



Notat

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

Biologisk institutt, UiO

Eutrofi- situasjonen i YTRE OSLOFJORD

DELPROSJEKT 3.11

Bløtbunnsfauna-
observasjoner.



NIVA – RAPPORT

8801112

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 Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.: 8801112
Undernummer:
Løpenummer:
Begrenset distribusjon: Åpen

Rapportens tittel: Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord Delområde 3.11 Bløtbunnsfaunaobservasjoner NOTAT	Dato: 10.mars 1989
	Rapportnr.
Forfatter (e): John S. Gray I. Saanum	Faggruppe: Marin eutrofi
	Geografisk område: Oslofjorden
	Antall sider (inkl. bilag): 26

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: <p>(Dette ark er lagt inn i NIVA's eksemplarer)</p> <p>Dette notat er et underlagsdokument som er mangfoldiggjort i få eksemplarer.</p>
--

4 emneord, norske:

1. Oslofjorden
2. Bløtbunnsfauna
3. Biomasse
- 4.

4 emneord, engelske:

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

Prosjektleder:


Kjell Baalsrud

For administrasjonen:

ISBN 82 90934 02 5

Programleder, overvåking

NOTAT

EUTROFISITUASJONEN I YTRE OSLOFJORD

Delprosjekt 3.11

BLØTBUNNSFAUNAOBSERVASJONER

Forfattere:
John S. Gray
Inger Saanum

Prosjektansvarlig:
John S. Gray

Antall sider: 8

Oppdragsgiver:
Statens forurensningstilsyn

Utdrag:

Prøver ble tatt fra 21 stasjoner fordelt på 79 replikater. I alt ble 245 arter funnet. Multivariat analyse viste at stasjonene grupperte seg etter dybde i fire grupper 24-34m, 48-77m, 90-306m og 190-355m. Dette mønster er forventet siden det er vist fra andre undersøkelser at sedimenteringsraten minker og mineraliseringsraten øker med dybden.

Biomasse-data bekrefter konklusjoner fra tidligere undersøkelser om at eutrofieringen har økt siden 1914. Gjennomsnittlig økning i biomassen var 48 g m^{-2} (4 ganger økning). Data-grunnlaget fra 1985 er imidlertid ikke godt nok for å bedømme om eutrofieringen har økt fra 1985 til 1988.

Det er klare tegn på at stasjoner grunnere enn 48 m er forstyrret av fysiske forhold. I framtiden bør stasjoner dypere enn 48 m undersøkes hvert tredje år.

Emneord:
1: Oslofjorden
2: Bløttbunnsfauna
3: Biomasse

Fri distribusjon

ISBN 82-90934-02-5



Statlig program for forurensningsovervåking

NOTAT

EUTROFISITUASJONEN I YTRE OSLOFJORD

Delområde 3.11

Bløtbunnsfaunaobservasjoner

Oslo 10.03.89

Prosjektleder John S. Gray
Medarbeider og medforfatter I. Saanum



UNIVERSITETET I OSLO

FORORD

Dette er et notat i en større undersøkelse av Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord.

Prosjektet utføres for Statens forurensningstilsyn av Norsk institutt for vannforskning i samarbeid med Universitetet i Oslo og VERITEC.

Resultatene av samtlige delundersøkelser vil til slutt bli sammenholdt og skal danne basis for en sammenfattende hovedrapport. De enkelte delundersøkelser blir behandlet og rapportert på sine premisser og vil bare i liten grad kunne trekke inn resultater fra de andre delundersøkelsene.

Målinger og prøver av bunnfaunaen ble tatt fra Universitetets forskningsfartøy "Trygve Braarud".

Vi takker mannskap og andre medarbeidere i prosjektet for godt samarbeid.

Professor John S. Gray, Biologisk institutt, Universitetet i Oslo, har vært saksbehandler og utarbeidet rapporten i samarbeid med Inger Saanum.

Kjell Baalsrud
prosjektleder.

1. FORMÅL

Formålet med undersøkelsen har vært å studere trender i eutrofieringseffekter på bløtbunnsfaunaen. Effekter ved dyp på 0-50 meter ble sammenlignet med situasjonen i dypere områder.

Faunaen i sedimentet nedenfor tidevannssonen er mye brukt for å overvåke effekter av forurensning av havet. Sammensetningen av bløtbunnsamfunn har vist seg å være meget følsom overfor små forandringer i miljøparametre. Undersøkelser av bløtbunnsamfunn gjort i 1985 (Rosenberg, Gray, Pearson & Josefson 1987) har vist at det finnes klare tegn på eutrofiering i ytre Oslofjord. Det ble planlagt å studere de samme stasjoner som i 1985, og i tillegg studere stasjoner som dekker forskjellige dybdeintervaller.

2. METODER

Prøver til undersøkelse av bløtbunnsfaunaen ble tatt fra 21 stasjoner i Ytre Oslofjord i tidsrommet 9.08. - 29.08.88, (fig. 1). Dypet på stasjonene varierte mellom 24 og 355 m.

Bunnprøver ble samlet inn med en Day-grabb som dekker et areal på 0.1 m av bunnen pr. grabbskudd. Sedimentet ble vasket gjennom to sikter med henholdsvis 1 og 5 mm runde hull. Det resterende materialet ble kvantitativt overført til glass og tilsatt fikseringsvæske (4% formaldehydløsning nøytralisert med Natriumglycerylfosfat). Fire replikater fra hver stasjon ble opparbeidet. På stasjon 7 ble det imidlertid bare tatt 2 prøver, og på stasjon 34 bare én. Dette henholdsvis p.g.a. uegnete bunnforhold og stor sjøgang.

Etter noen dagers fiksering ble prøvene overført til 70% etanol tilsatt ca. 1g av fargestoffet Rosé bengal pr. liter. Fargestoffet farger det organiske i prøven rødt slik at dyr lettere kan skilles ut fra det resterende materialet. Dyrene ble først grovsortert i fire hovedgrupper (Polychaeta, Mollusca, Crustacea og Echinodermata) og siden bestemt til art eller til et rimelig lavt taksonomisk nivå der artsbestemmelse var spesielt vanskelig eller tidkrevende. Antall individer av hver art ble talt. Arbeidet ble utført under binokularlupe med 10-40 x forstørrelse og et mikroskop med opptil 250 x forstørrelse.

Biomasse:

Biomassen ble målt som våtvekt etter et par minutters tørking på filterark. Før veiing ble dyrene oppbevart noen timer i vann slik at veiingen ikke ble foretatt på materiale med høy fordamping av alkohol. Alle individer av samme art i hver prøve ble slått sammen og veid.

Noe usikkerhet vil finnes i biomassemålingene fordi de fleste dyr var delt i flere fragmenter. En nøyaktig fordeling av biomasse til hver art var derfor vanskelig.

Rørboende polychaeter ble stort sett fjernet fra rørene, men hos enkelte små og skjøre individer var dette vanskelig og de ble

derfor veid med rør. Dette gjelder bl.a. for de små borstemarker Polydora og Myriochele oculata som til dels forekom i store mengder. Muslinger ble veid med skall. Noen stasjoner hadde meget høyt antall av slangestjerner. Disse var delt i flere småbiter og arbeidet med å plukke ut alle bitene av materialet var meget tidkrevende. Fra slike stasjoner ble det derfor bare plukket ut total biomasse fra én av replikatene og en gjennomsnittsvekt pr. dyr beregnet. Dette gjelder for stasjon 23 og 27.

Datamatriksen (antall individer av hver art pr. replikat) ble behandlet med multivariate analyser. Rådataene fra replikatene ble først transformert ved bruk av dobbelt rot transformasjon. Deretter ble en "likhetsmatrise" beregnet. Denne beregner likheten mellom to og to stasjoner ved bruk av Bray-Curtis Similarity Index (Bray & Curtis, 1957). Likhetsmatrisen ble brukt i en cluster-analyse ved bruk av "hierarchical, agglomerative" metoder og "group-average linking". Resultatene er presentert som dendogrammer, (se Gray et.al. 1988 for videre beskrivelser av metoder). En annen matematisk teknikk, ordinasjon, ble også benyttet. Her ble "non-metric multi-dimensjonal scaling (MDS)" brukt (Kruskal & Wish, 1978). MDS forsøker å lage et kart over stasjoner hvor de to stasjoner som har mest lik sammensetning av arter er plottet nær hverandre. MDS er en meget robust teknikk.

Ved å bruke data fra replikater kan man finne ut om replikater innenfor én stasjon er mer lik hverandre enn replikater fra andre stasjoner.

Analysene ble utført på en PC med programmer utviklet sammen med Dr K.R. Clarke og Dr M. Carr, Plymouth Marine Laboratory, England.

Etter utførelsen av multivariate analyser ble de forskjellige grupperinger som her ble funnet, videre analysert ved bruk av variansanalyser på STATGRAPHICS (STSC Inc. 1986). Variansen økte med gjennomsnittet, og dataene ble derfor transformert med kvadratrots transformasjon.

4. RESULTATER

Rådata (antall individer pr. art og replikat) er vist i appendiks 1 og rådata for antall individer, arter og diversitet er vist i appendiks 2.

Fig. 2 viser cluster-analysen. Fire klare grupper kan skilles ut (på 40% likhetsnivå). MDS analysen (fig.3) bekrefter denne grupperingen av stasjoner fra cluster-analysen. Også her er det fire klare grupper. MDS analysen tyder imidlertid på at det finnes en gradient fra venstre (gruppe 1) til høyre (gruppe 4), men at gruppe 3 og 4 er temmelig like. Figur 2 og 3 viser at replikatene er gruppert tett intil hverandre og dermed at det er klare forskjeller mellom stasjonene.

Grupperingen følger dypet på stasjonene (Tabell 1) med gruppe 1 som den grunneste stasjonsgruppen (24-34 m), etterfulgt av gruppe 2 (48-77 m), gruppe 3 (90-306 m) og gruppe 4 (190-355 m).

Tabell 1. Stasjons gruppering fra multivariat analyser mot dybde (i m).

Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gruppe 4	
Stn.	Dybde	Stn.	Dybde	Stn.	Dybde	Stn.	Dybde
7	28	6	48	2	216	10	190
19	24	16	77	5	136	18	223
23	28	21	60	8	90	26	355
27	34	22	53	17	144	34	245
28	32	30	60	24	306		
		31	71				
		32	78				

Dybdene på gruppe 3 og 4 dekker over hverandre. MDS analysen bekrefter dette; dybdegradienten går fra venstre til høyre. Gruppe 3 og 4 ligger likt på denne akse, men er delt på akse 2 (opp og ned).

Med analyse av data fra stasjoner dypere enn 80 m alene får man forandringer i grupperingen (fig. 4). Her blir stasjon 24 skilt ut og stasjon 18 flyttes til gruppe 4. Dette styrker argumentet at det er dybde som er den dominerende faktor som influerer faunasammensetningen i ytre Oslofjord. Gruppe 3 består av stasjoner med dybde fra 90 til 216 m og i gruppe 4 er alle stasjoner dypere enn 190 m.

Fig. 5 viser forskjellen i antall arter (a), antall individer (b) og diversitet (c) blant de fire grupper fra multivariat analysen. Den dypeste stasjonsgruppe (4) har signifikant lavere antall individer, lavere antall arter og diversiteten er signifikant lavere enn ved stasjonsgruppene 2. Stasjonsgruppe 2 har derimot det høyeste antall arter og høyest diversitet. Antall individer, antall arter og diversitet gir ikke noe klart bilde av eutrofiering. Den mest anvendte metoden er å sammenligne biomasse på forskjellige stasjoner.

Fig. 6 viser total biomasse summert for de fire replikater pr. stasjon plottet mot grupperingene fra multivariat analysen. Hvis man ser bort fra stasjonsgruppe 1, minker biomassen klart med dybden (stasjonsgruppe 2 > 3 > 4), men det er bare stasjonsgruppe 2 som er signifikant forskjellig fra stasjonsgruppe 4.

Variasjon i biomassen hos fire hovedgrupper av dyr vises i figur 7. Biomassen av de forskjellige dyrgruppene er meget variabel. Trenden er imidlertid den samme her som for total biomasse, biomassen minker med økende dybde fra stasjonsgruppe 2 til 4, men stasjonsgruppe 1 har lavere biomasse enn stasjonsgruppe 2 for polychaeta, mollusca og crustacea.

5. DISKUSJON

Analyser av bløtbunnssamfunn i ytre Oslofjord viser at dybde har den største innflytelse på artssammensetningen og fordeling av biomasse. Dette er vanlig i de fleste marine områder, f.eks "The depth-dependent input of organic matter is reflected in an overall decrease of benthic biomass with depth", (Levinton Marine Ecology, 1982 p 384). Det er ikke mulig å detektere romlige gradienter i fjorden som kan tilskrives eutrofiering ved stasjonsnett som ble valgt, variasjon i dybden på de forskjellige stasjoner dominerer. Man kan ikke sammenligne stasjoner fra forskjellige dybder.

De grunneste stasjoner (24-32 m) skiller seg klart ut fra de dypere stasjoner med en relativt lav diversitet og med lavere biomasse enn stasjoner i gruppe 2 (48-77 m). Sannsynligvis er det de varierende fysiske forhold som er årsaken til den relativt lave biomassen og den lave diversitet ved disse stasjoner.

Stasjonene grunnere enn 80m er dominert av arter som er mer typisk for forstyrret samfunn f.eks. i stasjonsgruppe 1 finnes Myriochele oculata, Pholoe minuta, Prionospio malmgreni og Amphiura filiformis og i stasjonsgruppe 2 Chaetozone setosa, Pholoe minuta og Amphiura chiajei dominere.

På de dypere stasjoner er de dominerende arter i gruppe 3 Melinna cristata, Spiophenes kroyeri og Abra nitida og i gruppe 4 Thyasira spp., arter som ikke vanligvis indikere at samfunnet er forstyrret.

Uten forstyrrelser og med økt grad av eutrofiering kan man forvente store effekter på grunne områder siden sedimenteringsraten minsker og mineraliseringsraten økes med dypet. Dermed kan man forvente høyere biomasser på de grunne stasjoner. At biomassen ovenfor 35m er lavere enn nedenfor 35 m tyde på at stasjonene er forstyrret. Nedenfor 35m er minkingen av biomasse som ventet.

Noen av stasjonene ble studert i 1985 (Rosenberg et.al. 1987) og data kan til en viss grad sammenlignes. Analysen utført i 1985 brukte de samme metoder som Petersen (1913 og 1915), d.v.s. en analyse basert bare på de arter som dominerte i størrelse. Dermed er det vanskelig å gjøre noen nøyaktig sammenligning i og med at undersøkelsen i 1988 var mye mer grundig utført med bruk av dagens teknikker. Tabell 2 viser dataene.

Tabell 2.

FORANDRINGER I BIOMASSE
(g m⁻²)

Stasjon	Depth	1914	1985	1988
	1914/1988			
<hr/>				
<50 m				
6	47/48	143	140	163.1
7	28/28	94	251	26.9*
<hr/>				
>50m				
2	202/216	18	261	97.5
16	75/77	170	172	172.4
17	145/144	24	159	120.8
18	270/223	12	122	7.3*
24	327/306	26	63	92.1
<hr/>				

* Dårlige prøver, ikke sammenligbare.

Biomasse er en meget vanskelig variabel å sammenligne. Mange dyr er ikke hele og bestemmelsen av delte dyr er vanskelig. Dessuten vil et fåtall store individer av Echinodermata eller Mollusca lede til store forandringer i biomassen uten at det dermed kan konkluderes at eutrofieringen har økt. Derfor burde man ikke sammenligne enkelte stasjoner, men hele områder som i Rosenberg et.al. 1987.

Det kan konkluderes med økt sikkerhet at det har funnet sted en betydelig økning i graden av eutrofiering fra 1914 til 1988 siden biomassen har økt med et gjennomsnitt på 48 g m⁻² på stasjonene dypere enn 50 m (2, 16, 17, 18 og 24). Dette er en meget kraftig økning. Grunnlaget fra 1985 undersøkelsen er imidlertid for dårlig til å bedømme om eutrofiering har økt siden 1985.

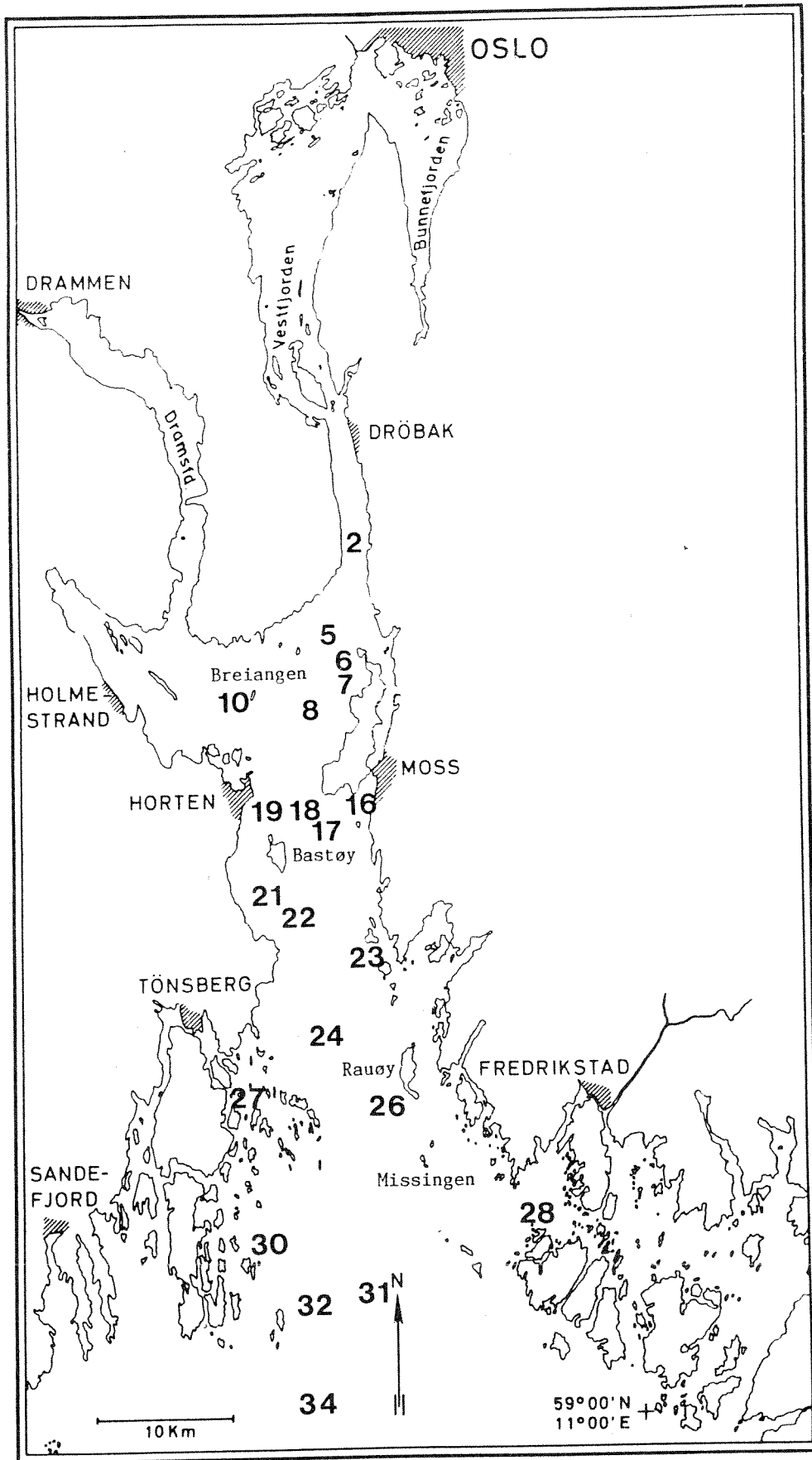
Siden det finnes klare tegn på at stasjoner grunnere enn 48 m er forstyrret, sannsynligvis av fysiske forhold, er det ingen grunn til å bruke disse stasjoner i framtiden. Når vi nå har et sikkert grunnlag for vurdering av eutrofieringsgraden i ytre Oslofjord, kan vi anbefale at stasjonene 2, 18 og 24 undersøkes årlig og at stasjoner dypere enn 48 m (stasjonsgruppe 2, 3, og 4) i framtiden undersøkes hvert tredje år.

7. REFERANSER

Gray, J.S., Aschan, M., Carr, M.R., Clarke, K.R., Green, R.H., Pearson, T.H., Rosenberg, R., & Warwick, R.M. 1988. Analysis of community attributes of the benthic fauna of Frierfjord / Langesundfjord and in a mesocosm experiment. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 46, 151-165.

Levinton, J.S. 1982 Marine Ecology. Prentice-Hall. 526 pp.

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.



Figur 1. Bløttbunnfaunastasjoner 1988

Eutrophication

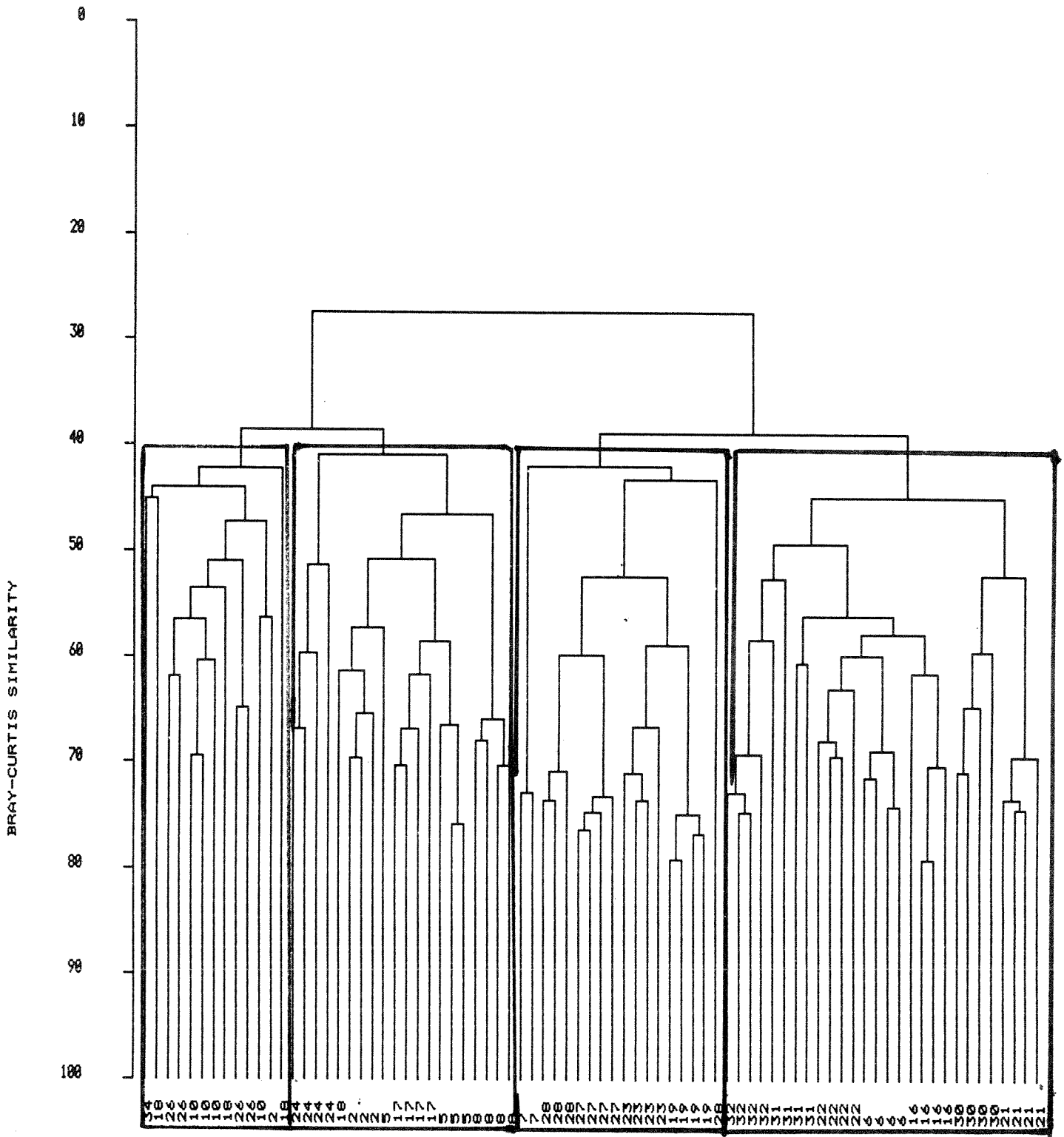


Fig. 2 Multivariat "Cluster"-analyse av artssammensetning i replikate grabb-skudd. På x-aksen viser fire replikat per stasjonsnummer. Grupperingen av stasjoner er på 40% likhetsnivå.

Eutrophication MDS

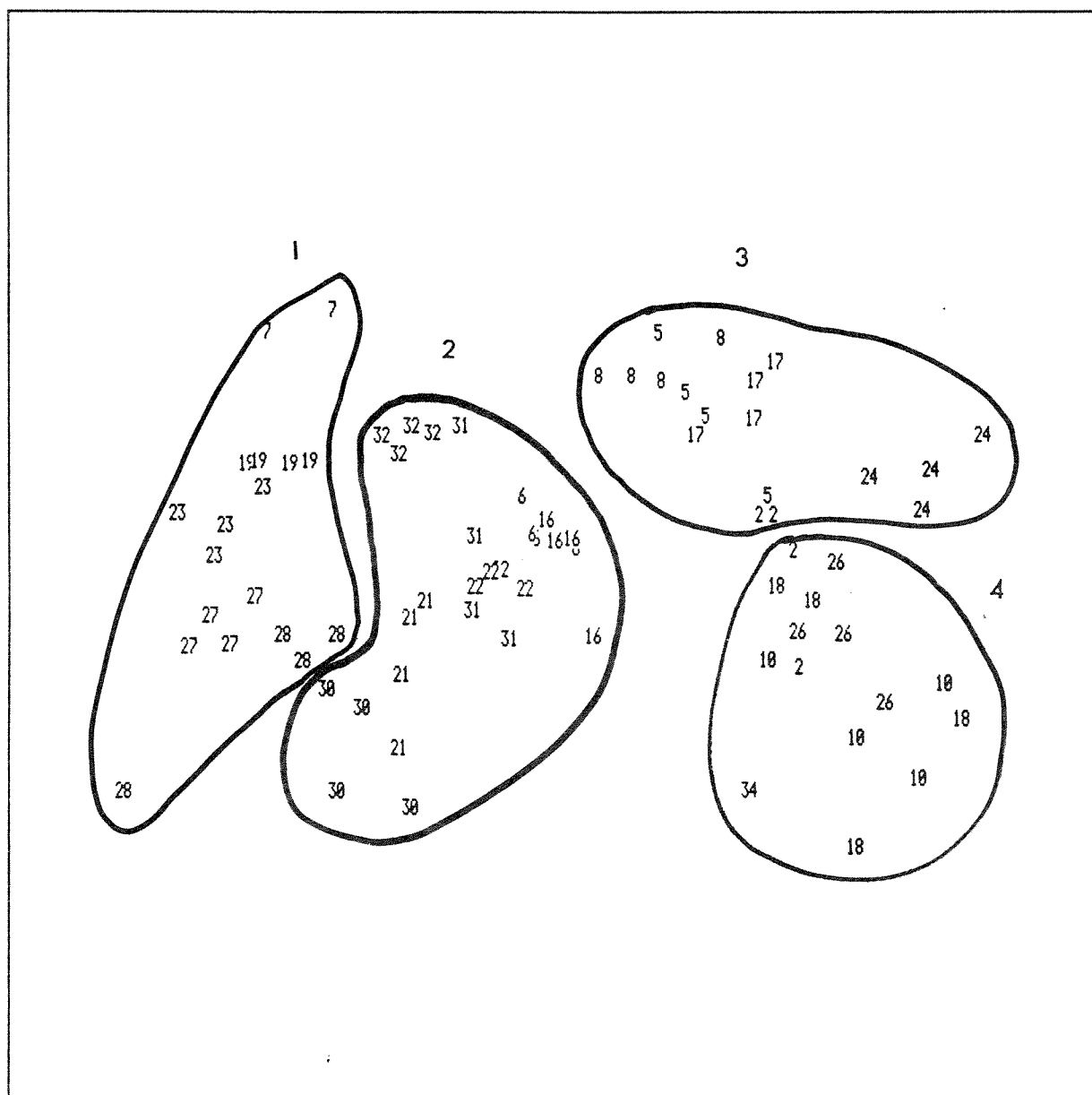


Fig. 3 Multivariat ordinasjonsanalyse (MDS) med integret grupperinger fra "cluster"-analysen.

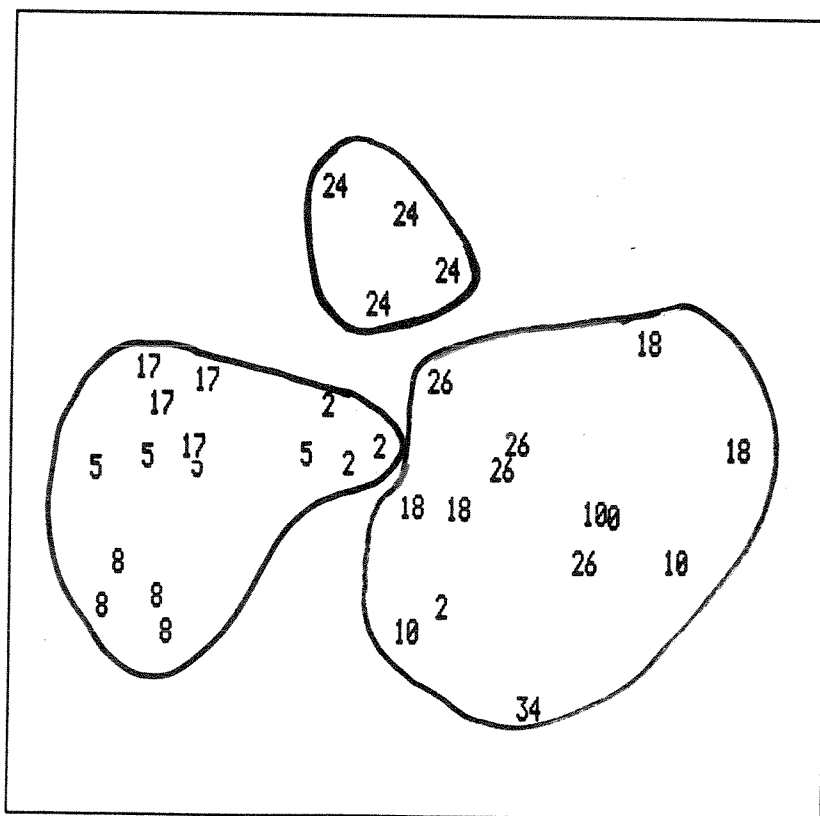
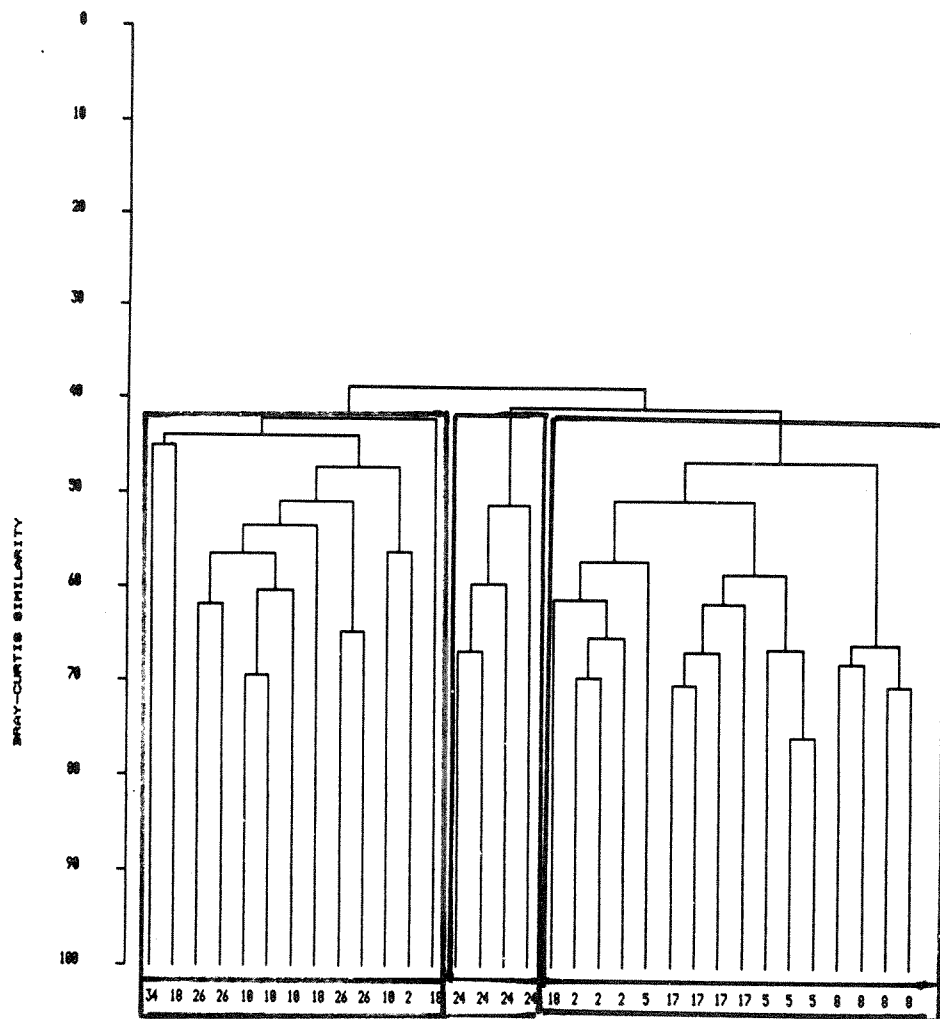
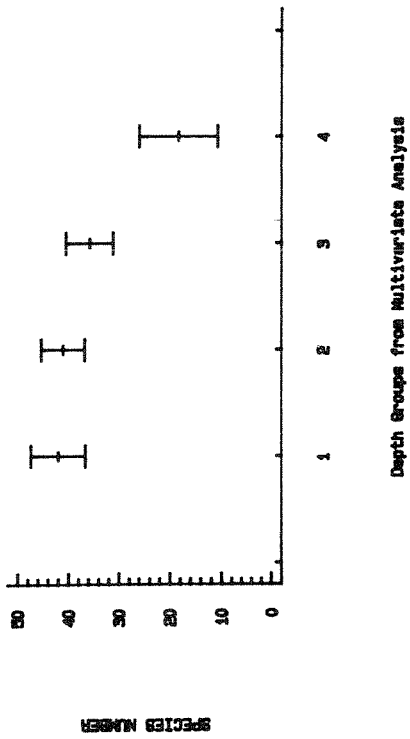
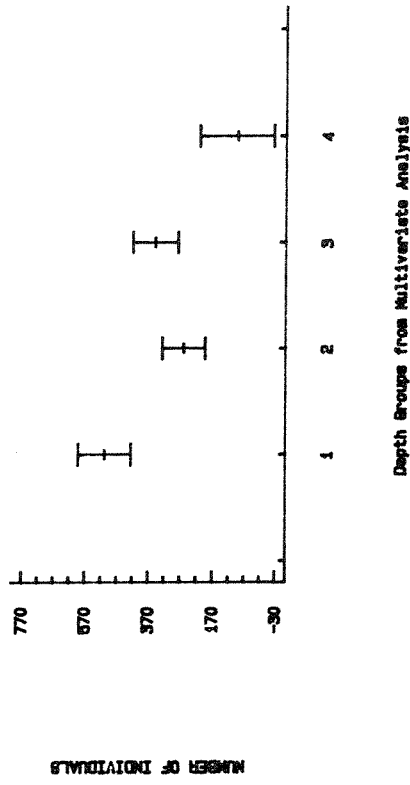


Fig. 4 Multivariatanalyser av stasjoner dypere enn 90m.
 a) "cluster"-analyse med gruppering på 40% likhetsnivå.
 b) ordinasjons analyse (MDS) med integret grupperinger fra "cluster"-analysen.

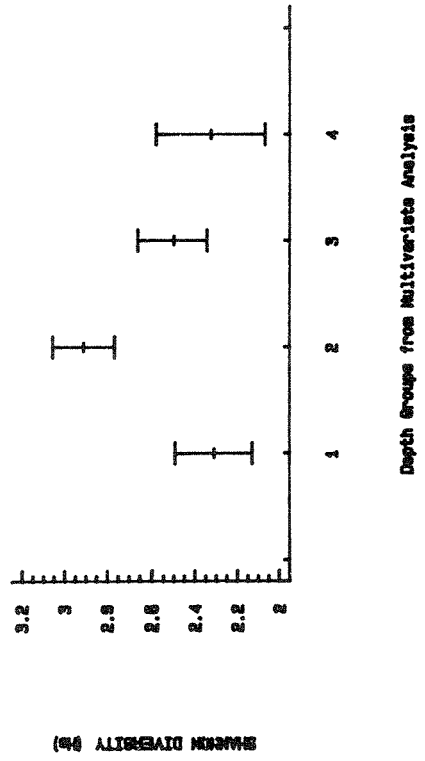
SPECIES NUMBER AGAINST DEPTH GROUPS



INDIVIDUAL NUMBER AGAINST DEPTH GROUPS

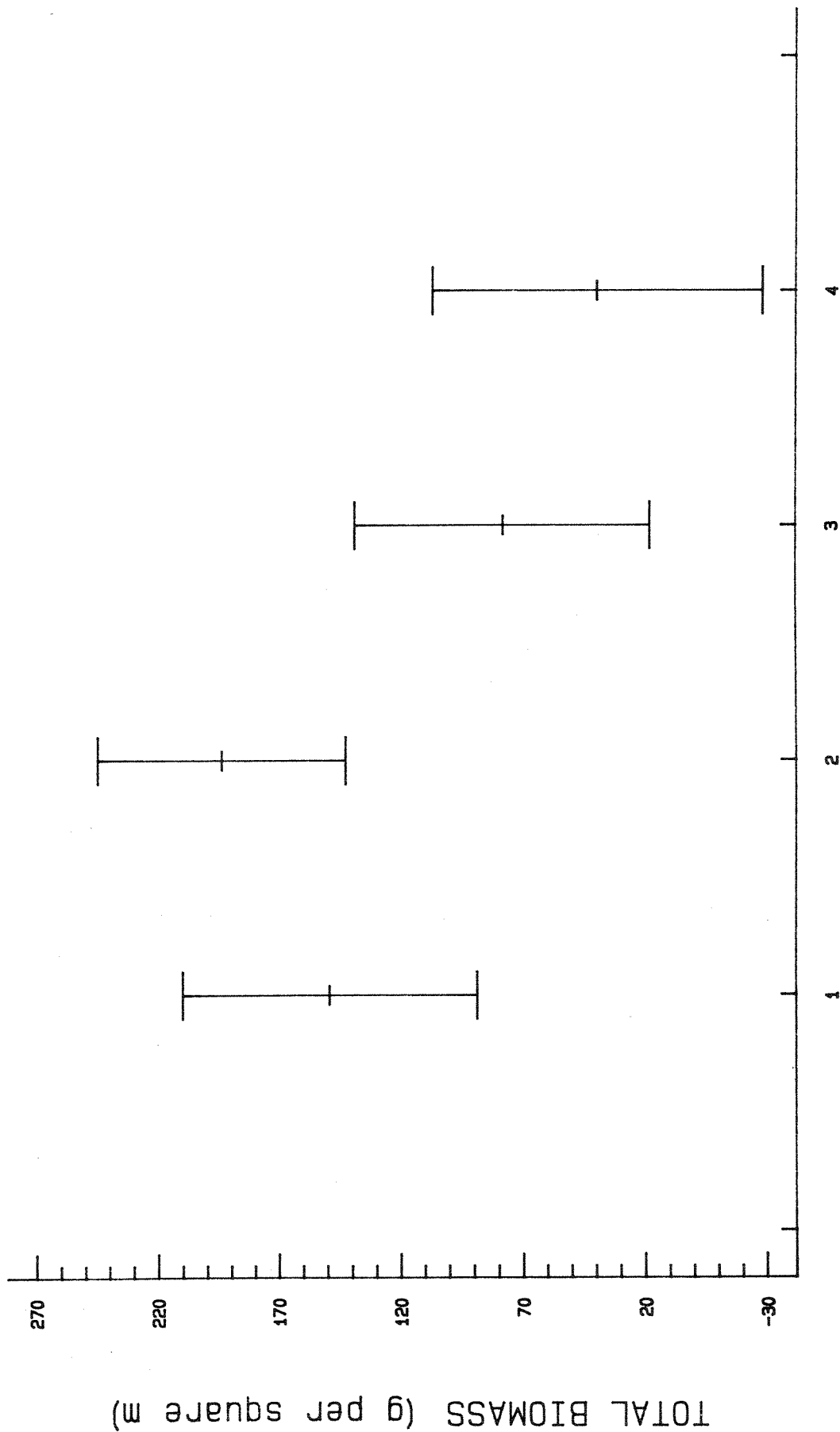


DIVERSITY AGAINST DEPTH GROUPS



Figur 5. Enkelte biologiske variabler mot grupperinger fra multivariat analyse. (Gruppe 1 er stasjoner fra 20-32m, gruppe 2 fra 48-78m, gruppe 3 fra 90-330m og gruppe 4 fra 196-355m). Gjennomsnitt og 95% confidensintervaller vises).

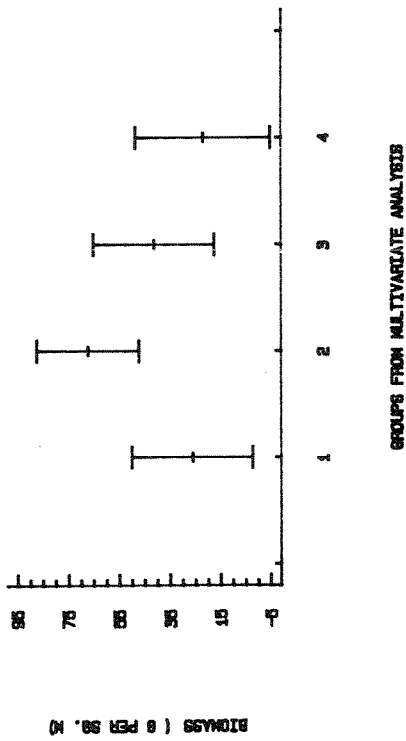
TOTAL BIOMASS AGAINST DEPTH GROUPS



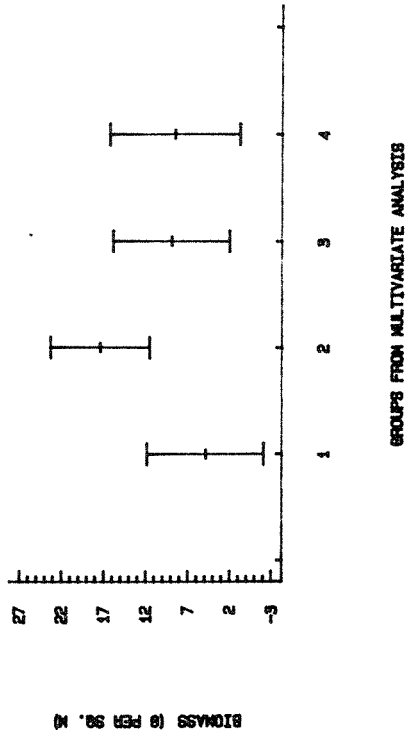
DEPTH GROUPS FROM MULTIVARIATE ANALYSIS

Figur 6. Total biomasse mot grupperinger fra multivariat analyser. (Se Fig. 5 for stasjons-grupperinger).

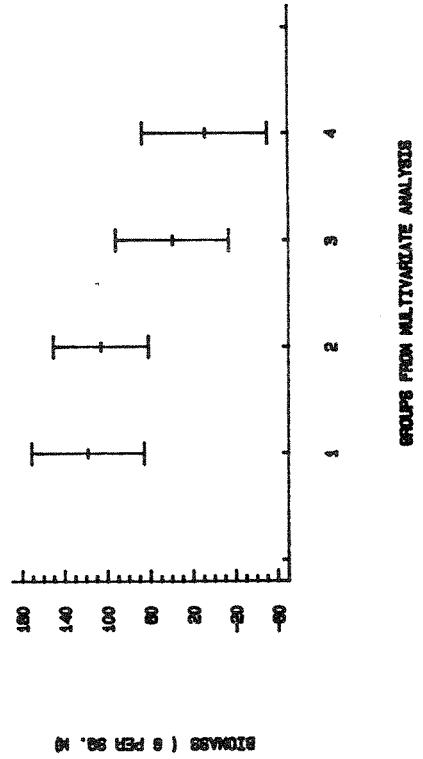
POLYCHAETES AGAINST DEPTH GROUPS



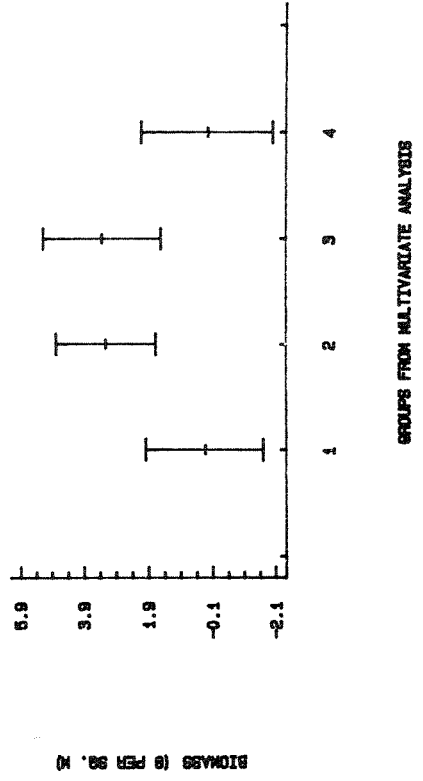
MOLLUSCS AGAINST DEPTH GROUPS



ECHINODERMS AGAINST DEPTH GROUPS



CRUSTACEA AGAINST DEPTH GROUPS



Figur 7. Biomasse fra forskjellige dyregruppe mot grupperinger fra multivariat-analyser. (Se Fig. 5 for stasjons-grupperinger).

Vedlegg

1. Tabell av antall individer av hver art pr replikat (grabbskudd) s 17
2. Biologisk variabler s 26

	27	27	27	27	28	28	28	28	30	30	30	30	31	31	31	31	32	32	32	32	7	7	34
Diastylis cornuta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0
Diastylis rathkei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leptostylis longimana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diastylodes serrata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanaidacea spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphyrapus anomalus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopoda																							
Isopoda sp. juv.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Astacilla longicornis	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arctulella dilatata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Minnopsis typica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eurycope phalangium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ilyarachna longicornis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macrostylis spinifera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurogonium spinosissimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ischnomesus hispinosus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desmosoma angustum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphipoda																							
Phtisica marina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pariambus typicus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gammaridea spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Lysianassidae sp.1.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lysianassidae sp.2.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Acidostoma nodiferum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Leptophoxus falcatulus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harpinia crenulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Harpinia antennaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampelisca anomala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0
Ampelisca spinipes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ampelisca aegucornis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leucothoe lilljeborgi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xenodice frauenfeldti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arrhis phyllonyx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lilljeborgia macronyx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Westwoodilla caecula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0
Eurysteus maculatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhachotropis macropus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neohela monstrosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eriopsia elongata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0
Pardaliscidae tenuipes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nicippe tumida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Lembos longipes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapoda																							
Natantia juv. spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Philocheras hispinosus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crangon crangon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Axiidae juv. spp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calocarides coronatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	1	2	0	0	0	0
Anomura juv. spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macropipus pusillus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECHINODERMATA																							
Asteriodes sp. juv.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Amphiura sp. juv.	60	59	28	36	4	2	1	13	0	0	4	0	4	0	0	1	1	1	2	0	10	1	0
Amphiura filiformis	68	58	69	104	59	95	59	76	5	8	3	4	0	1	0	0	2	0	1	0	17	7	0
Amphiura chiajei	2	1	5	5	17	24	10	19	36	35	36	40	0	4	0	4	3	4	3	5	0	0	0
Amphipholis squarmata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphilepis norvegica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ophiura sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0
Brissopsis lyrifera	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
Echinocardium cordatum	1	0	1	1	0	0	0	5	11	0	2	5	0	0	1	29	14	3	19	2	2	2	0
Holothuroidea																							
Holothuroidea sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	8	4	1	4	3	1	2	0	0
Thyone raphanus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lapidoplax buski	63	72	45	58	13	38	7	83	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	4	4	0	0
CHORDATA																							
Ascidiacea sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Appendix 2. Biological variables

Diversity is Shannon-Wiener diversity (H_s) to base e . Evenness is H_s/H_{max} .

Station	No. Species	No. Individuals	Richness	Diversity	Evenness
2	159	24	4.537	2.497	0.706
2	253	36	6.325	2.539	0.708
2	358	39	6.462	2.675	0.730
2	155	29	5.552	2.705	0.803
5	229	32	5.705	2.273	0.656
5	802	62	9.122	3.126	0.757
5	609	55	8.422	2.967	0.741
5	1001	52	7.382	2.811	0.712
6	363	40	6.616	2.816	0.763
6	198	36	6.618	2.917	0.814
6	229	30	5.337	2.809	0.826
6	229	36	6.441	2.833	0.791
8	669	55	8.300	2.382	0.594
8	754	36	5.283	1.629	0.455
8	458	38	6.039	1.973	0.541
8	593	48	7.361	2.307	0.554
10	62	23	5.331	2.662	0.849
10	57	14	3.215	2.235	0.847
10	33	14	3.718	2.305	0.873
10	55	13	2.995	1.910	0.745
16	356	44	7.319	2.679	0.708
16	408	40	6.488	2.468	0.669
16	331	41	6.894	2.778	0.748
16	365	27	4.407	1.683	0.511
17	360	53	8.834	3.278	0.826
17	377	34	5.563	1.745	0.495
17	215	41	7.448	2.932	0.790
17	664	49	7.387	2.037	0.524
18	95	25	5.270	2.767	0.860
18	114	20	4.012	2.039	0.681
18	36	17	4.465	2.527	0.892
18	48	13	3.100	1.843	0.719
19	592	53	8.146	2.812	0.708
19	601	50	7.658	2.754	0.704
19	585	50	7.690	2.951	0.754
19	529	49	7.654	2.901	0.745
21	322	50	8.486	3.074	0.786
21	225	39	7.016	3.267	0.892
21	188	30	5.538	2.896	0.852
21	241	42	7.475	3.316	0.887
22	158	43	8.296	3.327	0.885
22	249	39	6.887	3.000	0.819
22	232	40	7.160	2.716	0.736
22	210	43	7.855	3.329	0.885
23	676	60	9.054	2.595	0.634
23	600	47	7.191	2.260	0.587
23	528	43	6.700	2.030	0.540
23	554	40	6.174	2.120	0.575
24	82	21	4.539	2.600	0.854
24	74	26	5.808	2.683	0.823
24	58	27	6.403	3.013	0.914
24	188	28	5.156	2.651	0.796
26	175	27	5.034	2.599	0.788
26	197	22	3.975	2.367	0.766
26	110	17	3.404	2.330	0.822
26	60	13	2.931	2.103	0.820
27	580	39	5.972	2.075	0.566
27	504	39	6.107	2.291	0.625
27	482	32	5.018	2.040	0.589
27	629	33	4.966	1.964	0.562
28	327	34	5.700	1.997	0.566
28	553	36	5.542	1.974	0.551
28	190	17	3.049	1.761	0.622
28	387	30	4.867	2.202	0.647
30	123	27	5.403	2.588	0.785
30	114	26	5.278	2.553	0.783
30	136	25	4.885	2.605	0.809
30	192	28	5.136	2.518	0.756
31	294	63	10.909	3.455	0.834
31	152	37	7.166	3.178	0.880
31	218	38	6.872	2.616	0.719
31	195	45	8.344	3.260	0.856
32	315	56	9.561	3.230	0.802
32	367	59	9.822	3.181	0.780
32	459	60	9.626	3.029	0.740
32	360	66	11.043	3.437	0.820
7	499	53	8.370	2.252	0.567
7	306	51	8.736	2.618	0.666
34	82	22	4.765	2.416	0.781