

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

O-229/60

UNDERSØKELSE AV BLØTBUNNSFAUNA OG FASTSITTENDE ALGER

I HVALEROMRÅDET 18-20/9-1973

Saksbehandler : Cand.real. Jon Knutzen

Medarbeidere : Cand.real. Tor Bokn
Cand.real. Brage Rygg

Rapport avsluttet: 7. mai 1974.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	4
1. INNLEDNING	5
2. UNDERSØKELSESONRÅDET	8
3. MATERIALE OG METODER	12
4. RESULTATER	13
4.1 Sedimenter og bunnfauna	13
4.2 Øvrige faunaobservasjoner	17
4.3 Fastsittende alger	17
5. DISKUSJON	29
6. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	35
LITTERATURLISTE	37-38

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Sammensetning av avløpsvann fra Kronos Titan A/S, Fredrikstad.	7
2. Bløtbunnsfauna, antall individer pr. 0,08 m ² fra sjøområdet innenfor Hvalerøyene, 18-20/9-1973.	15 - 16
3. Benthiske planter og dyr fra fjærebeltet og ned til vegetasjonens dybdegrense i Hvalerområdet 18-20/9-1973.	18 - 20
4. Antall arter av blågrønnalger, rødalger, brunalger, grønnalger og høyere planter registrert på de ulike stasjonene i Hvalerområdet 18-20/9-1973, samt nedre grense for makroskopiske planter.	21
5. Vannets jerninnhold (µg/l) og siktedyp (m) målt i Hvalerområdet 18-20/9-1973.	29
6. Kvantitativ forekomst (antall pr. 0,1 m ²) av dominerende arter i Hvalerområdets bunndyrsamfunn sammenlignet med data fra Saltkällefjorden (Rosenberg 1973).	30

FIGURFORTEGNELSE

1. Prøvetakingsstasjoner	9
2. Månedlig middelvannføring og høyeste registrerte månedsmiddel i Glåma 1961-1969.	10
3. Salinitetsvariasjoner med dyp og vannføring i Glåma, målt på strekningen Kronos Titan-Kaldera.	11
4. St. 2, S. Kjøkkøy. Vertikalutbredelse av dominerende arter.	22
5. St. 3, Øyenkilen. Vertikalutbredelse av dominerende arter.	23
6. St. 4, Fugletangen. Vertikalutbredelse av dominerende arter.	24
7. St. 5, Møren. Vertikalutbredelse av dominerende arter.	25
8. St., Singløy. Vertikalutbredelse av dominerende arter.	26
9. St. 7, V. Damholmen. Vertikalutbredelse av dominerende arter.	27
10. St. 8. Vertikalutbredelse av dominerende arter.	28

FORORD

Denne undersøkelse er etter avtale utført for KRONOS TITAN A/S, Fredrikstad. Rapporten er et ledd i en serie redegjørelser om virkningen av bedriftens avløpsvann på vannkvalitet, sedimenter og organismesamfunn i Glåma-estuaret og Hvalerområdet.

Ved instituttet har cand.real. Brage Rygg vært ansvarlig for studiene av bløtbunnsfaunaen, og algematerialet er bearbeidet av cand.real. Tor Bokn.

Avløpsvannet er analysert ved Sentralinstituttet for industriell forskning, mens båt med mannskap er stilt til rådighet fra bedriften, som takkes for samarbeidet. Opplysningene om vannføring er fra Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen, Hydrologisk avdeling.

Blindern, 7/5-1974.

Jon Knutzen

1. INNLEDNING

Bakgrunnen for den foretatte kontrollundersøkelse av bunnfauna og algevegetasjon i Hvalerområdet er en planlagt utvidelse av produksjonen ved Kronos Titan A/S til 25000 årstonn. Etter opplegget ville utvidelsen medføre en 13 % økning i syreutslippet (nå ca. 115 t/døgn), men ingen økning i utslippet av toverdigg jernsulfat (130 t/døgn). Formålet har vært å gi en beskrivelse av tilstanden foruten å påvise eventuelle skadevirkninger.

Ved tidligere studier er det observert høyere jerninnhold i Hvalerområdets vannmasser (opp til ca. 0,5 - 1,0 mg jern pr. l.) enn den antatte bakgrunnsverdi for brakkvannet i dette området (ca. 0,2 mg Fe/l), foruten noe høyere jerninnhold i de øvre 10 mm av sedimentene og tendenser til anrikning av jern i dette sjiktet i de siste år (NIVA, mai 1969, NIVA, nov. 1973). De konklusjoner som kan trekkes av dette er imidlertid noe usikre på grunn av manglende referanseverdier. Ved tidligere registrering av bunnfaunaen er det ikke funnet forhold som kunne knyttes til forurensningspåvirkninger når unntas brunlige og jernholdige avleiringer på rør av børsteormer (NIVA, des. 1970). Tidligere observasjon av bemerkelsesverdig fattig algevegetasjon i fjærebeltet og avsetning av jernholdig substans på fjell og planter (NIVA, des. 1970), har foranlediget de her refererte undersøkelser av algevegetasjonen.

Utenlandske erfaringer med dumping av tilsvarende avfall er oppsummert i et litteraturstudium utført for Kronos Titan A/S (NIVA, juli 1971). (Etter avslutningen av denne rapport er det publisert ytterligere to arbeider vedrørende dumpeområdet i New York Bight (Grice & al. 1973, Wiebe & al. 1973)). Resultatene av de foretatte studier kan kort oppsummeres ved at avfallets giftvirkning er konstatert overfor flere typer organismer i laboratoriet, til dels ved lave konsentrasjoner, mens det er funnet få eller ingen vitnesbyrd om skader på naturlige samfunn.

Med forbehold om variasjoner i avfallets sammensetning fra fabrikk til fabrikk, kan innholdet av jern benyttes som fortynningsindikator ved sammenligning av eksperimentelle resultater fra ulike laboratorier og

ved skjønnsmessig bedømmelse av resipientforholdene. Ca. 1,2 mg Fe/l er den laveste jernkonsentrasjon hvorved skade er påvist eksperimentelt (reduisert vekst hos en art av planktonalger). På dyreplankton og fisk har avfallet vist seg skadelig ned til henholdsvis 3-6 mg Fe/l (forsinket modning) og 2 mg Fe/l (atferdsforstyrrelser). Instituttets egne forsøk med avfallsvann fra Kronos Titan A/S har gitt redusert vekst hos diatoméen Phaeodactylum tricornutum ved 7-8 mg Fe/l (NIVA, nov. 1973). Parasporer av rødalgen Ceramium strictum vokste imidlertid normalt frem til ny parasporedannelse ved samme konsentrasjon.

Sammenlignet med dette har teoretiske beregninger og sporstoffundersøkelser (NIVA, mars 1965, aug. 1967) vist at man skulle forvente fortyninger på 1 : 1/2000, dvs. konsentrasjoner på ca. 1,4 - 2,8 mg Fe/l, 2-3 km nedenfor utslippet. Ved et utslipp på 17000 m³/døgn tilsvarer området med gjennomsnittlig avfallsfortynning på 1:1000 (høyere jernkonsentrasjon enn 1,4 mg Fe/l), ca. 1/3 av Glåmas vannmasser ved middelvannføring (nær 700 m³/sek.). Den stikkprøvekontroll som foretas av vannets jerninnhold har sjelden vist så høye verdier, og det er derfor mulig at innblandingen er mer effektiv enn antatt. Utenfor det egentlige estuarområdet er det i hovedsaken funnet et jerninnhold som i forhold til det antatte bakgrunnsnivå representerer et tilskudd på ca. 0,3 - 0,8 mg Fe/l. Med unntak av de nærmest par km fra utslippspunktet, var det etter dette ikke sannsynlig at vannet i seg selv skulle ha giftvirkning.

Spillvannets sammensetning fremgår av tabell 1. Utenom jern er det krom, vanadium, kobolt og mangan som etter den hurtige initialfortynning (1:500 - 1:1000) vil opptre i konsentrasjoner over bakgrunnsnivået i sjøvann.

Tabell 1. Sammensetning av avløpsvann fra Kronos Titan A/S, Fredrikstad. (Menge: 17000 m³/døgn). Analysert ved Sentralinstituttet for industriell forskning, Oslo.

Komponent	Konsentrasjon (enhet)
H ₂ SO ₄	6100
FeSO ₄	7700 (ca. 3000 som Fe)
MgSO ₄	1000
TiO ₂	300
Cr	3,8
V	11,6
Mn	18,5
Zn	1,15
Co	0,97
Ni	0,65
Cu	< 0,1
Pb	< 0,1
Cd	< 0,05

I tillegg til avløpsvannet fra titandioksydproduksjonen er det en mangeartet forurensningsbelastning i området. Den øvrige tilførselen av bionegative stoffer er imidlertid ikke kjent. Ved siden av forurensningsbelastningen er innflytelsen fra Glåma den dominerende miljøfaktor for de tilstedeværende marine samfunn. Partikkelinnhold og gjennomskinnelighet er det få data for, mens det er redegjort for salinitetsforholdene i det følgende kapittel.

2. UNDERSØKELSESONRÅDET

Stasjonenes plassering fremgår av fig. 1. St. 3 er valgt som en referanselokalitet med antatt mindre påvirkning fra utslippet i Glåmas hovedløp.

Bunnfaunaen er undersøkt på lokaliteter med dyp varierende fra 11 til 22 m. Sedimentets beskaffenhet var noe varierende (kfr. kap. 4), men hovedbestanddelen var forholdsvis fast leire. På grunn av det sterkt avvikende substratet på st. 4, (hard sand), ble det ikke samlet inn bunndyrprøver herfra.

Vannets saltholdighet vil på alle stasjoner være underkastet sterke svingninger i overflaten. Nærmest munningen vil vannføringen være av størst betydning for variasjonen, mens det lenger ut er samspillet mellom ferskvannstilførsel og vind som er avgjørende.

Fig. 3 viser saltholdighetens vertikalvariasjon og sprangsjiktets beliggenhet i munningsområdet under forskjellig vannføring. Man ser at saltvannet fortrenses fullstendig ved vannføring et sted mellom ca. $1400 \text{ m}^3/\text{sek.}$ og ca. $1700 \text{ m}^3/\text{sek.}$, sannsynligvis nærmere det førstnevnte tallet. Dette kan jevnføres med data for vannføringens variasjon gjennom året, fremstilt i fig. 2. ^{x)} Man kan merke seg at det i en måned eller mer kan være så høy vannføring at det vil bevirke ferskvann i hele vannsøylen. I den gjengitte perioden (1961-1969) har midlere månedsvannføring over $1500 \text{ m}^3/\text{sek.}$ likevel ikke opptrått mer enn tre ganger.

x) Opplysningene om vannføring er gitt av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen, Hydrologisk avdeling.

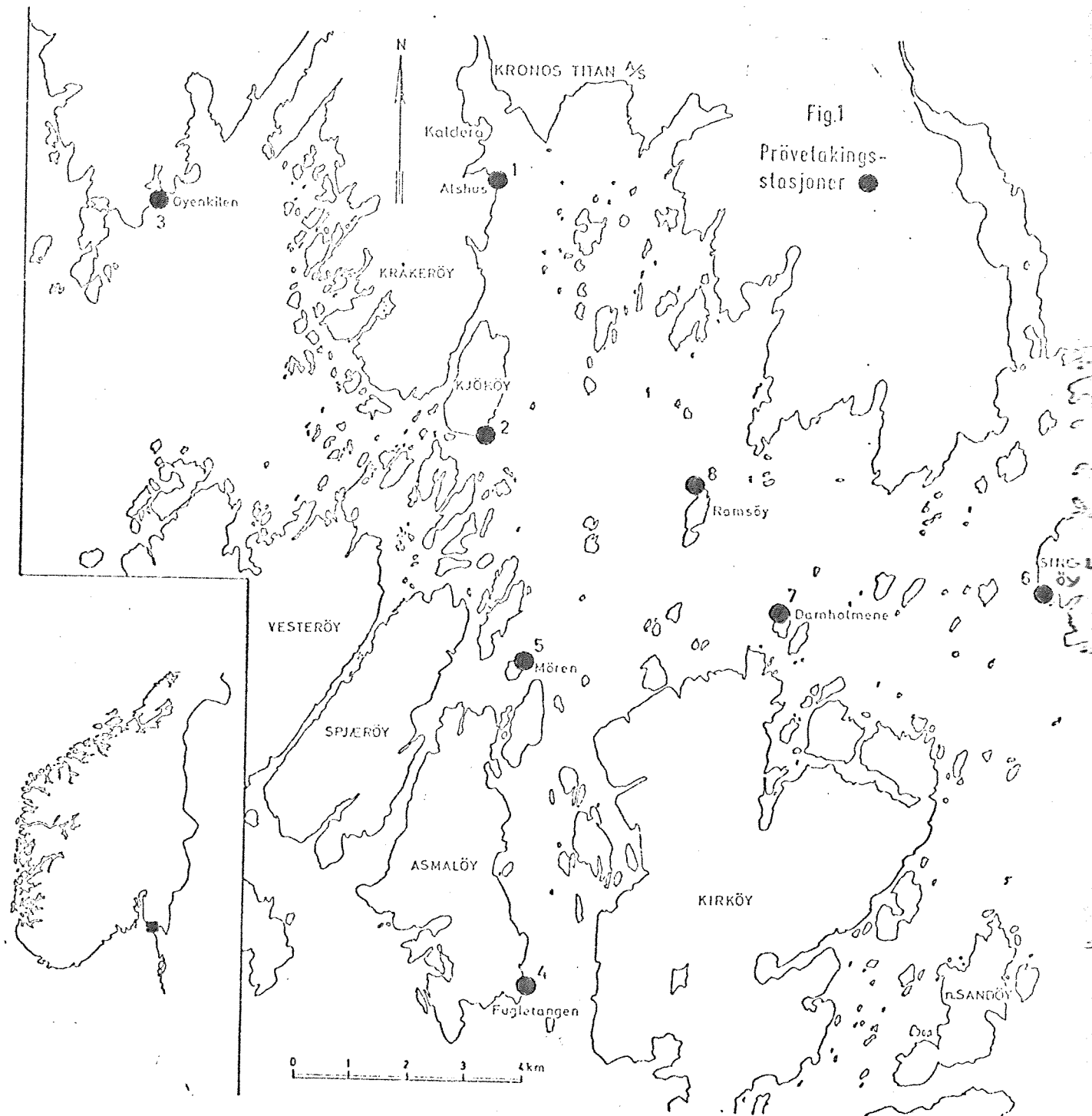


Fig.1
Prøvetakings-
stasjoner ●

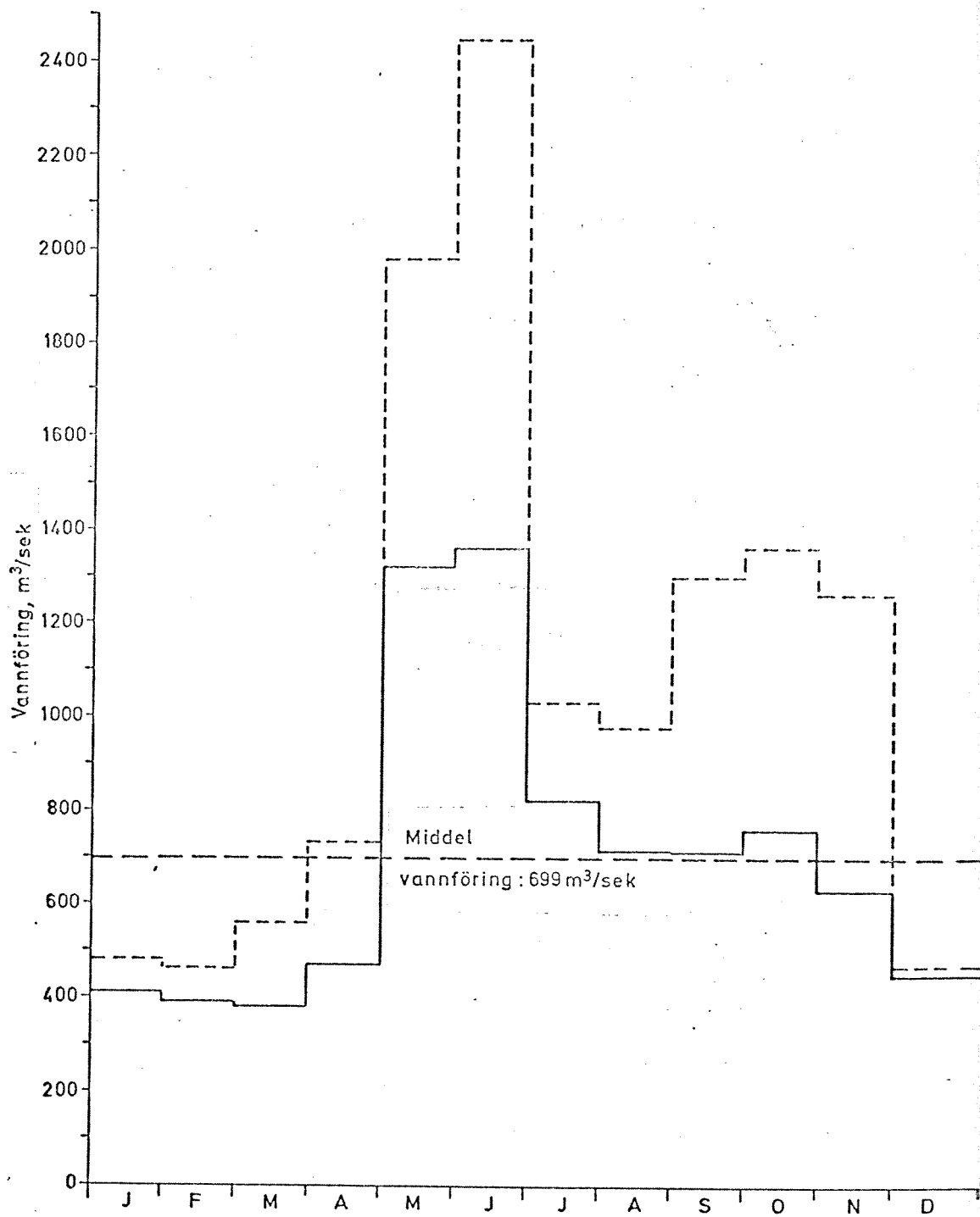


Fig. 2. Månedlig middelvannføring (—) og høyeste registrerte månedsmiddel (---) i Glåma 1961-1969.

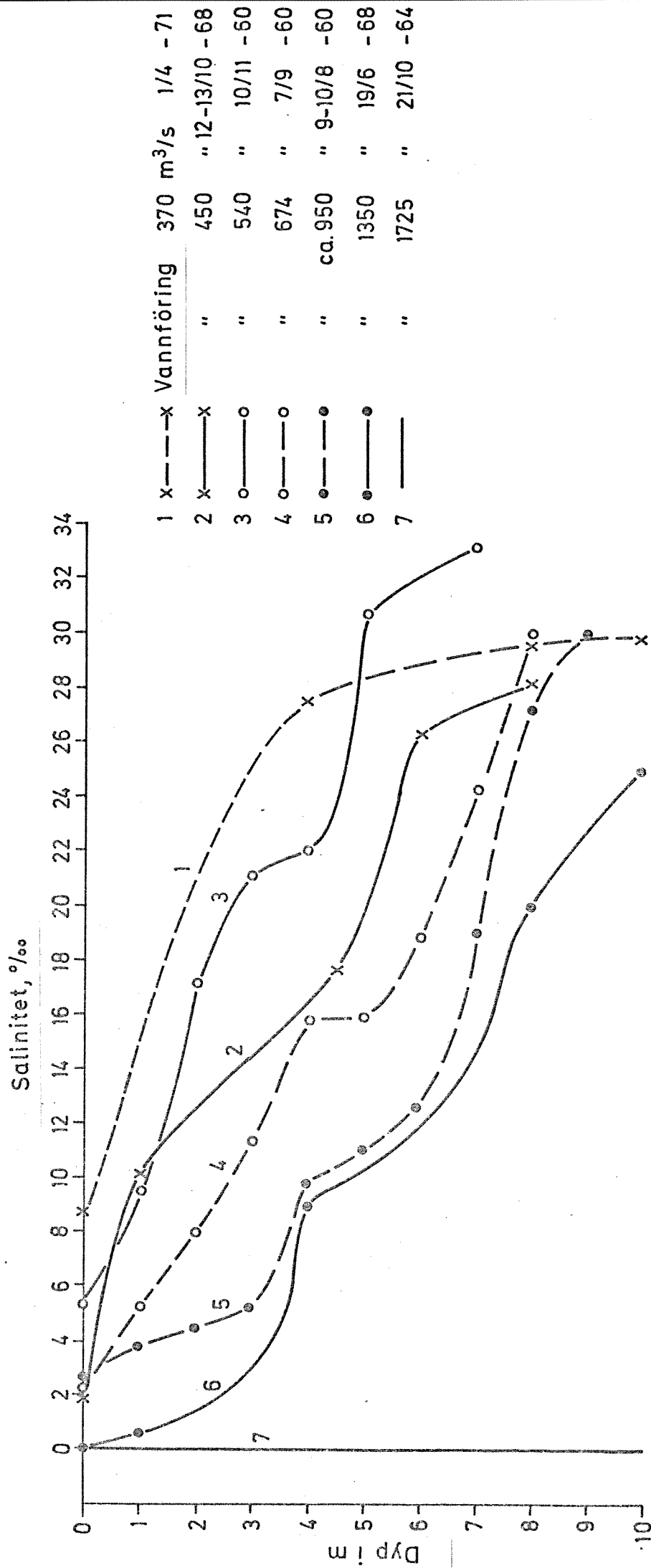


Fig. 3. Salinitetsvariasjoner med dyp og vannføring i Glåma, målt på strekningen Kronos Titan - Kaldersa.

Zoologisk Museum i Oslo har målt overflatesaltholdigheter i nærheten av st. 1 (Dahl & al. 1973). For perioden nov. 1972 - okt. 1973 har man hatt en gjennomsnittlig saltholdighet på 5,9 o/oo med et variasjonsområde 0,7 - 12,4 o/oo. Ved ekstremverdiene var vannføringen henholdsvis 1717 m³/sek. og 366 m³/sek. På 1 m dyp var gjennomsnittsverdien 8,4 o/oo og variasjonen 0,7 - 23,6 o/oo. De få observasjonene som er tilgjengelig fra den ytre del av området, (fra juli/aug. 1966 (upubl.), jan. 1969 (NIVA, mai 1969) og aug. 1969 (NIVA, des. 1970)) antyder at 8-15 o/oo sannsynligvis kan anses representativt for de ytre stasjoners overflatelag (0-1 m), mens variasjonen i 2 m dyp kan anslås til 12-20 o/oo og i 5-6 m til 22-25 o/oo. Under 10 m vil det være sjelden med verdier lavere enn 30 o/oo.

Forurensningspåvirkningene i området er betydelige og mangeartede (jfr. NIVA, aug. 1970). Siden det ikke foreligger beregninger over tilførsel av ulike stoffer som kan ha giftvirkning, skal det her bare understrekes at denne mangel er en usikkerhetsfaktor såvel ved bedømmelsen av resipientforholdene i sin alminnelighet som ved vurderingen av de enkelte utslipps betydning.

Ferskvannstilførselen har markert innvirkning på vannets partikkelinnhold i Hvalerområdet, og dermed også på planters og dyrs vekstbetingelser. Blant de forhold som påvirkes kan nevnes vannets gjennomtrengelighet for lys, avsetning av partikulært materiale på plantene, forandring av voksestedets beskaffenhet, muligens også skuring ved leirpartikler. Det foreligger imidlertid ikke tallmateriale eller studier fra området som kan belyse effekten av det suspenderte stoffet nærmere.

3. MATERIALE OG METODER

Bunnfaunaen ble innsamlet med en Ekmangrabb, og det er tatt 5 prøver fra hvert sted, slik at det samlede prøveareal var 0,08 m². (På grunn av grabbens små dimensjoner og beskjedne vekt vil større gravende arter være underrepresentert). Prøvene ble skyllet i sil med 0,5 mm poreåpning. Når unntas polychaetene (mangebørsteormene), er den alt overveiende del av materialet bestemt til art og tellet. Polychaetene er identifisert til grupper - for det meste slekter - som lot seg gjenkjenne fra prøve til

prøve. For å bedre grunnlaget for sammenligning av lokalitetene er også individantallet bestemt for de viktigste av disse gruppene. Materialet er oppbevart i 4 % formalin.

Algefloraen er undersøkt ved dykking med vannlunge ned til vegetasjonens nedre grense (med forbehold for enkrusterte rødalger). Observasjonene er tatt direkte inn på bånd, eller det er gjort undervannsnotater. I tillegg er det samlet prøver fra de ulike dyp (0-1 m, 1-2 m, osv. etter behov). Materialet ble fiksert i 2 % formalin, og undervannsbestemmelsene er kontrollert og supplert ved bearbeidelse i laboratoriet. Samtidig med algeundersøkelsene ble det gjort mer usystematiske observasjoner av større dyr fra littoralsonen og nedover. Ved utvelgelse av stasjoner ble det lagt vekt på å finne voksesteder med mest mulig like vilkår hva angikk substrat, sol- og bølgeeksponering og fjellets helningsgrad. Av tidsmessige grunner måtte imidlertid utvelgelsen skje på grunnlag av kartopplysninger og overflateobservasjoner. Dette gjorde at forholdene under ca. 3-4 m kunne være noe forskjelligartet med hensyn til helningsgrad og bunnens beskaffenhet, noe som igjen har betydning for vegetasjonens nedre grense.

Andre observasjonsdata inkluderer forekomsten av utfelt jernhydroksyd i fjærebeltet og bunnvleiringene, siktedypet målt ved Secchiskive og vannets jerninnhold på det aktuelle tidspunkt. Håvtrekkprøver av planteplankton ble hindret da håvene gikk i stykker etter tetting av porene, sannsynligvis forårsaket av de betydelige mengder suspendert stoff i vannet.

4. RESULTATER

4.1 Sedimenter og bunnfauna

Tabell 2 gir resultatene av bunndyranalysene. Sedimentene var i hovedsaken dominert av temmelig fast leire, men viste ellers noe variasjon. På st. 1 var leiren blandet med store mengder detritus (partikler av organisk natur) og hadde til dels karakter av mudder. Den brune utfellingen var utpreget, og det var et høyt innhold av treflis og sagmugg. Også på st. 2 var leiren iblandet betydelige mengder organisk materiale, mens det brune belegget fantes i mindre mengder. St. 3 hadde leire med noe organisk

stoff, samt en del sand og grus. Den harde sandbunnen på st. 4 ga ikke grunnlag for prøveinnsamling. Lokalitetene 5 og 8 var preget av rene leiravsetninger, mens det på st. 6 var noe detritus på overflaten og mye treflis på st. 7.

Det fremgår av tabell 2 at børsteormer og muslinger var de dominerende grupper, og videre at faunaens sammensetning fra sted til sted var relativt lik hva angår de mest utbredte arter, når unntas st. 1 (og delvis st. 6). Kvantitativt skilte st. 2 seg ut med klart større biomasse enn de andre. Man kan ellers bemerke at polychaetsamfunnet på st. 1 var tydelig avvikende fra de andre lokalitetene, med dominans av mindre former. Særlig på de innerste stasjonene (1/2) ble det observert brune avsetninger på rørdannende børsteormer, men dette ble til dels registrert lenger ut i bassenget også.

Tabell 2. Bløtbunnsfauna, antall individer pr. 0,08 m² fra sjøområdet innenfor Hvalerøyene, 18-20/9-1973.

Organismer	Stasjonsnr. dyp i m						
	1	2	3	5	6	7	8
	11	20	12	11	22	15	14
SIPUNCULIDAE							
Onchnesoma steenstrupi							1
O. squamatum						1	
Phascolion strombi		2					
Phascolosoma sp.		1				4	1
PRIAPULIDAE							
Halicryptus spinulosus		7		1		2	1
NEMERTINI, indet.	+	+	2	3		s	+
POLYCHAETA (Mangebørsteormer)							
Brada sp., Chloraemidae		n	2	2	1	n	s
Glycera sp., Glyceridae	n	+	2	5	2	7	5
Harmothoe sp., Polynoidae		n	1	4	2	18	7
Nereis sp., Nereidae	n						
Pectinaria sp., Amphictenidae	s	n		1		10	1
gen. a, Ampharetidae	n	+	s	n	5	n	n
gen. b, Glyceridae	+	n	5	7	2	8	22
gen. c, Phyllodocidae				1			
gen. d, "	n		3	1			
gen. e, (fl.), Maldanidae		n	n	n		n	n
gen. f		s	4	2	4	8	5
gen. g		n	n	n	n	n	n
gen. i		n				n	s
gen. j		s				5	1
gen. k		n					2
gen. l	+			1			
gen. m	n			1		1	
gen. n	+		1				
gen. o					2		
gen. p	n						
gen. q	n						
gen. r	n						
BIVALVIA (Muslinger)							
Abra alba		14	1			21	
A. longicallis		6					
A. nitida		57	18	24	6	44	157
Arctica islandica							1
Corbula gibba		398	1	5		6	8
Cultellus pellucidus				2			
Cuspidaria rostrata						1	1
Macoma calcarea		6					

forts.

Tabell 2. Forts.

Organismer	Stasjonsnr. dyp i m							
	1	2	3	5	6	7	8	
	11	20	12	11	22	15	14	
BIVALVIA (forts.)								
<i>Mya arenaria</i>	2							
<i>Mysella bidentata</i>		353	28		7	26	22	
<i>Nucula</i> sp.		7	26			3	5	
<i>Sphenia</i> cf. <i>binghami</i>		2						
<i>Spisula elliptica</i>	13			2				
<i>Thracia convexa</i>				1			1	
<i>Thyasira flexuosa</i>	1	140	14	13		7	10	
GASTROPODA (Snegler)								
<i>Cylichna cylindracea</i>		3	1			1		
<i>Philine</i> sp.			1	8	1			
CRUSTACEA (Krepsdyr)								
<i>Ampelisca</i> sp.			2				1	
<i>Gammarus locusta</i>					2			
Amphipoda indet.						2		
Cumacea indet.			1	1		1		
<i>Crangon crangon</i>					1	1		
<i>Carcinus maenas</i>	2							
<i>Macropodia rostrata</i>					1			
ECHINODERMATA (Pigghuder)								
<i>Amphiura chiajei</i>					3	1		
<i>A. filiformis</i>		210			68	150	88	
<i>Echinocardium cordatum</i>			1					
<i>Ophiura albida</i>			1	2		1	1	
<i>O. texturata</i>						1	1	
<i>Thyone fusus</i>						2		
<i>Holothuria</i> indet.			2	3	18	3	7	

n = tallrik

+ = forekommer

s = fåtallig

4.2 Øvrige faunaobservasjoner

Undervannsregistreringene av dyr fra fjærebeltet og ned til nedre grense for algevegetasjonen fremgår av tabell 3. (Mindre former er identifisert i laboratoriet). Denne del av faunaen ble ikke gjort til gjenstand for systematisk observasjon og prøveinnsamling, og de registrerte arter kan bare i liten grad tjene til å belyse resipientforholdene. Det kan imidlertid bemerkes at hydroiden Cordylophora caspia ble funnet i store mengder på st. 1, der den var enslig representant for de makroskopiske dyr. Dette polyppdyret er utbredt i ferskvann, men trives også godt i svakt saltholdig vann. Arten ble bare funnet på st. 1. En representant for protozoslekten Vorticella var utbredt som epifytt på alle lokaliteter unntatt den ytterste. Brakkvannsruren Balanus improvisus var vanlig over hele undersøkelsesområdet (men ble ikke observert på st. 1). Blant andre arter som ofte ble registrert kan særlig nevnes svampen Halichondria panicea, strandsneglen Littorina saxatilis, vanlig korstroll (sjøstjerne) Asterias rubens, slangestjernene Ophiura albida og Ophiura texturata og sjøpungen Ciona intestinalis. Det kan ses fra tabell 3 at st. 1 skilte seg ut fra de øvrige undersøkte steder ved å ha en ekstremt fattig makrofauna.

4.3 Fastsittende alger

Funnene av benthiske alger og høyere planter er listet opp i tabell 3. Antallet representanter innenfor hovedgruppene blågrønnalger, rødalger, grønnalger og brunalger, fremgår av tabell 4, mens fig. 4-10 viser vertikalutbredelsen av dominerende arter på st. 2-8.

Tabell 3. Benthiske planter og dyr fra fjærebeltet og ned til vegetasjonens dybdegrense i Hvalerområdet, 18-20/9-1973.

Stasjonsnr. Organismer	1	2	3	4	5	6	7	8
BACTERIA								
Chlamydobacteriaceae indet. (Cf. Sphaerotilus natans)		+						
CYANOPHYCEAE (Blågrønnalger)								
Calothrix scopulorum			+	+				
Chroococcoccus minutus		+						
Lyngbya lutea	+			+				
Lyngbya sp.	+		+					
Oscillatoria sp.					+			
Rivularia atra		+		+				+
Spirulina subsalsa		+			+	+	+	+
RHODOPHYCEAE (Rødalger)								
Acrochaetium secundatum				+				
Antithamnion plumula			+			+		
Audouinella membranacea				+				
Bonnemaisonia hamifera				+				
Brongniartella byssoides				+				
Callithamnion corymbosum			+					+
Ceramium rubrum			+	+		+	+	
Ceramium strictum			+	+	+		+	+
Chondrus crispus			+	+		+		+
Cruoria pellita			+	+				
Cystoclonium purpureum				+				
Delesseria sanguinea			+	+				
Dilsea carnosa				+				
Dumontia incrassata			+					
Furcellaria fastigiata			+	+		+	+	+
Hildenbrandia prototypus			+	+		+	+	+
Lithothamnion lenormandii				+				
Lithothamnion sp.			+			+		
Membranoptera alata				+				
Phycodrys rubens			+	+		+		+
Phyllophora brodiaei			+				+	+
Phyllophora membranifolia			+	+	+	+	+	+
Polyides rotundus					+	+	+	+
Polysiphonia nigrescens			+	+	+	+		+
Polysiphonia urceolata			+	+		+	+	
Ptilota plumosa				+				
Rhodomela confervoides			+	+			+	

forts.

Tabell 3. Forts.

Stasjonsnr.								
Organismer	1	2	3	4	5	6	7	8
BACILLARIOPHYCEAE (Diatoméer)								
Achnanthes sp.		+						
Cocconeis sp.		+			+		+	
Diatoma elongatum	+	+			+			
Fragilaria crotenensis		+			+			
Grammatophora sp.			+					
Melosira sp.							+	+
Nitzschia closterium		+						
Nitzschia sp.		+						
Uidentifiserte pennate diatoméer	+	+	+	+	+	+	+	+
PHAEOPHYCEAE (Brunalger)								
Ascophyllum nodosum						+		
Ectocarpus siliculosus			+	+		+	+	
Elachista fucicola			+	+	+	+	+	+
Fucus serratus			+	+	+	+	+	+
Fucus vesiculosus		+	+	+	+	+	+	+
Halidrys siliquosa				+				
Laminaria digitata			+	+				
Laminaria saccharina			+	+		+		
Sphacelaria bipinnata				+				
Sphacelaria plumosa					+		+	+
Spongonema tomentosum				+				
CHLOROPHYCEAE (Grønnalger)								
Chaetomorpha melagonium				+				
Cladophora rupestris			+		+		+	+
Cladophora sp.		+	+	+	+	+	+	+
Enteromorpha intestinalis			+					
Enteromorpha sp.			+	+		+		
Ulva lactuca			+					
LICHENES (Lav)								
Verrucaria maura			+	+		+	+	+
ANGIOSPERMAE (Frøplanter)								
Ruppia maritima					+			+
Zostera marina					+	+	+	+
FAUNA								
Alcyonium digitatum				+				
Asterias rubens		+		+	+	+	+	+
Balanus improvisus		+	+	+	+	+	+	+
Buccinum undatum		+						
Carcinus maenas			+				+	+
Ciona intestinalis		+		+		+	+	
Cordylophora caspia	+							

forts.

Tabell 3. Forts.

Stasjonsnr.								
Organismer	1	2	3	4	5	6	7	8
FAUNA (forts.)								
Dynamena pumila				+				
Eupagurus bernhardus		+			+		+	
Gammarus oceanicus					+			
Gammarus sp.			+			+	+	+
Halichondria panicea			+	+	+		+	
Hydroides norvegica		+						
Idotea sp.							+	
Laomedea loveni					+			
Littorina saxatilis			+	+		+		
Metridium senile				+				
Mytilus edulis			+	+		+		
Ophiura albida		+	+	+				
O. texturata		+			+		+	
Pomatoceros sp.				+				
Spirobis sp.				+			+	
Strongylocentrotus droebachiensis				+				
Tealia felina		+						
Uidentifiserte mosdyr						+	+	
" polychaeter		+				+		+
" sabellarider							+	
" tanaider		+						
Vorticella sp.	+	+	+		+	+	+	+

Tabell 4. Antall arter av blågrønnalger, rødalger, brunalger, grønnalger og høyere planter registrert på de ulike stasjonene i Hvalerområdet 18.-20/9-1973, samt nedre grense for makroskopiske planter.

Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	8
Gruppe								
Blågrønnalger	2	4	2	3	2	1	1	2
Rødalger (R)	0	0	17	21	4	11	9	10
Brunalger (B)	0	1	6	9	4	6	5	4
Grønnalger (G)	0	1	5	3	2	2	2	2
Frøplanter	0	0	0	0	2	1	1	2
Sum R + B + G	0	2	28	33	10	19	16	16
Totalt	2	6	30	36	14	21	18	20
Vegetasjonens nedre grense (m)	1,5	1,5	7	8,5	4	7,5	7	5,5

Utenom de arter som er nevnt i profilene (fig. 4-10), kan følgende med hyppig forekomst nevnes: Ceramium rubrum, C. strictum, Hildenbrandia prototypus, Phyllophora brodiae, P. membranifolia, Polysiphonia nigrescens, P. urceolata, Elachista fucicola og Cladophora rupestris. Blågrønnalgen Spirulina subsalsa kunne være særlig iønefallende og vokste på forskjellige typer av substrat: detritus (st. 2 og 5), blåskjell (st. 6), rur, sand eller også på andre alger (st. 7).

Eksemplarene av Fucus vesiculosus (blåretang) på st. 2 var i dårlig forfatning, idet deler av plantene var misfarget og/eller døde. Også på st. 5 syntes blåretangen og Fucus serratus (sagtang) noe redusert, med mye påvekst og til dels dekket av slamavsetninger.

På st. 2 ble det funnet flere kiselalgearter med hovedutbredelse i ferskvann, således f.eks. Fragilaria crotonensis og Diatoma elongatum. Sammen med disse vokste en trådformet bakterie, muligens Sphaerotilus natans.

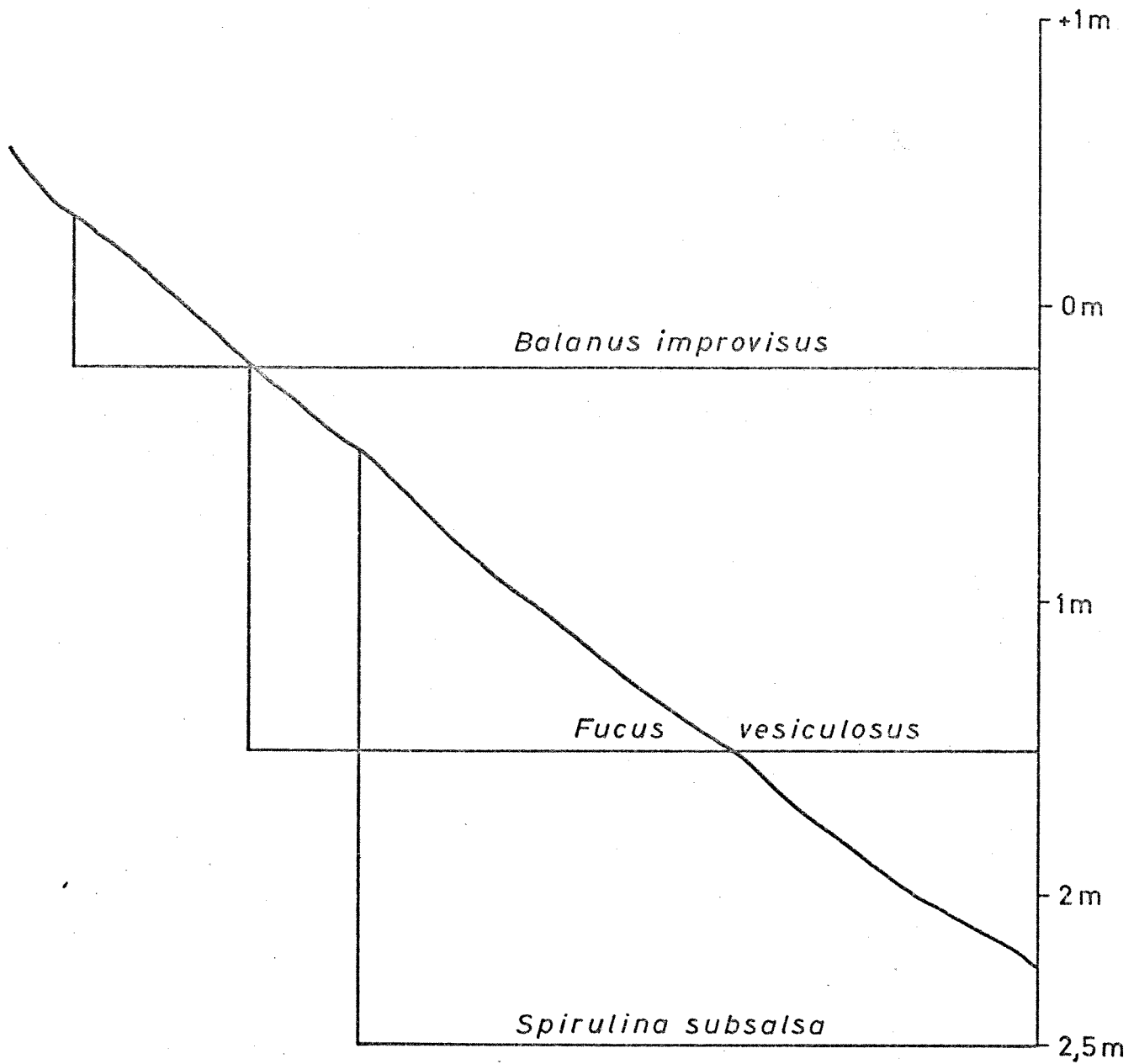


Fig. 4. St. 2, S. Kjøkkøy. Vertikalutbredelse av dominerende arter. (Substrat: Fjell 0-1 m, fjell med sedimentdekke 1-2,5 m, tykke avleiringer under 2,5 m).

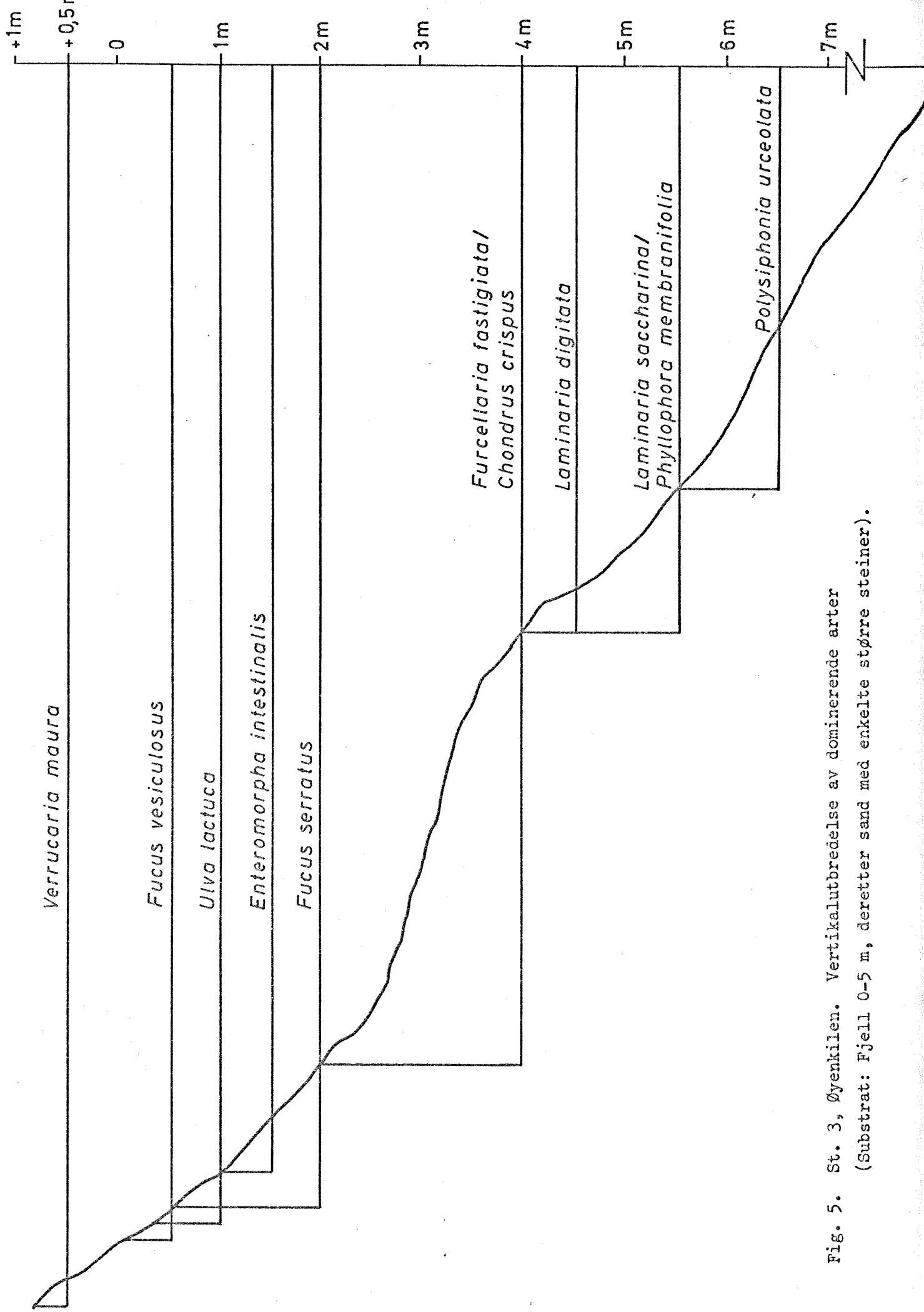


Fig. 5. St. 3, Øyenkilen. Vertikalutbredelse av dominerende arter
(Substrat: Fjell 0-5 m, deretter sand med enkelte større steiner).

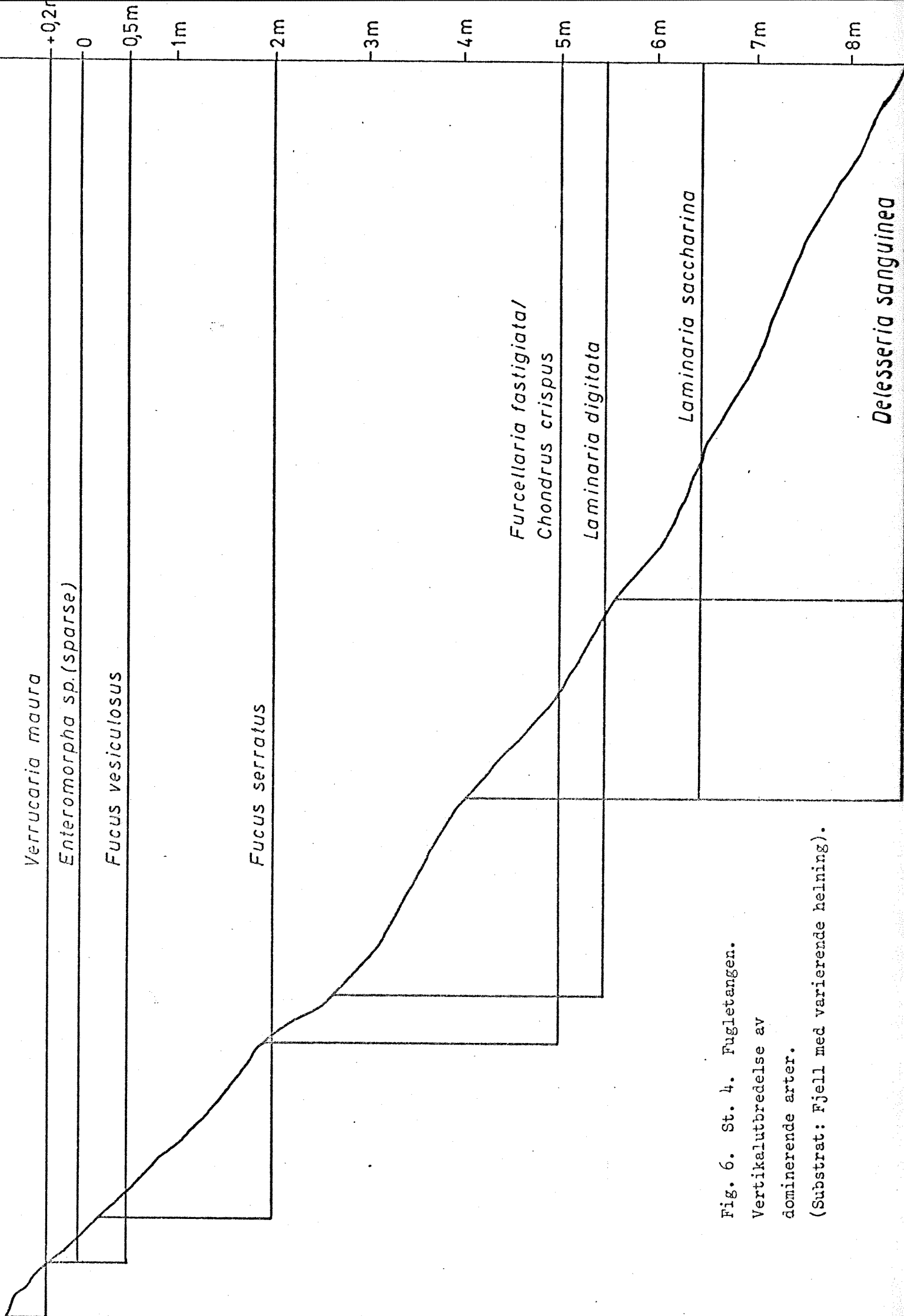


Fig. 6. St. 4. Fugletangen.
 Vertikalutbredelse av
 dominerende arter.
 (Substrat: Fjell med varierende helning).

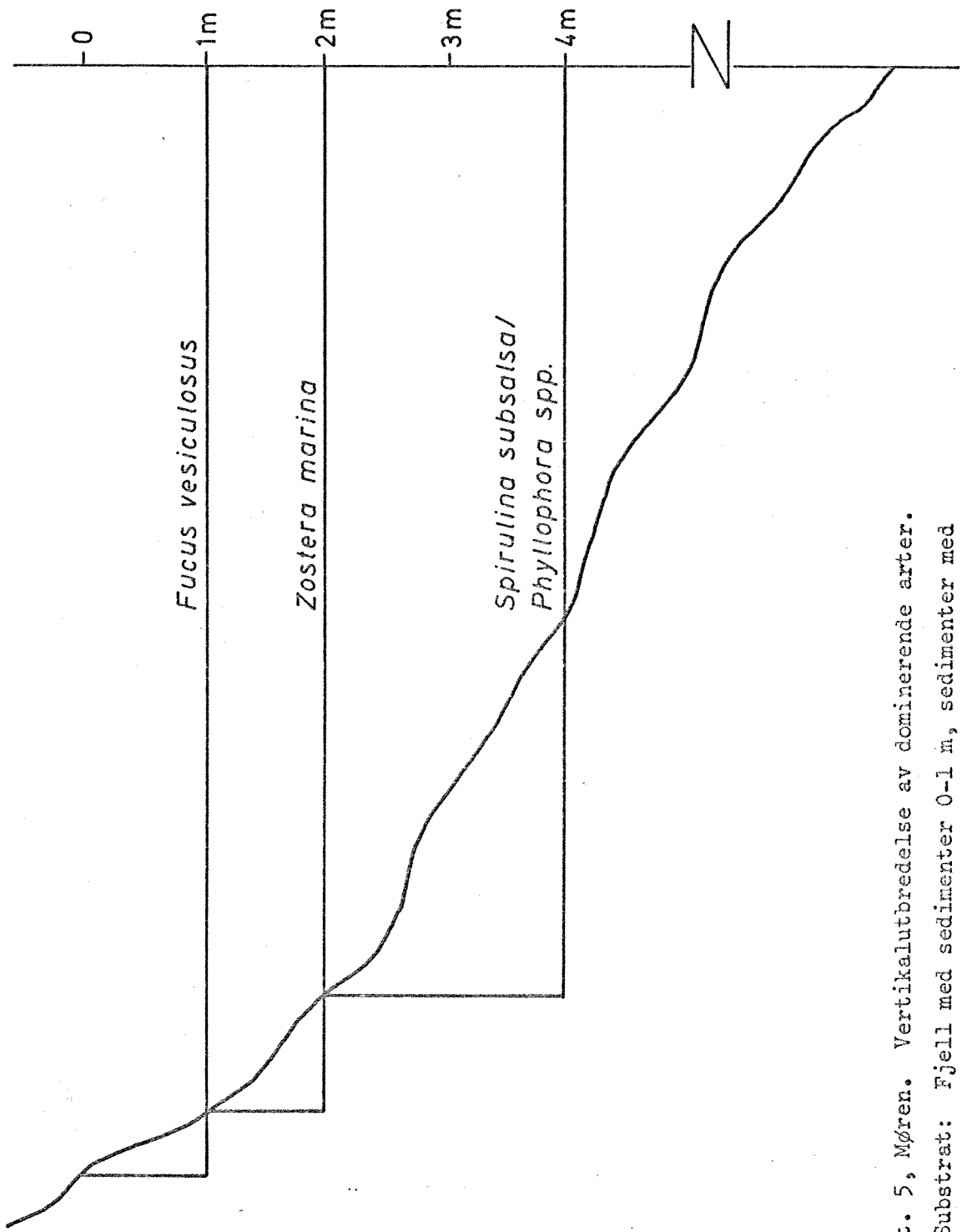


Fig. 7. St. 5, Møren. Vertikalutbredelse av dominerende arter.
 (Substrat: Fjell med sedimenter 0-1 m, sedimenter med
 noe innhold av org. materiale, varierende tykkelse 1-4 m.)

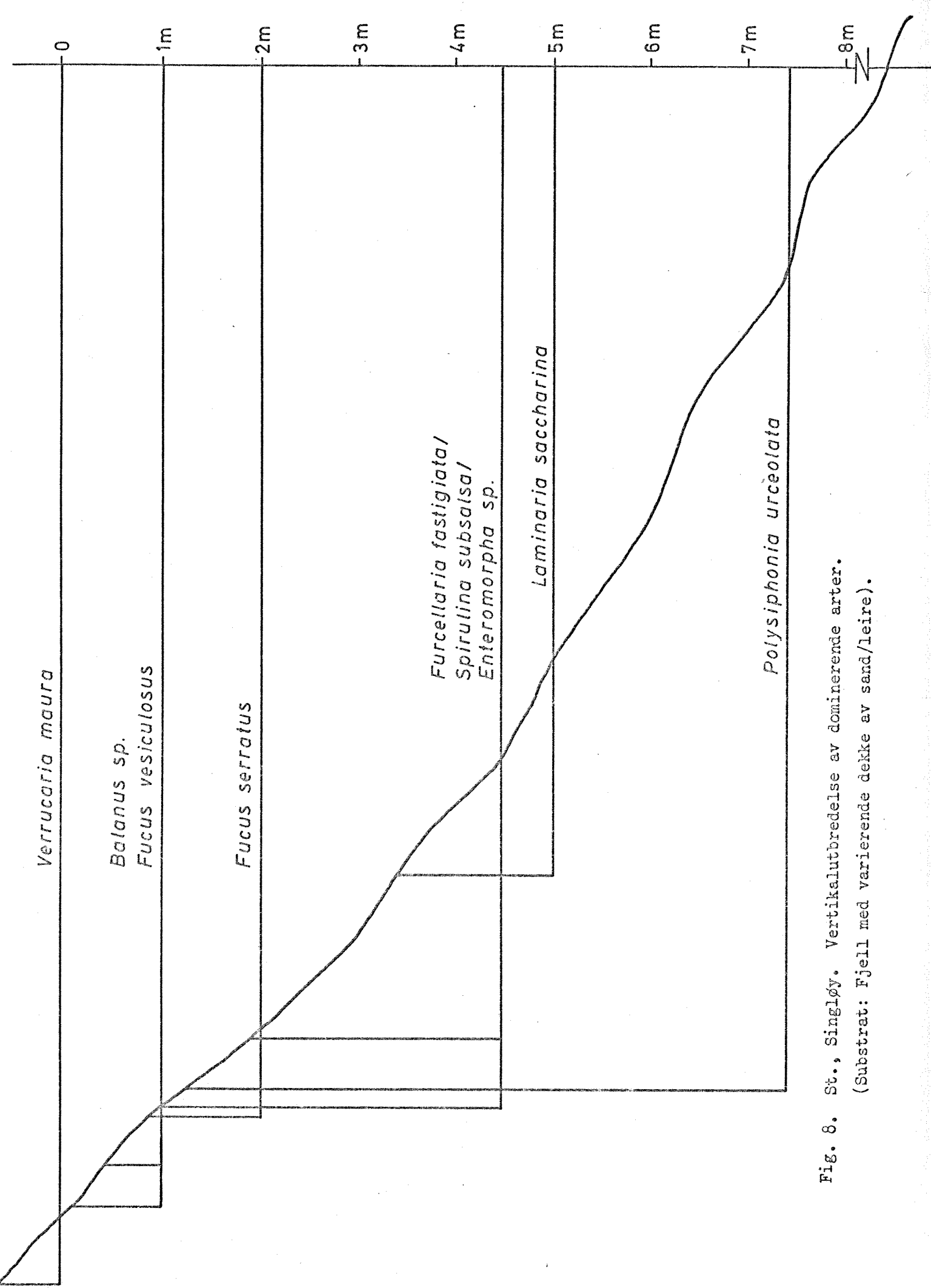


Fig. 8. St., Singløy. Vertikalutbredelse av dominerende arter.
(Substrat: Fjell med varierende dekke av sand/leire).

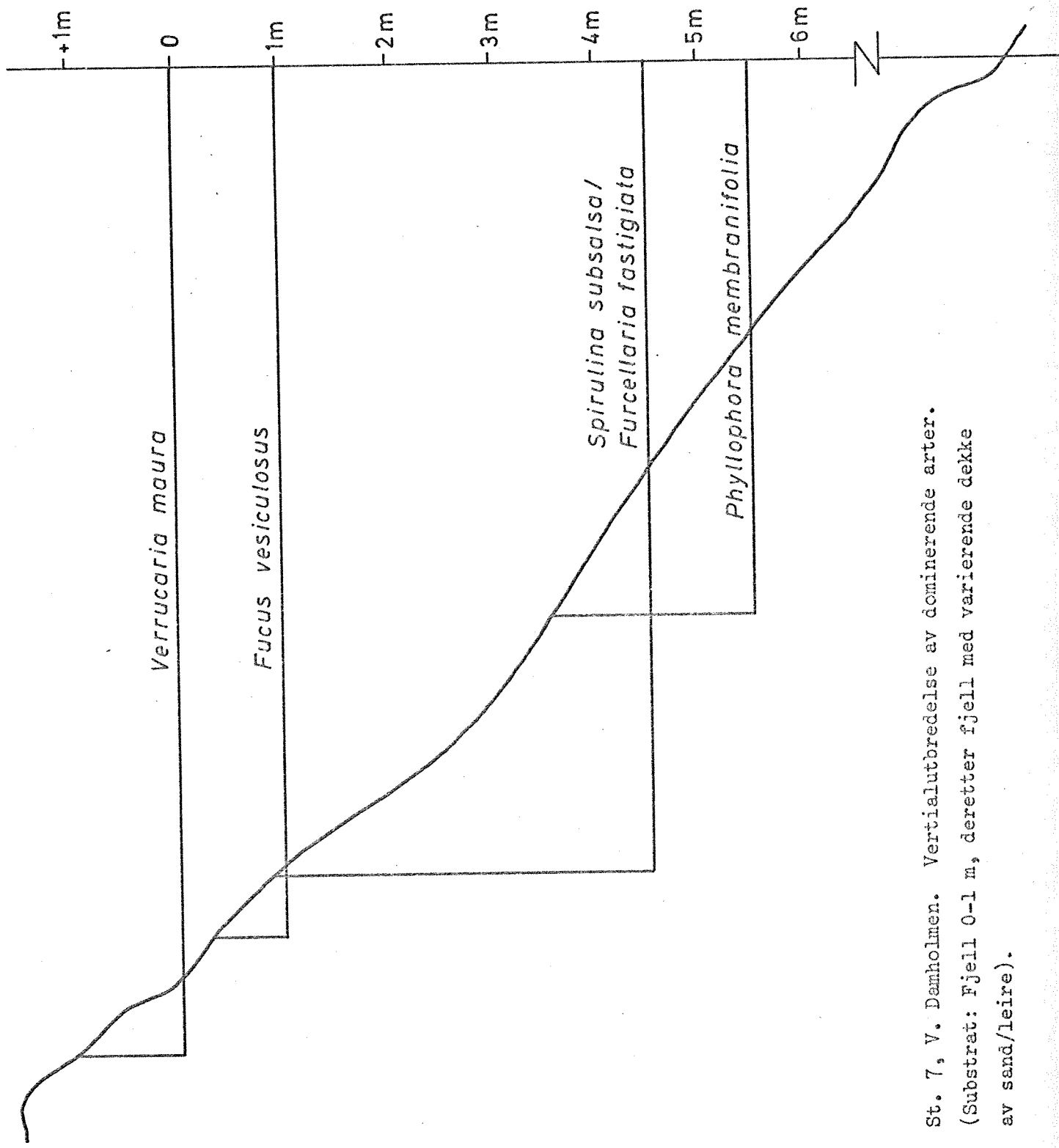


Fig. 9. St. 7, V. Demholmen. Vertialutbredelse av dominerende arter.
 (Substrat: Fjell 0-1 m, deretter fjell med varierende dekke av sand/leire).

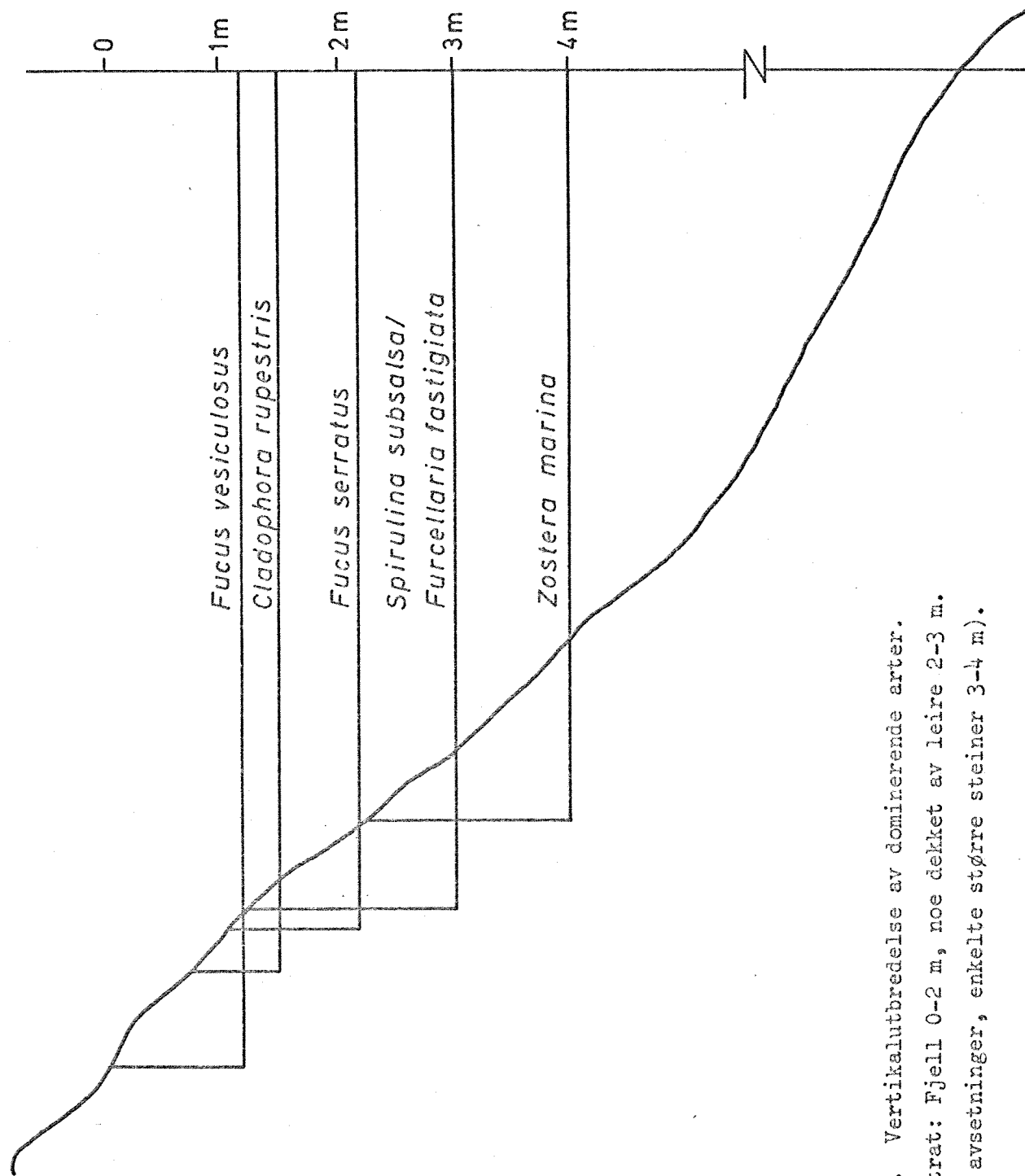


Fig. 10. St. 8. Vertikalutbredelse av dominerende arter.
(Substrat: Fjell 0-2 m, noe dekket av leire 2-3 m.
Tykke avsetninger, enkelte større steiner 3-4 m).

Diverse observasjoner.

Både under vann og på stein opptil omkring 1 m over vannlinjen var det på st. 1 (Alshus) et luddet, flere mm tykt brunt belegg. Stranden var brunrødfarget ytterligere 0,5 m opp. Analyse av en prøve viste at avsetningene hadde et jerninnhold på 7 % (tørrvekt). Samme type belegg ble funnet omkring vannlinjen på st. 2 (Kjøkkøy), men ikke fullt så tykke lag. Den brune misfargingen av stranden ble også observert i andre deler av området, men hadde her mer karakter av "maling" og var vanskelig avskrapbart.

Siktedypmålingene og analysene på vannets innhold av jern ga resultater som vist i tabell 5 nedenfor. Man ser at bortsett fra st. 6 varierte siktedypet mellom 1,6 og 2 m. Jerninnholdet var lavest på de presumptivt minst påvirkede lokalitetene (st. 3 og st. 6), der nivået var omkring den antatte bakgrunnsverdien i brakkvannet. Forøvrig kan man merke seg den relativt høye jernkonsentrasjonen på st. 1 - ca. 1,4 mg/l.

Tabell 5. Vannets jerninnhold ($\mu\text{g/l}$) og siktedyp (m)
målt i Hvalerområdet 18.-20/9-1973.

Stasjoner	1	2	3	4	5	6	7	8
Jerninnhold	1400	670	130	750	790	170	310	300
Siktedyp	1,8	1,6	2,0	1,9	1,6	2,5		

5. DISKUSJON

Med unntak av den innerste stasjon (st. 1) bærer ikke bunnfaunaen i Hvalerområdet noe umiddelbart tydelig preg av negative påvirkninger. Denne konklusjonen kan trekkes på basis av artsantallet på de undersøkte lokalitetene og etter sammenligning med resultater fra steder med tilsvarende miljøbetingelser når det gjelder salinitet, dybde og bunnavløring. Et slikt område er Saltkällefjorden på den svenske vestkysten (Rosenberg 1973), der det også er temmelig likt med hensyn til organisk belastning. I ytre Oslofjord (Petersen 1915) er det imidlertid noe mindre tilførsel av organisk stoff.

De dominerende arter av bunndyr på lokalitetene i Hvalerbassenget (eksklusiv børsteormer) var slangestjernen Amphiura filiformis¹⁾ og muslingene Abra spp., Corbula gibba, Mysella bidentata, Thyasira flexuosa og Nucula sp. Dette stemmer godt med resultater fra Saltkällefjorden (kfr. tabell 6), og overensstemmelsen gjelder likeledes de fleste arter som forekom i mindre antall. Med forbehold om børsteormene var det heller ingen arter med større forekomst i Saltkällefjorden som ikke ble registrert i Hvalerområdet.

Tabell 6. Kvantitativ forekomst (antall pr. 0,1 m²) av dominerende arter i Hvalerområdets bunndyrsamfunn sammenlignet med data fra Saltkällefjorden (Rosenberg 1973).

Arter \ Lokalteter	1	2	3	5	6	7	8	Saltkällefjord
Abra spp.	-	96	24	30	8	81	196	27
Corbula gibba	-	498	1	6	-	8	10	4
Mysella bidentata	-	441	35	-	9	33	28	184
Thyasira spp.	1	175	18	16	-	9	13	10
Amphiura filiformis ¹⁾	-	263	-	-	85	188	110	16

Sammenlignet med områder i ytre Oslofjord undersøkt av Petersen (1915), skilte Hvalerbassengets lokaliteter seg ut ved å ha vesentlig tettere bestander av de ovennevnte dyr, mens andre arter syntes å mangle. Siden dybde og sedimenttype samsvarer, kan man anta at forskjellen har sammenheng med den høyere organiske belastningen i Hvalerområdet og den resulterende endring i næringsforholdene og i sedimentoverflatens beskaffenhet.

1) Ved tidligere undersøkelse (NIVA, des. 1970) forvekslet med Amphiura chiajei.

Selv om hoveddelen av området ikke syntes særlig påvirket, var det likevel to lokaliteter som skilte seg ut. Når det gjelder st. 2, var det ingen nevneverdig kvalitativ forskjell fra de ytre stasjonene, men som det fremgår av tabell 6, var biomassen vesentlig høyere. For alle lokalitetene gjelder det at artssammensetningen bar preg av rikelig tilgang på såvel oppløst som partikulært organisk stoff. Spesielt gunstige næringsforhold synes å være den mest nærliggende forklaring på de høye individtallene på st. 2.

Bunndyrssamfunnet på st. 1 var kvalitativt forskjellig fra det som ellers ble registrert. Børsteormene var den dominerende gruppe, mens andre livsformer var fattig representert. Polychaetsamfunnet var også annerledes enn på de øvrige stedene, idet små arter var mest fremtredende. Dette tyder på dårlige livsvilkår for andre livsformer enn polychaeter, til tross for den rikelige næringstilgangen. Særlig er det verdt å merke seg at muslingene Abra spp., Corbula gibba og Nucula sp. mangler. Disse artene er detritusetere (dvs. de ernærer seg av organiske partikler på sedimentoverflaten), og Abra og Corbula er dessuten tidligere kjent for å tåle en viss grad av belastning med organisk stoff. (Bagge 1969). Den meget tydelige jernhydroksyduutfellingen på st. 1 er en mulig årsak til fraværet, idet jernhydroksydpartiklene kan virke uheldig på dyrenes fødeopptak (interferere med flimmerhårtransporten, etc.).

I motsetning til detritusavhengige former, var muslinger som lever av partikler i vannet representert på lokaliteten (Mya arenaria, Spisula elliptica og Thyasira flexuosa). I forhold til de andre stasjonene i Hvalerbassenget var det imidlertid et viktig unntak, nemlig muslingen Mysella bidentata. Denne arten var rikelig representert på st. 2, men var dekket med et tykt rustlignende belegg, svarende til ca. 10 % av dyrets volum. Det samme belegget ble funnet på eksemplarer i de ytre deler av bassenget, men i vesentlig mindre tykkelse. Siden den vesentlige forskjell mellom miljøene på st. 1 og st. 2 synes å være de større mengdene av brune utfellinger på st. 1, er det rimelig å se fraværet av Mysella bidentata i denne sammenheng.

Salinitetsforholdene synes ikke å være årsak til de nevnte forskjeller mellom st. 1 og st. 2, idet hverken artssammensetningen eller de tilgjengelige informasjonen om saltholdighetsvariasjonene tyder på dette. Hvis man samholder fig. 2 og fig. 3, fremgår det at selv ved en vannføring på over $1300 \text{ m}^3/\text{sek.}$ overstiger saltholdigheten 25 % på 10 m dyp (fig. 3). Man vet riktignok ikke hvor langt utover saltvannet blir fortrent ved svær flom, men på den annen side gjelder situasjonene skissert i fig. 3 et område mer enn 1 km oppstrøms st. 1.

De brune utfellingene på rør av børsteormer synes ikke å ha skadelig innflytelse. Belegget var mest utbredt på st. 1/2, men ble også observert lenger ut.

At de marine samfunn i Hvalerområdet er preget av tilført og produsert organisk stoff, vises også på algevegetasjonen. Særlig tydelig kommer dette til uttrykk ved utbredelsen og de betydelige mengdene av blågrønnalgen Spirulina subsalsa, som er kjent for å trives i slikt miljø. (Hayrén 1921, 1923, Lindstedt 1943). På flere av de undersøkte lokalitetene var dessuten partikulært organisk materiale en viktig bestanddel i de avsetninger som gjorde underlaget mindre tjenlig som feste for alger.

I overensstemmelse med de vesentlig større variasjonene i det ytre miljø, var algefloraen mer variert enn bunnfaunaen. Særlig i littoralsonen (fjærebeltet) var dette iøynefallende.

Den sublittorale flora på st. 3-8 ga ingen særlige holdepunkter for bedømmelsen av forurensningspåvirkninger. Vegetasjonens sammensetning syntes relativt normal for beskyttede brakkvannlokaliteter, men det må bemerkes at artsantallet var lavt på lokalitetene i bassenget (st. 5-8), særlig på st. 5. (Jfr. tabell 4). Årsaken til dette må antas å være den kombinerte virkning av dårlige lysforhold (høy turbiditet), materiale som avsettes på algene og til dels mindre gunstige substratforhold. (Nedenfor 4-5 m var fjell og steiner ofte dekket av sedimenter av varierende tykkelse). Det må også regnes med at saltholdighetsvariasjonene i de øvre 2 m spiller en viss rolle. Selv om det tidligere er påvist en statistisk sammenheng mellom vannets innhold av jern og mengden av partikulært materiale på

sestonfilter (NIVA, des. 1970), er det ikke grunnlag for å anslå den eventuelle betydning som suspenderte jernhydroksydpartikler har i retning av økt turbiditet. Sannsynligvis spiller vannets naturlige partikkelinnhold den dominerende rolle.

I sammenheng med de mulige følger av utslippet fra titandioksydproduksjonen og andre forurensningspåvirkninger, er observasjonene fra st. 1-2 av særlig interesse, dernest forholdene i fjærebeltet på de øvrige lokalitetene. Ved Alshus og på Kjøkkøy (fig. 1) må man regne med at de avgjørende miljøfaktorer er saltholdighetsvariasjonene og vannets høye innhold av suspendert stoff, med resulterende avsetning av materiale på både plantene og deres voksesteder. Leirpartiklenes mulige skuringseffekt bør også nevnes.

For st. 1's vedkommende er det tidligere nevnt at den midlere saltholdighet kan antas å ligge i underkant av 6 o/oo. Dette er nær nedre grense for det Fucus vesiculosus (blæretang) skal kunne tolerere (cf. Klavestad 1957 og Levring 1940), og skulle i hvert fall ikke være for lavt for andre og mer tolerante arter. Det tenkes her spesielt på en del grønnalger o.a. som er vanlige i fjærebeltet.

I motsetning til blæretang var det ingen grønnalger til stede på st. 2 heller. Det er derfor neppe sannsynlig at saltholdighetsforholdene kan være forklaringen. En eventuell virkning av partikkelskuring skulle være like skadelig for blæretang. Veksthemmende stoffer i vannet er en annen mulighet, men dette skyldes i så fall neppe utslippet fra Kronos Titan A/S alene. (Kfr. bemerkninger i kap. 1 om skadelige konsentrasjoner fra laboratorieforsøk jevnført med det man vet om avløpsvannets fortykning). Mest sannsynlig er det derfor at den fattige algevegetasjonen hovedsakelig skyldes det avsatte materialet på voksestedene. Det er liten tvil om at flere mm tykke avleiringer både vil hindre spredningsenheter i å feste seg og virke hemmende på veksten. Hvorvidt effekten også delvis kan bero på et giftig lokalmiljø nær jernhydroksydavsetningene (med andre assosierte metaller, etc.), kan foreløpig bare være grunnlag for spekulasjoner. I betraktning av at belegget både var flere mm tykt og lett kunne skrapes av, kan man imidlertid anta den mekaniske effekten som tilstrekkelig.

Vanskeligere er det å forklare mangelen på vanlige grønnalger o.a. i fjærebeltet på stasjonene lenger ute i bassenget. Det brune belegget var her mindre tydelig, til dels fraværende eller med tvilsom forekomst (st. 3, st. 4). For det meste kunne det virke som rødbrun "maling" og var vanskelig avskrapbart, men enkelte steder var det også tendenser til løsere avsetninger (st. 7, st. 8). Stort sett synes det her relativt mindre sannsynlig at den fysiske endring av substratet alene skulle kunne bevirke fraværet av grønnalger rundt vannlinjen. Som nevnt ovenfor er det en teoretisk mulighet for at årsaken ligger i et giftig mikromiljø, men på det foreløpige grunnlag fremstår dette som en løs hypotese. En nærmere belysning av problemet kan sannsynligvis oppnås gjennom utplantingsforsøk med kimplanter, i likhet med det som er gjort av Lein & al. (1974, under trykking), eventuelt ved laboratorieeksperimenter. En kjemisk karakteristikk av mikromiljøet krever en raffinert prøvetakingsteknikk og vil derfor være vanskelig. Selve belegget bør imidlertid gjøres til gjenstand for analyse, og i denne forbindelse kan det også være av interesse å foreta utlutingsforsøk med etterfølgende analyse av vannet.

I motsetning til på st. 1/2 fremtrer følgelig ingen bestemte mekanismer som særlig nærliggende forklaringer på den sparsomme forekomst (st. 3/4) eller fravær av littorale grønnalger (st. 5-8). Andre faktorer enn det brune belegget kan derfor ikke utelukkes. Blant disse må nevnes naturlige bestandssvingninger, skuring og avsetning av suspenderte leirpartikler samt innflytelse av mulige andre veksthemmende substanser. Feltundersøkelser kan bare i begrenset grad belyse så komplekse årsaksforhold som man her muligens står overfor. Et overvåkingsprogram vil imidlertid kunne gi opplysninger om eventuelle bestandsvariasjoner fra år til år.

Selv om det ikke er grunnlag for å oppfatte de sammenfallende fenomener (brunt belegg/fravær av visse vanlige alger) som et forhold mellom årsak og virkning, foreligger dette som en mulighet. Ytterligere utslipp av tynnnsyre eller grønn salt kan derfor ikke anses tilrådelig. Det bør imidlertid understrekes at Hvalerområdets marine flora og fauna er utsatt for en rekke andre påvirkninger. I denne forbindelse ville det være

riktig å se nøyere på de totale forurensningstilførsler, som det i dag ikke foreligger noen oversikt for. I et område med så mange brukerinteresser synes det også å være et uomtvistelig behov for en mer omfattende dokumentasjon av forholdene enn det har vært anledning til å gi innenfor rammen av den bearbejdede problemstilling.

6. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

- I. I forbindelse med eventuelle virkninger av utslippet fra Kronos Titan A/S i Fredrikstad, er det gjennomført en undersøkelse av bløtbunnsfauna og algevegetasjon i Hvalerområdet. Det er også gjort observasjoner av siktedyp, vannets jerninnhold og avsetning av brunt belegg på stranden, bunnsedimenter og organismer. Resultatene er drøftet i relasjon til avfallsvannets sammensetning, fortynningen i resipienten og naturlige miljøfaktorer, i første rekke vannets saltholdighet og partikkelinnhold.
- II. Som helhet betraktet, viser Hvalerbassengets bunnfauna ingen spesielle trekk som kan ses i sammenheng med forurensningspåvirkninger, bortsett fra at samfunnene i hovedsaken er dominert av arter som trives ved god næringstilgang og følgelig er utbredt i områder med en viss belastning med nedbrytbart organisk stoff.
- III. Forurensningseffekter er påvist for bunnfaunaen på st. 1 (Alshus), 2 km nedenfor utslippet (se fig. 1). Det er sannsynliggjort at fraværet av enkelte ellers vanlige muslingarter helt eller delvis kan skyldes lag av jernhydroksyd på sedimentoverflaten. Faunaen på st. 1 skilte seg også ut i andre henseender som kan ses i sammenheng med denne påvirkningen. De brune fnokkene på bunnen og på rør av børsteormer forekom også på de øvrige lokaliteter i bassenget, men i mindre eller ubetydelige mengder med økende avstand fra elvemunningen.
- IV. Algevegetasjonen på de to indre stasjonene var ekstremt fattig. Salinitetsvariasjoner og høyt partikkelinnhold i vannet har betydning for dette forholdet, men særlig på st. 2 (Kjøkkøy, ca. 6 km fra utslippet, se fig. 1) er det mulig at avsetningen av et løst rustbrunt belegg er den utslagsgivende faktor. Belegget vil hindre sporer i å få feste og hemme kimplantenes vekst.

- V. Rustbrun farge på fjellet er vanlig i bassenget (innsiden av øyene). Til dels finnes også løsere brune avsetninger. Den samtidige mangel på enkelte arter av grønnalger o.a. som vanligvis forekommer i fjærebeltet, er diskutert i relasjon til mulige virkninger av belegget og ulike miljøfaktorer. Ingen naturlige mekanismer fremstår som spesielt sannsynlige forklaringer på fenomenet, men det kan være et samvirke av flere faktorer som gjør seg gjeldende, bl.a. forurensningstilførsler. Det brune belegget bør analyseres, samtidig som det utføres felt- og/eller laboratorieeksperimenter til belysning av mulige giftvirkninger på sporer og kimplanter.
- VI. De biologiske ressurser i Hvalerområdet er i hovedsaken intakt. Årsakssammenheng mellom utslippet fra Kronos Titan A/S og spesielle trekk ved organismesamfunnenes struktur er bare sannsynliggjort for området innenfor Kjøkkøy. Det kan imidlertid ikke ses bort fra muligheten for at avfallsvannet er virksomt lenger ut i bassenget. Økt utslipp av tynnnsyre eller grønnsalt er ikke tilrådelig og en reduksjon anbefales.
- VII. Hvalerområdet påvirkes av betydelige forurensningsmengder som det i dag ikke foreligger kvantitativ oversikt for. I sammenheng med bl.a. fremtidig arealutnyttelse, industriutbygging og vassdragsreguleringer vil det være riktig å få dokumentert tilstanden i området på en mer fyldestgjørende måte enn det er mulig ved bearbeidelsen av isolerte problemer.

LITTERATURLISTE

- Bagge, P., 1969: Effects of pollution on estuarine ecosystems. I. Merentutkimuslait. Julk./Havforskningsinst. Skr. 228: 3-118.
- Dahl, F.E., Eggen, A., Hovde, H.R. og Molvær, J., 1973: Hydrografiske undersøkelser i Øra-området. Trondheim, 5. nov. 1973.
- Grice, G.D., Wiebe, P.H. og Hoagland, E., 1973: Acid-iron waste as a factor affecting the distribution and abundance of zooplankton in the New York Bight. I. Laboratory studies on the effects of acid waste on copepods. Estuarine and Coastal Mar.Sci. 1:45-50.
- Hayrén, E., 1921 : Studier över föroreningens inflytande på strändernas vegetation och flora i Helsingfors Hamnområde. Bidr. Finl.Nat.Folk 80(3): 1-128.
- Hayrén, E., 1923 : Föroreningen och strandvegetationen i Helsingfors Hamnområde. Svensk bot. Tidsskr. 17:62-68.
- Klavestad, N., 1957 : An ecological study of the vegetation in Hunnebummen, an old oyster poll in south-eastern Norway. Nytt Mag.Bot. 5:63-100.
- Lein, T.E., Rueness, J. og Wiik, Ø., 1974: Algologiske observasjoner i Iddefjorden og Singlefjorden. Engl. Summ - Blyttia (under trykking).
- Levring, T., 1940 : Studien über die Algenvegetation von Blekinge, Südschweden. Akad. Abhandl. Lund 1940. 178 s.
- Lindstedt, A., 1943 : Die Flora der marinen Cyanophyceen der schwedischen Westküste. Akad. Abhandl. Lund 1940. 121 s.
- NIVA, mars 1965 : 0-229. Bestemmelse av utslipningsanordning for utslipp av avløpsvann fra Titan Co. A/S, Fredrikstad, i Glommas nedre løp. 14 s + fig. (Saksbehandler: P. Liseth).
- NIVA, aug. 1967 : 0-229. En effektivitetskontroll av anlegg for utslipp av forurenset vann fra Titan Co. A/S i Glomma. 13 s. + fig. (Saksbehandlere: T. Simensen og P. Liseth).

forts.

LITTERATURLISTE (forst.)

- NIVA, mai 1969 : 0-229. Vurdering av Glåma som resipient for Titan Co. A/S. Undersøkelser 1968-69. 23 s. + fig. (Saksbehandler: R.T. Arnesen).
- NIVA, aug. 1970 : 0-217. En undersøkelse av Glåma i Østfold. Delrapport 5. Sammenfattende del. 95 s. (Saksbehandler: R.T. Arnesen).
- NIVA, des. 1970 : 0-229. Vurdering av sjøområdet innenfor Hvalerøyene som resipient for avløpsvann fra Titan Co. A/S. Undersøkelser av biologiske forhold 19-20/8-1969. 27 s. (Saksbehandler: J. Knutzen).
- NIVA, juli 1972 : 0-128/71. Forurensningseffekter ved utslipp eller dumping av avfall fra titandioksydproduksjon. 47 s. (Saksbehandler: J. Knutzen).
- NIVA, nov. 1973 : 0-229/60. Undersøkelse for KRONOS TITAN A/S, Fredrikstad. Jerninnhold i sedimenter og vekstforsk med alger. 22 s. (Saksbehandlere: R.T. Arnesen, J. Knutzen, S.T. Källqvist).
- Petersen, C.G.J., 1915 : Om havbundens dyresamfund i Skagerak, Kristianiafjord og de danske farvande. Beretn. dansk. biol. Sta. 23:3-26 + tabeller og kart.
- Rosenberg, R., 1973 : Succession in benthic macrofauna in a Swedish fjord subsequent to the closure of a sulphite pulp mill. Oikos 24:244-258.
- Wiebe, P.H., Grice, G.D. og Hoagland, E., 1973: Acid-iron waste as a factor affecting the distribution and abundance of zooplankton in the New York Bight. II. Spatial variations in the field and implications for monitoring studies. Estuarine and Coastal Mar. Sci. 1:51-64.