. Overvåkning av bløtbunnsfaunaen i fjordene ved Lillesand 1983-1986. (NIVA 2023), 63 s.

Wulff F, Stigebrandt A, Rahm L, 1990. Nutrient dynamics of the Baltic Sea. *Ambio* 19, 126-133.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, 0808 Oslo

ISBN 82-577-1909-9