



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.





INVERKAN PÅ BOTTENFAUNA OCH FISK
AV EN MUDDERTIPPNING INNANFÖR TJÖRN,
BOHUSLÄN

Av

Erik Degerman

Sötvattenslaboratoriet
170 11 Drottningholm

Maj 1986

Meddelande från Havsfiskelaboratoriet, Lysekil, nr 315

INVERKAN PÅ BOTTENFAUNA OCH FISK
AV EN MUDDERTIPPNING INNANFÖR TJÖRN,
BOHUSLÄN

Av

ERIK DEGERMAN

Sötvattenslaboratoriet
170 11 Drottningholm

Maj 1986

ISSN 0374-8030

INNEHÅLL

1. Inledning.....	1
2. Metodik.....	1
2.1. Fisk.....	1
2.2. Bottenfauna.....	3
3. Miljöförhållanden.....	4
3.1. Allmänna miljöförhållanden.....	4
3.2. Miljöförhållanden på bottenfaunalokalerna.....	4
4. Resultat och kommentarer.....	5
4.1. Bottenfauna.....	5
4.1.1. Artantal.....	5
4.1.2. Individantal.....	7
4.1.3. Biomassa.....	7
4.1.4. Faunalikhet.....	11
4.1.5. Dominerande arter.....	11
4.1.6. Diversitet.....	17
4.2. Fiskförekomst.....	19
4.3. Fiskens födoval.....	22
5. Diskussion.....	30
5.1. Muddertippningsplatsens lämplighet.....	30
5.2. Bottenfaunans rekolonisation.....	30
5.3. Fiskens födoval.....	32
Sammanfattning.....	34
Summary.....	35
Referenser.....	36
Bilaga 1-12	

1. INLEDNING

Fiskeriintendenten i västra distriktet förordnades av koncessionsnämnden för miljöskydd 1977-03-25 att undersöka effekterna på fisket efter muddertippningar i Hakefjorden, innanför Tjörn, i södra Bohuslän. Muddringarna utfördes för att fördjupa inseglingstrännan till Wallhamn.

Undersökningar har skett av bottenfauna 1977-1981 och provfisken 1977-1980. På material från provfisken har även maganalys skett för att bestämma fiskens födoval.

Muddertippningarna, som genomfördes våren 1977, omfattade 700 000 kubikmeter muddermassor, främst styv lera. Tippningsområdet har ett vattendjup av 7 - 13 m och bottensedimenten utsätts tidvis för kraftig erosion. Fiskeriintendenten har i delrapporter (1978, 1979 och 1981) redovisat visst resultat från undersökningarna.

Muddertippning skedde våren 1977 även på en ytterligare tippningsplats på 25-50 m vattendjup belägen vid Lövön i Hakefjorden. Motsvarande bottenfaunastudier har där genomförts av Ahlfors (1980, 1981).

Bottenfaunan i Hakefjorden är tidigare väl studerad (ex. Swedmark 1958, Molander 1962, Möller 1976, Rosenberg och Möller 1979, Smith 1980) och effekter av muddertippning på bottenfauna har studerats tidigare i närliggande vattenområden (Olsson 1975, Rosenberg 1977).

2. METODIK

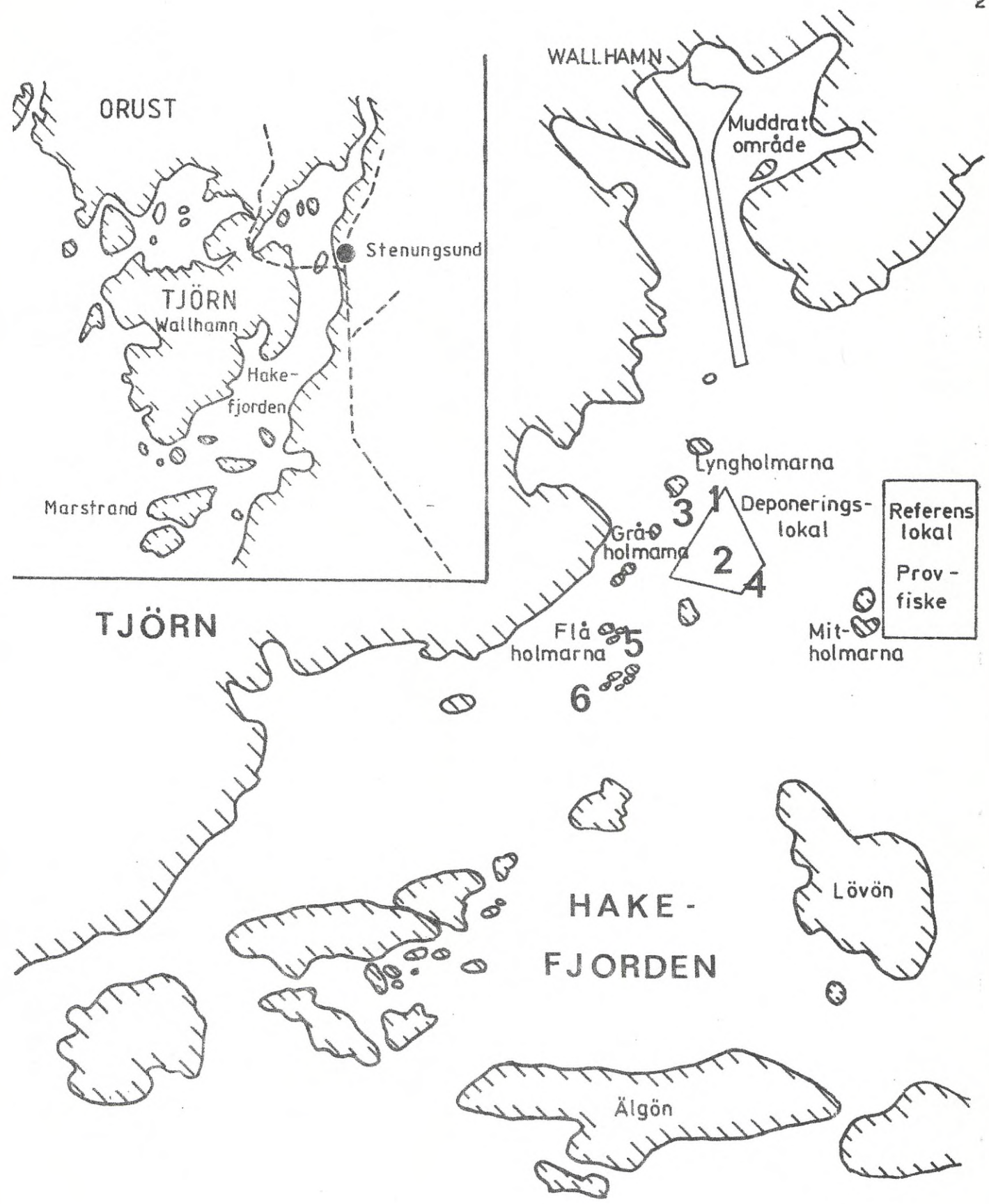
2.1 Fisk

Provfisken med kustöversiktsnät, nät som slumpmässigt har nätsektioner med olika maskstorlek (8-60 varv/aln), genomfördes av två yrkesfiskare från Stenungsund.

Tio översiktsnät användes på deponeringsområdet och lika många på en referenslokal belägen omedelbart öster om Mitholmarna (figur 1). Utställningen har skett under eftermiddagstid för att sedan vittjas nästkommande gryning.

På referenslokalen för provfiske varierar djupet mellan 9 till 35 meter, medan själva tippningsområdet är mellan 7 till 13 meter djupt. Referenslokalen ingår i naturvårdsverkets fasta stationer och provfiskas årligen.

Fisken vägdes, hel färskvikt, och artbestämdes, varefter mag-tarmkanalen frampreparerades för senare analys på laboratoriet. Födovalsanalyser genomfördes på provfiskematerial från maj 1978 och oktober 1978. På grundval av data från maginnehållsanalysen har fiskfaunans födoval kunnat skattas. Data från födovalsanalysen redovisas i volymsprocent av hela maginnehållet, samt i hur stor andel av alla fiskar av respektive art som konsumerat någon av djurgrupperna Mollusca, Polychaeta,



Figur 1. Karta över det undersökta området i södra Bohuslän. Bottenfaunalokaler betecknade 1 - 6.

Crustacea, Echinodermata och övriga. Fiskar med tom mage medtogs icke i materialet.

2.2 Bottenfauna

Från Fiskeristyreusens forskningsfartyg Thetis insamlades bottenfaunan kvantitativt med hjälp av en 0.1 m² van Veen-huggare, varvid fem prov togs på vardera sex olika lokaler. Av dessa låg två i det egentliga deponeringsområdet, två i kanten av detta samt två referenslokaler på motsvarande djup utanför tippningsområdet (figur 1).

Efter sällning konserverades sällresterna i 70% etanol och sorterades sedan på laboratoriet. I denna undersökning definieras bottendjur som de bottenlevande organismer som ej passerade ett nät med maskstorleken 1,0 mm. Stora individer av de arter som normalt räknas till meiofaunan har inte medräknats här.

Faunans våtvikt bestämdes efter att de konserverade djuren snabbt rullats på ett filterpapper. Phoroniden Phoronis mülleri vägdes med sitt rör och samtliga mollusker med sina skal.

Faunalikheten (%) kalkylerades genom att varje enskild arts andel av det totala individantalet (dominans) på varje lokal framräknades. Vid jämförelse mellan två provtagningslokaler beaktas alla gemensamma arter. Den lägsta frekvensen av en gemensam art summeras med övriga gemensamma arters lägsta gemensamma frekvenser.

Diversiteten, ett mått på faunans mångformighet, har beräknats enligt tre olika diversitetsindex:

$$1/ \text{Artrikedomen, } d = \frac{\text{antalet arter} - 1}{\ln(\text{antal individer})} \quad (\text{Margalef, 1958})$$

Denna metod ger ett index som är mer känsligt för antalet arter än för antalet individer. Detta gör indexet lämpligt att använda i de fall då miljöstörningar kraftigt minskat artantalet medan individantalet lämnats oförändrat.

$$2/ \text{Diversiteten, } H = \sum_{i=1}^S P_i (\log_2 P_i) \quad (\text{Pielou, 1969})$$

Detta index, kallat Shannon-Wieners diversitetsindex, är relativt oberoende av stickprovsstorlek (Sanders 1968). Variabeln s avser antalet arter på lokalen, medan p anger arten i's andel av det totala individantalet (varierande från 0 till maximalt 1).

$$3/ \text{Jämnheten, } J = \frac{H}{H_{\max}} \quad (\text{Pielou, 1969})$$

där H= diversitetsindex enligt Shannon-Wiener

$$H_{\max} = \log_2(\text{antal arter på lokalen})$$

Detta sista index anger jämnheten i artfördelningen och ger samtidigt ett relativt mått på den grad av dominans av enskilda arter som föreligger på lokalen.

3. MILJÖFÖRHÅLLANDEN

3.1 Allmänna miljöförhållanden

Tippningslokalen är belägen nio kilometer nordost Hakefjordens inlopp (figur 1). Hakefjorden är ingen egentlig fjord i det hänseendet att den saknar en tröskel vid mynningen. Utmed inseglingsrännan understiger djupet ingenstans 24 meter, varför även vattnet under salthaltsgradienten, språngskiktet, (10-20 meters djup) utbytes kontinuerligt.

Salthalten i Hakefjorden varierar i ytan mellan 18-23 o/oo och på 25 meters djup mellan 30-34 o/oo. Under november månad varierar yt- respektive bottenvattentemperaturen mellan 8-13 C jämnt fördelat genom hela vattenvolymen. Då mynningströskel saknas är syretillgången tämligen god även i bottenvattnet och understiger här ytterst sällan 4 mg/l. Egna dykobobservationer har dock visat att stora bottenområden i fjorden har anoxiska sediment och svavelbakterier (*Beggiatoa*) på sedimentytan. Detta gäller vindskyddade områden medan själva tippningsområdet är relativt exponerat och visuellt har det oxiderade skiktet i bottenproppar bestämts vara 1-4 cm djupt. Data från 1933 fram till 1979 visar att språngskiktet under oktober-november, dvs då botten djuren insamlas, legat på 10-15 meters djup under 40% av mätningstillfällena, på 15-20 meters djup under 55% och på 5-10 meters djup under endast 5% av mätningstillfällena (Engström, 1970., Hydrographical Data 10, 1978 och Hydrographical Data 14, 1979). Läget av språngskiktet är av stor betydelse då bottenvattnet, dvs vattnet under språngskiktet, erbjuder en stabilare miljö.

Hakefjorden och den söder om liggande Älgöfjorden har ett medeldjup av 12.2 meter. Vattenvolymen ovanför 20 meters djup utgör hela 88% av den totala vattenvolymen i området. Totalt för hela fjordsystemet innanför Tjörn och Orust är medeldjupet 13.3 meter (Tegner, 1979). Detta gör att den undersökta deponeringslokalen, som ligger på ett djup av 7-13 meter, är typisk för detta områdes havsbottnar.

Hakefjordens ytvatten domineras vanligen av en nordgående ström med brackvatten. På cirka 15 meters djup går en motriktad saltvattenström och på cirka 20 meters djup finnes ytterligare en ström som transporterar in salt djupvatten från det öppna havet.

3.2 Miljöförhållanden på bottenfaunalokalerna

Under de fem år (1977-1981) som botten djur insamlats, vilket alltid skett under slutet av oktober - början av november varje år, har vattentemperaturen på provtagningslokalerna varit 9.1 - 13.4 C och salthalten 21.0 - 33.3 promille från yta till botten.

Provtagningslokalerna är belägna på 7.0 - 11.5 meters djup och är därmed utsatta för den stress som fluktuationen i temperatur och salthalt utövar och botten sedimenten torde med tanke på det ringa djupet och det relativt exponerade läget (se Blomqvist 1982) vara erosions-transportbottnar.

Sedimenten består på lokalerna 1-4, dvs de inom eller i anslutning

till själva tippningsområdet, av styv postglacial lera. Överst ligger fläckvis ett tunt, 0.5-4 cm, skikt av lösare material. Vid muddertippningen har muddret deponerats ojämnt inom området. Sålunda varierar muddertäckets mäktighet från 1/2 meter till 3 meter (bilaga 2). Detta medför att bottenpografin är mycket ojämn. Hålor där organiskt material ansamlas förekommer sålunda. Parallellt finns även höjdryggar där erosionen är stor och fint sediment bortspolas.

Lokal 2 har ett något mjukare sediment än övriga tippningslokaler och lokal 4 ett relativt hårdare sediment (styv lera). Lokaler 5 och 6, dvs referenslokaler, har ett mjukare sediment än tippningslokaler.

Inslaget av fint organiskt material var vid provtagningen år 1980 mellan 6-9% i sedimentets ytskikt (0-2 cm) på såväl deponerings- som referenslokaler.

4. RESULTAT OCH KOMMENTARER

4.1 Bottenfauna

De undersökta lokalerna benämnes i fortsättningen mudderlokaler (lokaler 1 till 4, L1-L4) samt referenslokaler (lokaler 5 och 6; L5 och L6).

4.1.1 Artantal

Referenslokaler hade i medeltal 57 arter per lokal under de fem åren. Variationen var liten och lägsta artantal var 47 och högsta 65 (figur 2, bilaga 6).

Lokaler 1-4 som påverkats direkt av muddertippningen hade genomgående lägre artantal - i medeltal 22 - 43 under perioden. Mudderlokaler hade stora variationer i artantal. Samtliga hade låga artantal direkt (ett halvt år) efter muddertippningen. På lokalerna 1-3 ökade sedan artantalet efter något-några år men för att efter fem år åter vara jämförelsevis lågt.

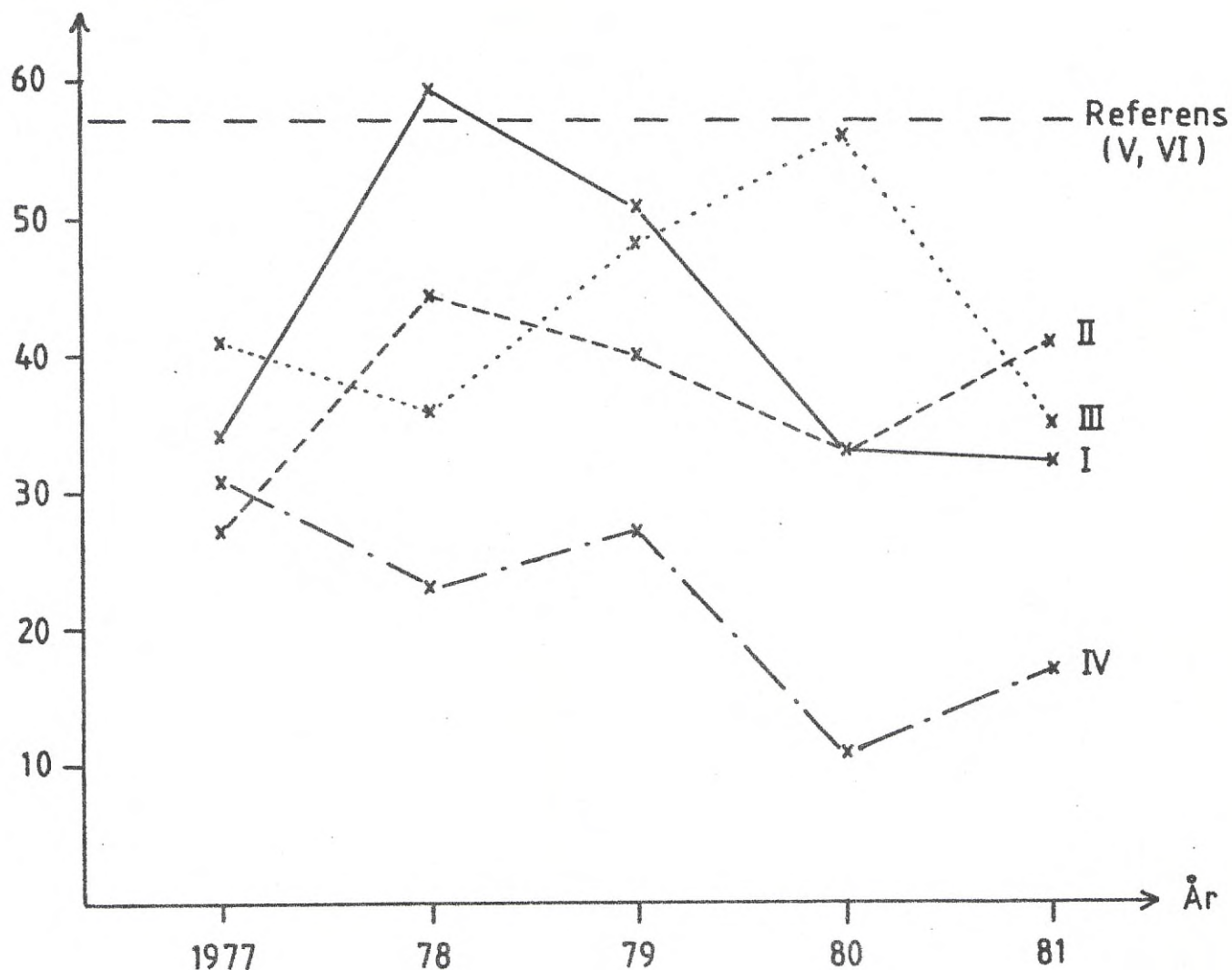
Lokal 4 har haft stadigt sjukande artantal. Denna lokal hade också statistiskt signifikant lägre artantal under femårsperioden än de övriga (tabell 1). Referenslokaler skiljde ej sinsemellan, men hade signifikant högre artantal under studien än lokalerna 2 och 4. Lokaler 1, 2 och 3 skiljde ej sinsemellan.

Tabell 1. Parvis Mann-Whitney U-test av artantal under 1977-81 för de olika lokalerna.

* anger statistisk signifikant skillnad på 95% nivå. Ej anger att statistiskt signifikant skillnad ej förelåg.

	L1	L2	L3	L4	L5	L6
L1		Ej	Ej	*	Ej	Ej
L2			Ej	*	*	*
L3				*	Ej	*
L4					*	*
L5						Ej
L6						

Artsantal / 5 hugg



Figur 2. Artsantal (per 5 hugg = 0.5 kvadratmeter) på de undersökta bottenfaunalokalerna i Hakefjorden 1977-81. Muddertippningslokaler = I-IV. För referenslokalerna (V,VI) redovisas medelvärde för perioden 1977-1981.

Skillnaden i artsantal mellan referenslokaler och övriga lokaler betingades till stor del av antalet polychaetarter. Referenslokalerna hade i medeltal 23 (S.E 1.1) arter per lokal och år medan övriga lokaler hade 13 (S.E.1.4). Skillnaden var statistiskt signifikant (U-test, $p < 0.05$). Framför allt saknades ofta vissa sedentära arter (ex Trochochaeta multisetosa, Paraonis gracilis), arter som lever i musselaggregat och vegetation (ex släkten Eumida, Eulalia) medan frilevande rovpolychaetsläkten (ex, Nereis, Nephtys, Anaitides) förekom på samtliga lokaler.

Även om det i medeltal förekom fler molluskararter per station och år på referenslokalerna jämfört med övriga - 18 resp 14 arter under femårsperioden - var skillnaden ej signifikant. Exempelvis Eulima arcuata, Onoba vitrea och Aporrhais pespelecani påträffades oftare eller enbart på referenslokalerna. Likaså Hiatella saxicava samt Anomia patelliformis, varav den förra ofta sitter vid algrötter eller andra lämpliga

skrymslen medan den senare ofta sitter i tomma musselskal, var oftare förekommande på referenslokalerna.

Bland grundvattenformer som etablerat sig på mudderlokalen kan nämnas Cardium edule och Mya arenaria. Borrarmussla (Pholas candida) som borrar bogångar i hårdbotten hade etablerat sig i den styva blåleran på mudderlokalerna.

Således styrdes artförekomsten av de olika bottentyperna - mudderlokalen utgjordes av en naken sedimentbotten med ett tunt lager lösa sediment ovan en kompakt lera medan referenslokalerna var mer diversa med enstaka alger och blåmusselaggregat på botten.

4.1.2 Individantal

Antalet individer per m² var i medeltal 1575 (S.E.209, n=10) på referenslokalerna. Högsta individantal var 3074 (195% av medel) och lägsta 904 (57% av medel) under femårsstudien. Ingen skönjbar trend förelåg även om högst individantal påträffades år 1977 på båda referenslokalerna.

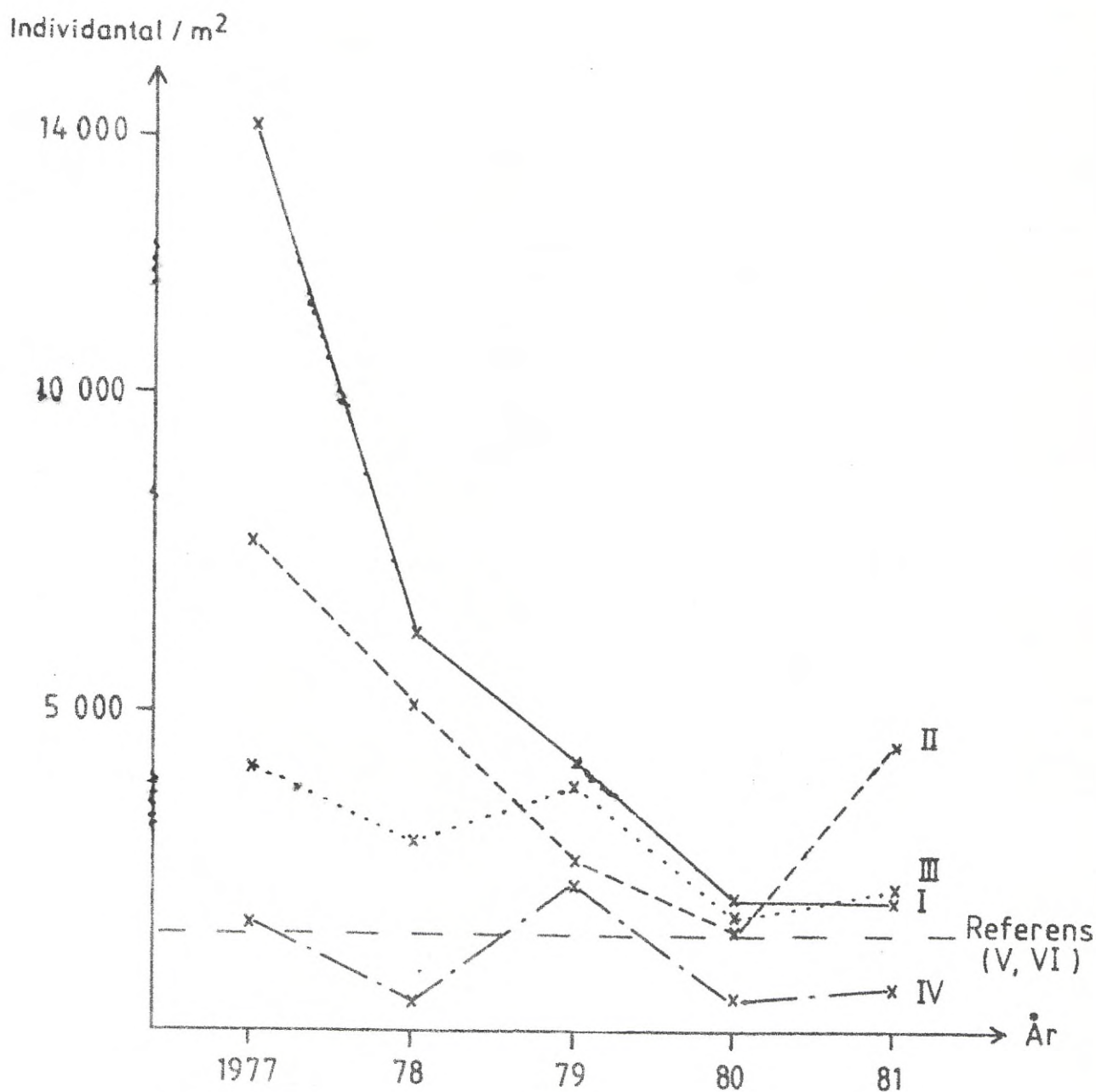
På de mudderpåverkade lokalerna varierade individantalet betydligt. Direkt efter muddertippningen påträffades de högsta värden under perioden för lokaler 1-3 och efter hand minskade individantalet (figur 3). Lokalen 4 var instabil och hade under perioden i genomsnitt lägre individantal (1/100) än referenslokalerna (bilaga 6).

De höga individantalen på mudderlokalen efter tippning berodde av en kraftig nykolonisation av opportunistiska arter, som exempelvis korgmussla (Corbula gibba). År 1977 utgjorde arten 91% av antalet individer på lokal 1 och 67% på lokal 2. På dessa båda lokaler utgjordes hela 99% av artens individer av unga exemplar, medan motsvarande värde för lokal 6 var 60% där arten samma år endast utgjorde 2% av individantalet. En annan mollusk som snabbt invaderade den "nya" botten var sandmussla (Mya arenaria) som ej påträffades på referenslokalerna, men år 1977 förekom i ca 300 exemplar på lokalerna 1 och 2.

4.1.3 Biomassa

Biomassan, vikten av djuren, var på de båda referenslokalerna i medeltal 65 g våtvikt per m² under femårsperioden. Av de båda hade lokal 5 i regel något högre biomassa (medelvärde 75 jämfört med 51 g för lokal 6). Lägsta biomassa något år på referenslokalerna var 33 g och högsta 120 g per m².

Muddertippningslokalerna 1 och 2 hade ett halvt år efter muddertippningen mycket höga biomassor (över 300 g). Successivt ökade biomassan på lokal 2 till 6441 g år 1981 då studien avslutades, medan lokal 1 samma år hade en biomassa i paritet med referenslokalerna. Lokal 2's ökande biomassa berodde av att sandmussla och blåmussla efter tippningen ökat och sista året utgjorde 95% av biomassan. Dessa musslor etablerade sig inte i lika stor utsträckning på lokal 1. Där utgjordes biomassan efter tippning i huvudsak av korgmussla (Corbula gibba), vilken också hade hög biomassa på lokal 2. Kantlokalerna 3 och 4 uppvisade ej lika höga biomassor som lokaler 1 och 2 men hade liksom dessa tidvis förhöjda biomassor av korgmussla. Lokal 3 hade i medeltal



Figur 3. Individantal av bottenfauna per m^2 för mudderlokalerna I-IV samt medelvärde för de båda referenslokalerna (V, VI) under studien 1977-1981.

3 gånger högre biomassa än medelvärdet av referenslokalerna medan lokal 4 endast hade drygt halva referenslokalernas medelbiomassa.

Sandmussla påträffas endast vid fyra tillfällen på referenslokalerna. Individerna var små och större bestånd utvecklades ej. På lokalerna 1-4 etablerades arten och påträffades vid första provtagningstillfället. På lokalerna 1, 3 och 4 var förekomsten högst detta första år och var sedan varierande. Medelindividvikten visade att lokal 1 ständigt

hade unga sandmusslor, dvs årlig rekolonisation (tabell 2). Även på lokalerna 3 och 4 försvann äldre musslor efterhand och ersattes vissa år av nya individer. På lokal 2 lyckades de individer som etablerades efter muddertippningen att överleva flera år och medelindividvikten ökade.

Tabell 2. Medelindividvikt (g) för sandmussla (Mya arenaria) på de olika lokalerna respektive år.

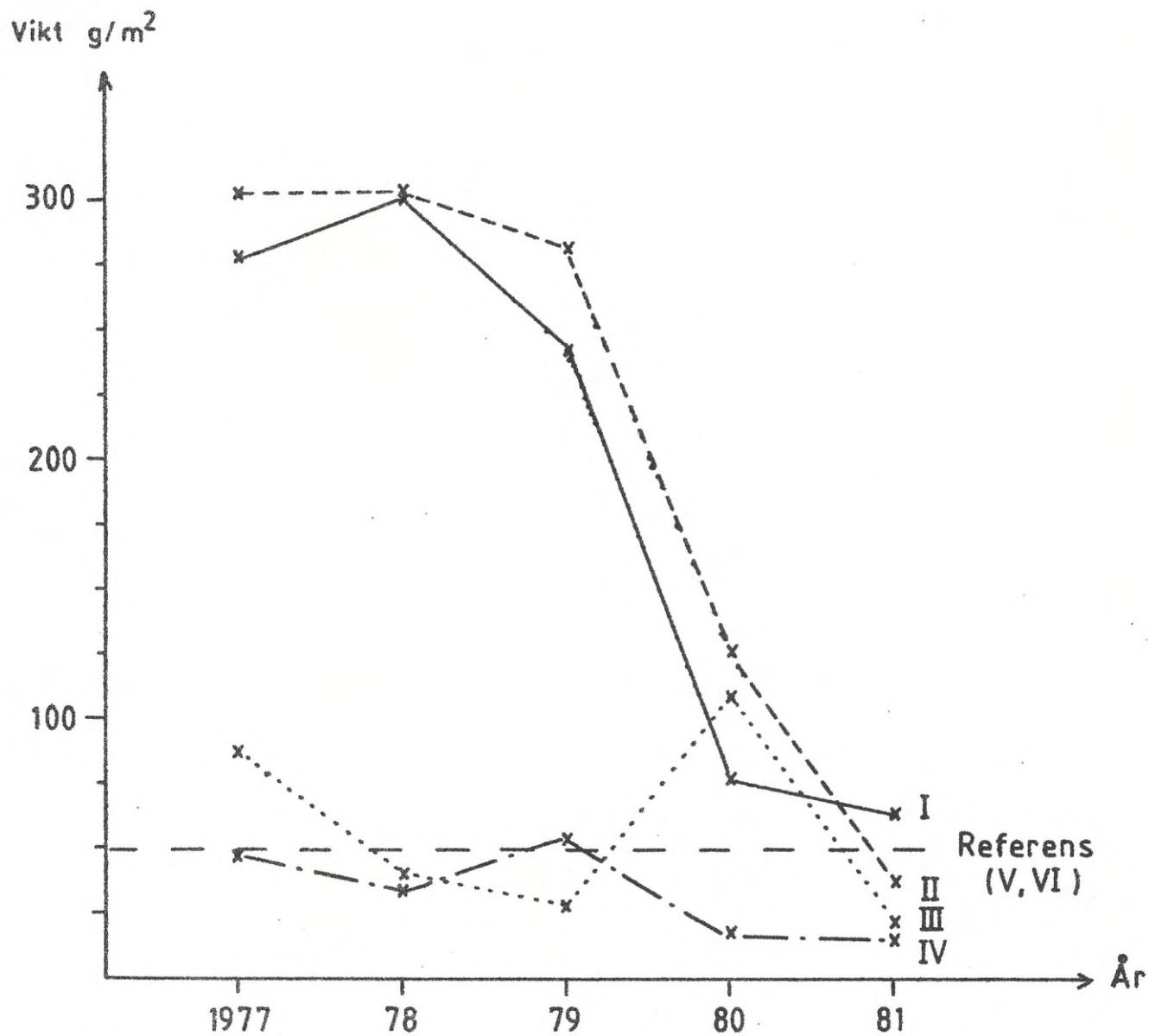
	1977	1978	1979	1980	1981
Lokal 1	0.11	-	0.03	0.04	0.02
Lokal 2	0.17	1.1	6.3	12.7	4.9
Lokal 3	0.76	-	0.06	0.01	-
Lokal 4	0.05	-	0.05	-	-
Lokal 5	-	-	-	0.09	0.01
Lokal 6	-	0.10	-	0.48	-

Blåmussla förekom mycket aggregerat på provtagningslokalerna och förekomsten skiljde mycket mellan enskilda bottenhugg på en och samma station. Arten, framför allt stora exemplar, har därför inte insamlats med nöjaktig precision. På de mjukbottenar som här undersökts låter sig detta svårligen göras med konventionell van Veen-huggare. På referenslokalerna förekom i regel endast småväxta individer och medelindividvikten var 0.01 - 5.9 g. På muddertippningslokalerna 1-4 påträffades ej arten omedelbart, troligen pga tippningen skedde under våren-forsommaren vid musslornas normala settlingstid. Ett och ett halvt år senare påträffades enstaka relativt storväxta exemplar på stationerna 1 och 4. Arten tycks, liksom sandmussla, ha etablerat sig bäst på lokal 2 och år 1981 utgjorde blåmussla över 2 kg/m² på denna lokal (medelindividvikt 7.6 g) Ett ojämt fördelat bestånd fanns också på lokal 3 med en biomassa av 85 g/m² (medelindividvikt 0.8 g).

Förutom sandmussla och blåmussla fanns andra arter som också utgjordes av storväxta individer och där individerna förekom aggregerat. Havstulpaner, Balanus spp, kräver hårbotten för att kunna etablera sig. Indirekt medförde förekomsten av blåmussla att havstulpaner kunde etableras på skalen av levande och döda blåmusslor. Havstulpanerna utgjordes av storväxta individer som liksom blåmusslorna uppträdde aggregerat. På samma sätt fäste sig olika sjöpunger, Ascidier, på skal av större musslor i området. Beräknas biomassan per lokal, frånräknat dessa arter (Mya arenaria, Mytilus edulis, Balanus spp, Ostrea edulis, Ascidier) så blir medelvärdet för referenslokalerna 49.7 g (S.E.7.2 g, n=10) under de fem åren (figur 4, bilaga 7). Lokal 4 hade i medeltal lägre men ej signifikant skild biomassa (U-test). På samma sätt hade lokal 3 i medeltal något högre biomassa än referenslokalerna men var ej signifikant skild. Både lokal 1 och lokal 2 hade signifikant högre biomassa än referenslokalerna. Exklusive Mya, Mytilus, Balanus, Ostrea och Ascidier hade lokal 1 i medeltal 192 och lokal 2 208 g biomassa per m².

Frånsett de arter som uppträder aggregerat med stora individer utgjordes biomassan på muddertippningslokalerna till stor del av korgmussla. Frånräknas även biomassan av denna art blir medelvärdet för referenslokalerna 47.8 g (n=20), dvs exakt samma medelbiomassa som för referenslokalerna (bilaga 8)! Inga statistiska skillnader förelåg vid jäm-

förelser (U-test). Enskilda lokaler skiljde dock. Lokal 4 (n=5) hade signifikant lägre biomassa än lokal 1, 2 och 3 (n=15) (U-test, $p < 0.05$), samt lägre än referenslokalerna (n=10, $p < 0.05$).



Figur 4. Biomassa (g våtvikt per m^2) av bottenfauna exklusive *Mya arenaria*, *Mytilus edulis*, Ascidier, *Ostrea edulis* och *Balanus* spp. Muddertippningslokaler = I-IV medan referenslokaler (V, VI) redovisas som medelvärde för perioden.

4.1.4 Faunalikhet

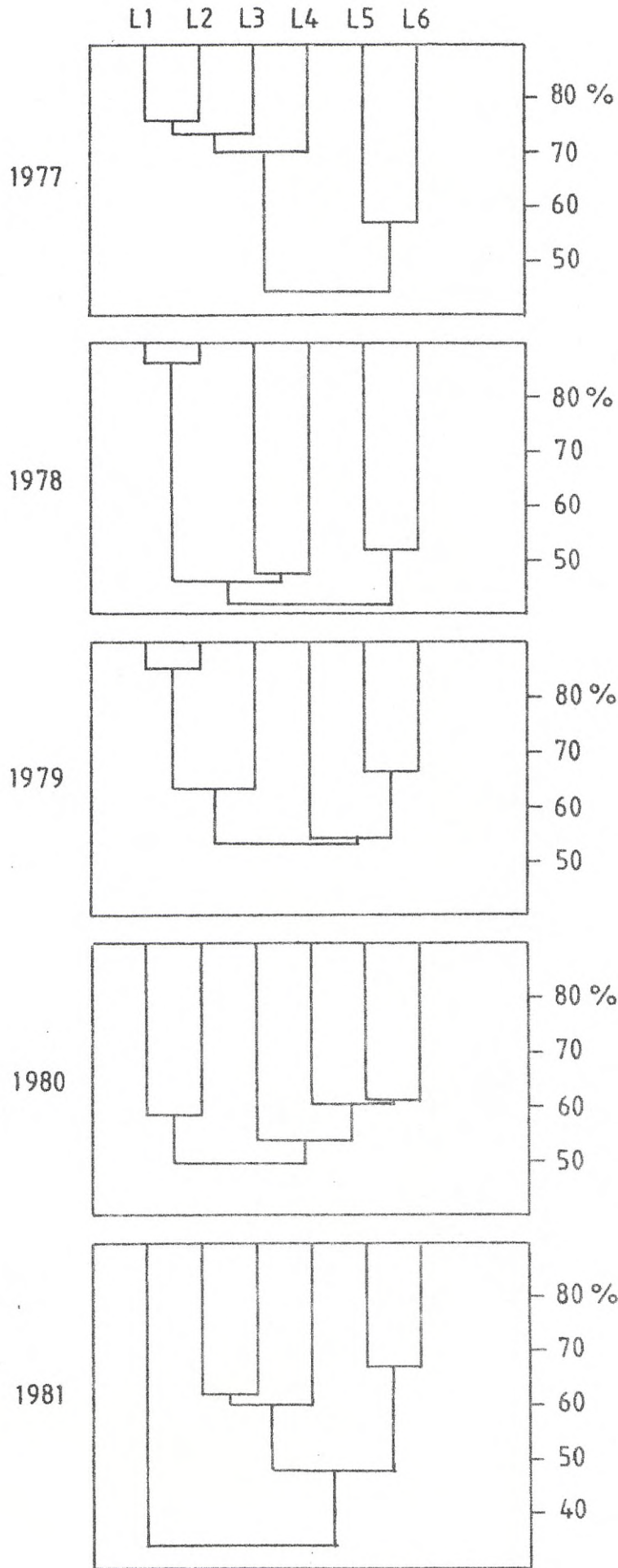
Vid beräkning av faunalikhet visade sig genomgående referenslokalerna vara sinsemellan mer lika än de liknade muddertippningslokalerna. De båda referenslokalernas faunalikhet var mellan 50-70% (figur 5). År 1977 var muddertippningslokalerna sinsemellan lika, till stor del beroende på kolonisation av korgmussla. Påföljande två år skilde kantlokalerna 3 och 4 ut sig medan lokaler 1 och 2 var mycket lika (över 80%). År 1979 fortsatte samma trend - muddertippningslokalerna 1 och 2 var inbördes lika och referenslokalerna var sinsemellan lika medan kantlokalerna intog en mellanställning. År 1980 hade bilden ändrats något. Den tidigare höga likheten mellan lokal 1 och 2 hade minskat. Detta berodde av att korgmussla minskat kraftigt i antal på båda lokalerna och samtidigt övriga arter var mer eller mindre oförändrade. Från och med 1980 framträdde tydligare skillnaden mellan lokal 1's mer typiska faunasammansättning för detta djup, och därmed relativt höga faunalikhet med referenslokalerna, och lokal 2's fauna som till stor del utgjordes av grundvattenformer - ex Mytilus edulis, Mya arenaria, Cardium edule, Asterias rubens, Arenicola marina, Hydrobia spp, Corophium spp. År 1981 förstärkes denna utveckling. Lokalerna 1, 3 och 4 närmade sig alltmer referenslokalernas fauna medan lokal 2 var atypisk för botten på detta djup. Faunalikheten på lokalerna 1,3,4 skiljde ännu så mycket från referenslokalerna att någon återhämtning till förhållandena före muddertippning ännu ej kunde sägas ha skett.

4.1.5 Dominerande arter

De antalsmässigt dominerande fem arterna på respektive lokal rankades respektive år (tabell 3). Nedan följer en genomgång av flertalet av de arter/släkten som någon gång under perioden utgjorde en av de fem abundantaste på någon lokal. Sandmussla (Mya arenaria), Borrarmussla (Pholas candida), havstulpaner (Balanus spp) och Blåmussla (Mytilus edulis) har behandlats ovan.

Corbula gibba: Att så stor förändring i individantal skedde mellan provtagningarna år 1979 och 1980 berodde av att korgmussla drastiskt reducerades i antal på lokalerna 1-3 (figur 3). Till stor del kan detta ha berott av att musslan normalt inte blir äldre än 2-3 år, dvs förändringarna skulle vara naturliga.

Korgmusslans medelindividvikt ökade på lokalerna 1-4 från 10-18 mg år 1977 till 17-63 mg påföljande år (figur 6). På lokalerna 1,2,4 fortsatte medelindividens att öka ytterligare ett år (bilaga 9). Referenslokalerna hade åren 1977-81 medelindividvikter för arten av 6-84 mg utan något bestämt mönster, dvs nykolonisation av unga individer skedde i olika utsträckning på lokalerna. Individerna på lokal 5 var så stora att de inte torde ha koloniserat 1977 efter muddertippningen utan merparten etablerat sig under 1976. År 1980 utgjorde dock ett undantag. På båda referenslokalerna hade då de äldre exemplaren av arten försvunnit och individerna bestod av unga nytilkomna exemplar. Detta återspeglades i viss mån också i individantalen - lokal 5 hade för lokalen ovanligt många exemplar av arten och lokal 6 ovanligt få. Således hade korgmusslapopulationen påverkats mellan år 1979 och 1980 på samtliga sex lokaler. Då populationerna på referenslokalerna inte kan sägas ha etablerats som en följd av muddertippningen torde inte populationernas åldersstruktur vara orsak, eller enda orsak, till



Figur 5. Dendrogram över faunalikhet för de undersökta bottenfaunalokalerna åren 1977-1981 i Hakefjorden.
L1-L4=Muddertippningslokaler
L5-L6=Referenslokaler

förändringen. En yttre faktor måste ha verkat över hela området. Kraftiga stormar påverkade de grunda bottenarna i Stenungsundsområdet vintern 1979-80. Detta torde speciellt påverka korgmussla då den ligger nedgrävd i löst sedimentyttskikt. Smith (1980) har också påtalat effekt av stormar i Hakefjorden på bottenfaunasamhället.

En annan art som ligger nedgrävd i sedimentets ytskikt är Phaxas pelucidus, liten slidmussla. Liksom korgmussla förekom den i höga tätheter på lokaler 1-4 efter muddertippning, men arten hade även ökat på referenslokalerna jämfört med medelförekomsten åren 1977-81.

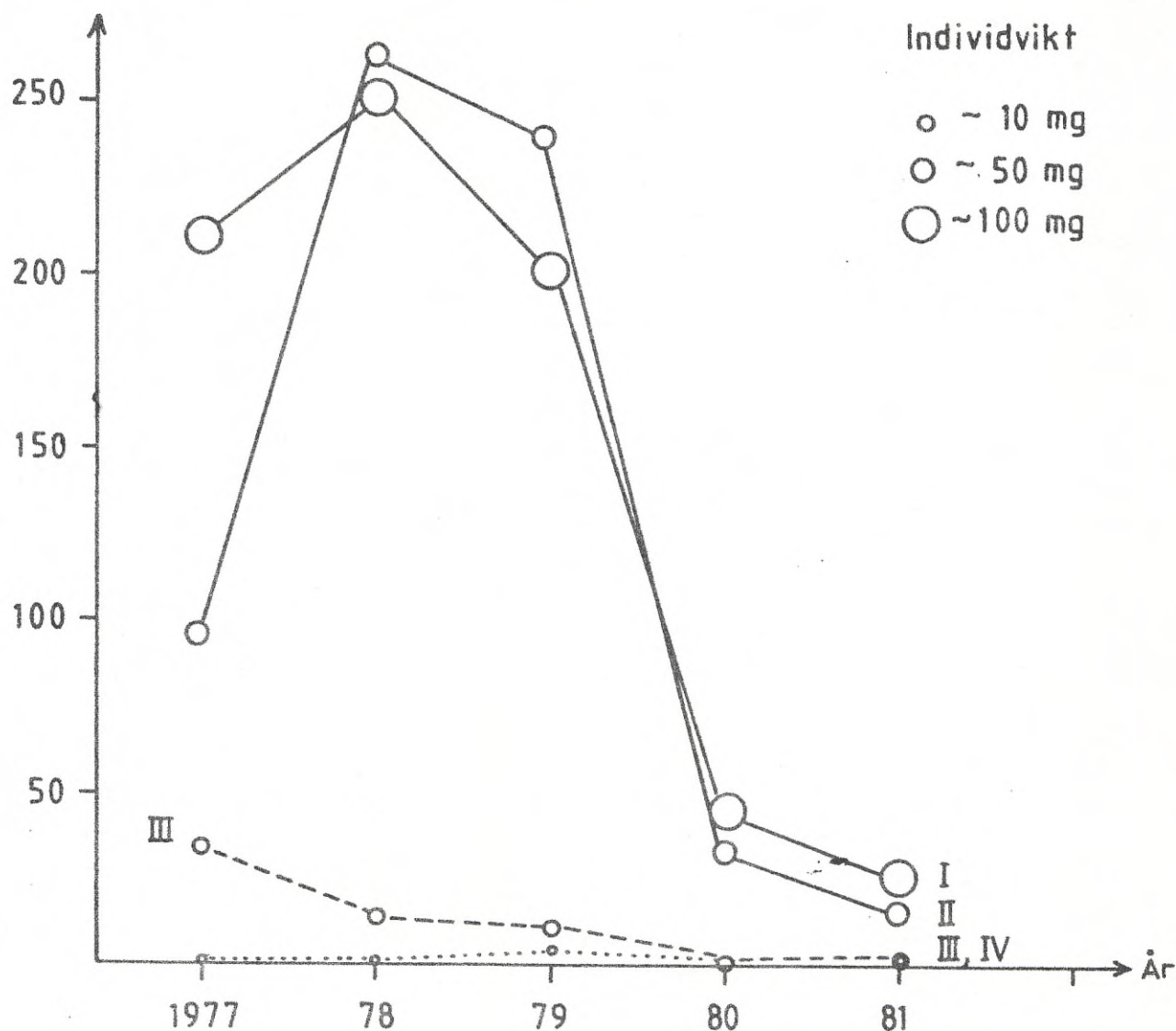
Påföljande år decimerades populationen och ytterligare ett år senare påträffades inte ett enda exemplar av arten på de sex lokalerna. År 1980, efter stormomblandning av bottenarna, uppträdde liten slidmussla åter på lokalerna 1-3 samt referenslokalerna. Tätheterna på mudderlokalerna var nu i paritet med referenslokalerna medan de omedelbart efter muddertippningen varit dubbelt så höga dvs troligen en effekt av ökad konkurrens och predation på bottenar som varit naturligt störda av stormomblandning jämfört med den större störning som orsakades av muddertippningen.

Den lilla musslan Mysella bidentata är i området framför allt en djupvattenform som uppträder rikligt på bottenar under språngskiktet (Ahlfors 1980, Smith 1980). I områden med större salthalt, ex Nordsjön (Eisma 1966), förekommer arten rikligt även på grunt vatten. I medeltal förekom 52 individer/m² på referenslokalerna under femårsperioden. Vid provtagningen omedelbart efter muddertippningen saknades arten på samtliga muddertippningslokaler. År 1978-79 påträffades arten i tätheter kring 1000 individer/m² på lokal 3. Även lokal 1 hade relativt höga individantal 1978 och lokal 4 år 1979. På lokal 2 uppnådde arten från och med 1978 tätheter överensstämmande med de på referenslokalerna. Den grundvattenbetonade faunan på lokal 2 var således den enda muddertippningslokal som inte uppvisade kraftig rekolonisation av Mysella bidentata.

Cardium edule (hjärtmussla) etablerades på lokalerna 1 och 2 omedelbart efter tippningen. Endast på lokal 2 bibehölls populationen genom hela studien. (Hjärtmussla är, liksom sandmussla och blåmussla som också dominerade på lokal 2, främst en grundvattenart). Individerna på lokal 2 tillväxte och medelindividvikten ökade från ca 750 mg år 1977 till 1500 mg år 1979. Efterhand minskade individantalet och medelindividvikten, dvs de gamla individerna från den stora kolonisationen efter muddertippningen dog undan medan en viss liten nykolonisation förekom.

Musslan Spisula subtruncata uppträdde årligen med unga exemplar på referenslokalerna. I medeltal fanns 6 (0-24) exemplar med en medelindividvikt av 56 mg. Exemplar som, utgående från skallängd, bedömdes vara över ett år påträffades ej. Efter muddertippningen skedde nykolonisation av arten på mudderlokalerna. Förutom att tätheten översteg referenslokalernas - medel 104 per m² år 1977 - var också medelindividvikten betydligt högre - i medeltal 166 mg. Trots att beståndet av arten var 17 gånger större än referenslokalernas var medelindivid 3 ggr tyngre. Förutsatt att arten kommit till respektive bottenområden vid samma tidpunkt på året har populationen utvecklats gynnsammare på mudderlokalen. Spisula subtruncata är suspensionätare, dvs livnär sig på ur vattnet filtrera uppslammat/buret material. Till del var troligen tillgången på sådant material större på muddertippningsområdet där

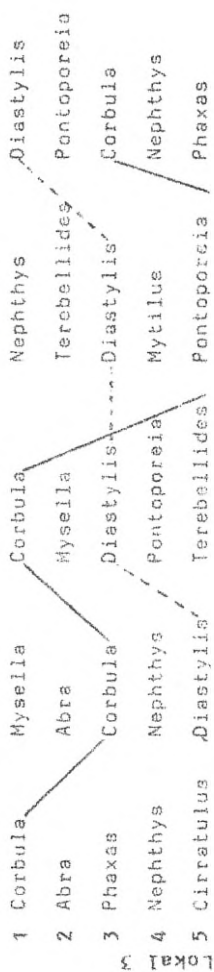
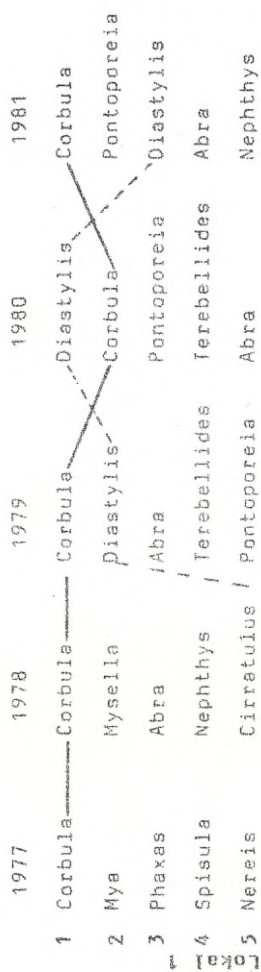
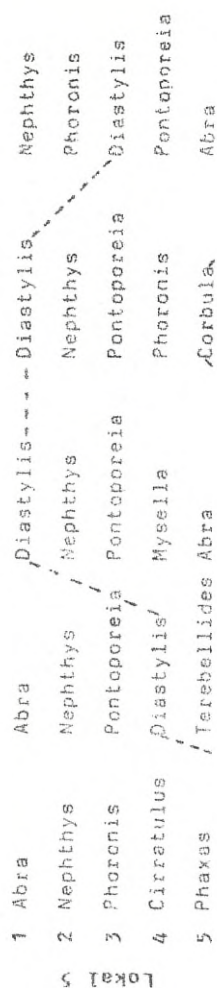
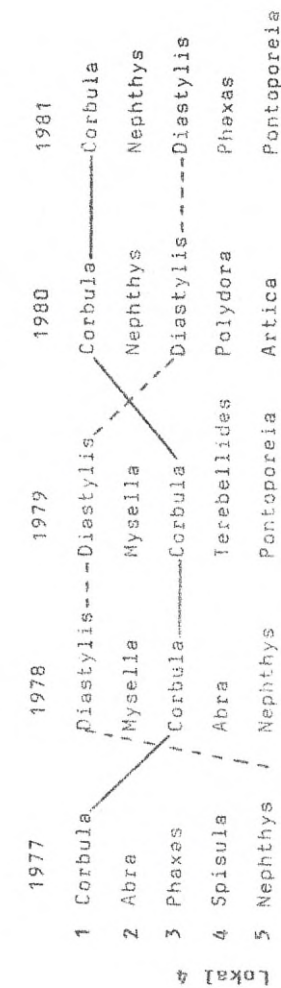
Våtvikt för arten
(g/m²)



Figur 6. Biomassa (g/m²) och medelindividvikt (mg) av *Corbula gibba* på muddertippningslokalerna I-IV åren 1977-1981

tippning skett under en längre tidsperiod, sedimenten inte stabiliserat sig och vind- och vågerosion inte jämnat ut botten. Individerna som etablerat sig på lokalerna 1 och 2 tillväxte påföljande år och på den senare lokalen förekom stor andel stora exemplar (medelindividvikt 2.8 g) år 1980. År 1981 förelåg inga tydliga skillnader i förekomst eller medelindividvikt mellan mudder- resp referenslokaler.

De depositionsätande musslorna av släktet *Nucula* förekom under studien med i medeltal 31 individer/m² på referenslokalerna. Inga större förändringar skedde mellan åren. På mudderlokalerna förekom 2-12 individer på de olika lokalerna åren 1977-79. Lokal 2 och 4 hade bara *Nucula* spp vid ett provtagningstillfälle vardera. Arten *Nucula nitida* är annars karakteristisk för hårda lerbottnar strax ovanför språngskiktet i



Tabell 3. Individuellt dominerande arter/släkten (rankade från 1 + 5) på respektive lokal åren 1977-1981. Arterna Corbula gibba respektive Diastylis rathkei sammanbundna med streck för tydlighet.

området (Molander 1962). Då arten uppträder likartat med Corbula gibba, fränsett att den förra gräver något djupare i sedimentet, och försvunnit på de lokaler (1-4) som hade betydligt förhöjda tätheter av Corbula gibba kan orsaken till att Nucula spp saknas vara konkurrens från Corbula gibba. Liknande iakttagelser har rapporterats av Pearson (1971).

Hydrobia spp, tusensnäckor, förekom från år 1977 sporadiskt i fåtal exemplar, 2-14 per m², på referenslokalerna. Från och med 1978 var förekomsten likartad på mudderlokalerna, men år 1977 efter tippningen hade lokal 1 och 2 80 resp 1084 exemplar per m². Återigen uppträdde således en grundvattenart i höga tätheter på lokal 2.

Musslan Abra nitida utgjordes huvudsakligen av unga exemplar i undersökningen. Arten är dominerande på något djupare belägna bottnar, under språngskiktet i området (Svedmark 1968, Molander 1962, Ahlfors 1980, Smith 1980). Abra nitida har stora temporala variationer i täthet (Buchanan et al 1974) och tätheten på referenslokalerna var från 44 till 1288 per m² åren 1977-1981. Arten återfanns på muddertippningslokalerna direkt år 1977 och tätheterna var ej statistiskt signifikant skilda från referenslokalernas (U-test, n=20,10). Tätheterna av arten varierade mellan lokalerna men samtliga lokaler hade lägst täthet av arten 1980 och högst täthet år 1977 eller 1978. För referenslokalerna förelåg en samvariation i antal av arten per m² (Spearman Rank korrelation, p < 0.1). Artens förekomst var till del negativt korrelerad med förekomsten av Diastylis rathkei och Pontoporeia femorata.

De depositionsätande kräftdjuren Diastylis rathkei och Pontoporeia femorata uppvisade liksom många andra av de dominerande arterna fluktuationer i individantal mellan åren. Diastylis rathkei varierade mellan 50-592 per m² och Pontoporeia femorata mellan 12-154 per m² på referenslokalerna, dvs båda varierade maximalt med cirka en faktor 12. År 1977 hade respektive mudderkokal lägre tätheter av Diastylis rathkei än de hade påföljande fyra åren. Tätheterna var även låga på referenslokalerna. Övriga år var skillnaderna mellan åren större än skillnaderna mellan tippnings- respektive referenslokaler. År 1977 var individantalen högst på de flesta lokalerna, men till skillnad mot flera arter av musslor som minskade i antal efter stormen 1979 var individantalen av Diastylis rathkei fortfarande relativt höga 1980 medan Pontoporeia femorata minskat i större utsträckning. De båda arternas samvariation mellan åren var stor och ett starkt statistiskt signifikant positivt samband förelåg (Spearman Rank korrelation n=30, Rs=0.83, p<0.001). Arternas rörlighet torde medföra att de snabbt borde kunnat återkolonisera mudderkokalen men naturliga variationer inom det undersökta havsbottenområdet har överskuggat de direkta effekterna av muddertippningen.

Den allätande, från depositionsätare till predator på större Lamelli-brancher (Blegvad 1914), ormstjärnan Ophiura texturata är relativt mobil. Förekomsten på referenslokalerna var mellan 6-26 individer/m², i medeltal 17, med en medelindividvikt under 0.1 g. På deponeringslokalerna 1,3,4 förekom år 1977 i medeltal färre individer - 7.3/m² - men individerna var av mellanstorlek 0.1-0.25 g. Exemplaren på lokal 2 utgjordes enbart av små exemplar med medelindividvikt av 0.025 g. Fullvuxna exemplar (tyngre än 0.4 g) förekom undantagsvis på mudderkokalerna tillsammans med små exemplar.

Den depositionsätande haysborstmasken Terebellides stroemi förekom med mellan 10-66 individer/m² på referenslokalerna åren 1977-81. I medeltal förekom 32 st/m². Omedelbart efter muddertippning saknades arten på lokalerna 1, 2 och 4 medan 4 individer per m² förekom på lokal 3. Lokal 1 hade genomgående fler individer av arten än referenslokalerna de följande åren. Lokal 3 och 4 hade omväxlande låga och höga tätheter av arten.

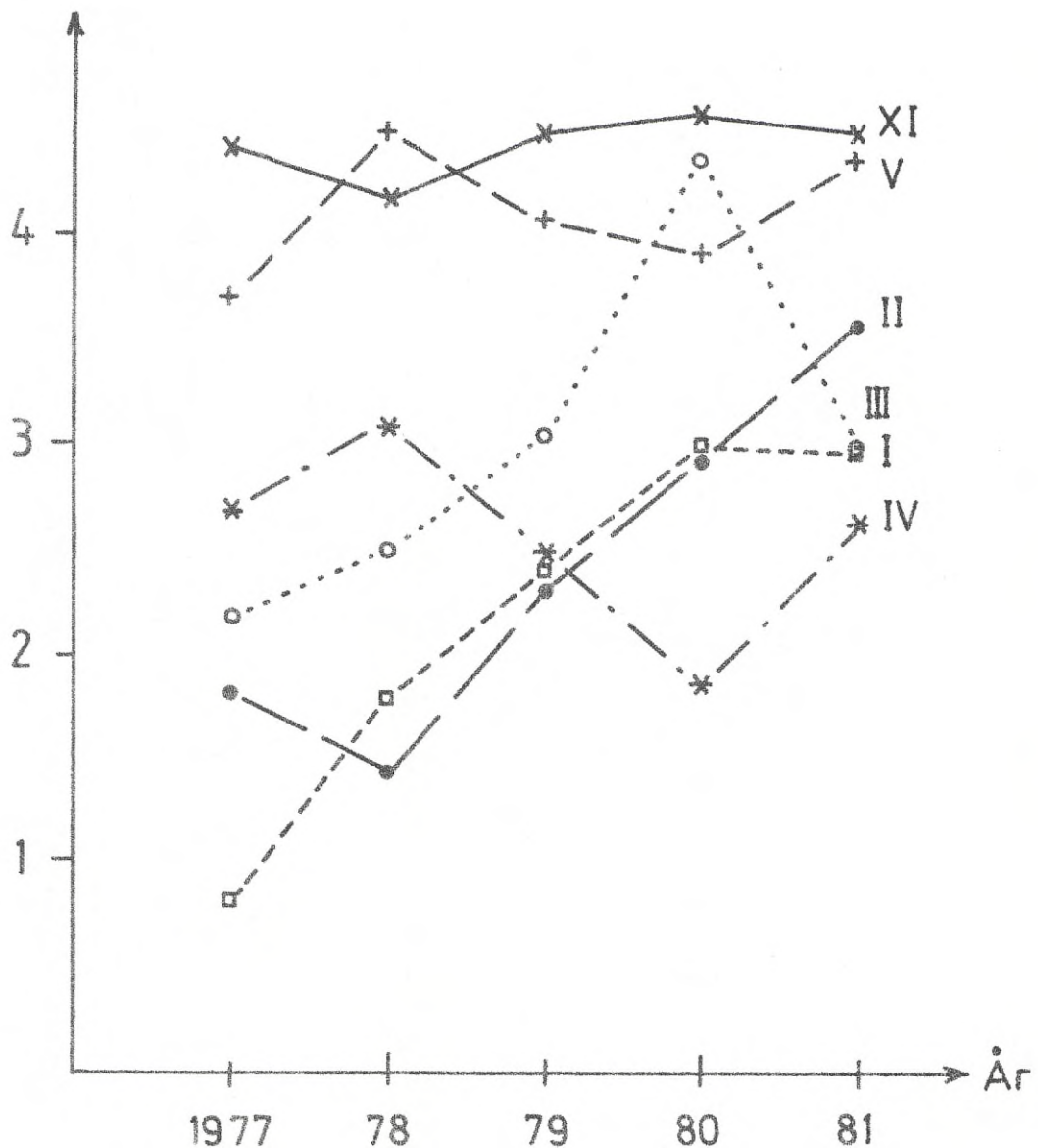
De frilevande grävande rovbörstmaskarna av släktet Nephtys (N. hombergi och N. incisa) förekom i en täthet av 100-306 (medel 190) individer/m² på referenslokalerna de olika åren. Hösten 1977 förekom endast 4 respektive 18 individer av släktet på mudderlokalerna 1 och 2 medan kantlokalerna 3 och 4 hade 118 resp 60 individer/m². Återkoloniseringen hade således gått snabbare till kantlokalerna som var närmare belägna intakta bottnar varifrån Nephtys spp. kunde komma. Från och med år 1978 hade mudderlokalerna 1-3 tätheter av 64-282, dvs motsvarande vad som förekom på referenslokalerna. På lokal 4 lyckades inte lika stor population etablera sig och efter muddertippning förekom 48-82 individer/m², eventuellt en effekt av det tunnare, nästan obefintliga, lagret av mjukare sediment ovanpå den styva deponerade leran.

Rovbörstmaskar av släktet Nereis (huvudsakligen N. diversicolor och N. virens men även enstaka N. succinea) förekom sparsamt på referenslokalerna - 0-12 individer/m². Omedelbart efter muddertippningen förekom fler Nereis spp. per ytenhet på mudderlokalerna - 34-148 individer/m². Redan påföljande år hade tätheterna minskat på lokalerna 1, 3 och 4 till värden motsvarande referenslokalernas. På lokal 2 förelåg genomgående högst tätheter av Nereis spp, högst omedelbart efter tippningen. De rörliga arterna av släktet Nereis torde ha stor möjlighet att snabbt återbesätta lämpliga bottnar.

4.1.6 Diversitet

Diversiteten enligt Shannon-Wiener, H, var på referenslokalerna 3.7-4.6 (figur 7, bilaga 10). Mudderlokalerna 1-2 hade diversitet under 2 som sedan successivt ökade till 2.9 respektive 3.6. Kantlokalerna 3 och 4 uppvisade större fluktuationer. För lokal 3 förelåg dock en ökande diversitet fram till 1980, då diversiteten var jämförbar med referenslokalernas. Påföljande år var diversiteten åter lägre och i paritet med övriga mudderlokaler. Den relativt höga diversiteten år 1980 berodde av att samtidigt som Corbula gibba minskade i abundans tillkom tillfälligt några grundvattenarter, exempelvis Corophium volutator, samt arter knutna till vegetation, exempelvis Psammechinus miliaris och Pthisica marina. Utav fem bottenhugg på lokaler år 1980 hade tre mer utpräglad grundvattenfauna och två prov fauna mer typisk för muddertippningsområdet. Sedimentet bedömdes dock vara likartat. Troligen utgjordes de tre förra huggen av botten som inte överlagrats av muddermassor. Då båten låg stilla vid de fem bottenhuggen visar resultatet svårigheten att exakt lokalisera kantlokalerna. Påföljande år, 1981, uppvisade lokal 3 en faunasammansättning i överensstämmelse med den som påträffats 1977-79.

Diversitet



Figur 7. Diversitet (H enligt Shannon-Wiener) för de sex undersökta bottenfaunalokalerna åren 1977-1981 i Hakefjorden.

Diversitetsindexet J , jämnhet, var på referenslokalerna 0.61-0.81, medan J på mudderlokalerna var 0.15-0.54 år 1977. Efterhand ökade J på mudderlokalerna och var år 1981 0.58-0.67. Även diversitetsindexet d (artrikedom) följde initialt indexen H och J . Artrikedomen var 3.8-5.5 på mudderlokalerna år 1977 och ökade, sedan men sjönk åter med de minskade artantalerna år 1981 till 2.4-4.8.

Diversitetsindexen visade på en initialt snabb återhämtning som under 1980-81 avstannade och mudderlokalerna var då ännu ej av referenslokalernas status.

4.2 Fiskförekomst

Provfisken genomfördes vid sex tillfällen åren 1977 - 1980. Samtliga fisken utfördes efter genomförd muddertippning (tabell 4).

Tabell 4. Provfiskedatum och provfiskelokaler.

Provfiskedatum	Tippningslokal	Referenslokal.
1977 - DECEMBER	x	x
1978 - MAJ	x	
1978 - OKTOBER	x	
1979 - OKTOBER	x	
1980 - MAJ	x	x
1980 - OKTOBER	x	x

Tabell 5. Antal fångade fiskarter.

	Tippningslokal	Referenslokal
	Antal arter	Antal arter
1977 - DECEMBER	5	6
1978 - MAJ	5	-
1978 - OKTOBER	4	-
1979 - OKTOBER	5	-
1980 - MAJ	5	5
1980 - OKTOBER	6	4
Medeltal	5.0	5.0

Antalet fångade fiskarter var 4-6 vid de respektive provtagningstillfällena och ingen skillnad förelåg mellan referenslokal och tippningslokal. Ej heller förelåg någon skönjbar trend på lokalerna (tabell 5).

I medeltal fångades 16.5 fiskar per 10 nät på mudderlokalen och 27.9 på referenslokalen. Den högre fångsten på den senare berodde fr a av hög fångst av rödspotta, skrubba och sandskädda i oktober 1980 (figur 8). Någon statistiskt signifikant skillnad i totalantal fångade fiskar per nät förelåg ej (bilaga 3). Ej heller förelåg någon trend i totalfångsten på muddertippningslokalen. De höga fångsterna hösten 1980 på referenslokalerna kan bero av flera faktorer. Rödspotteförekomsten varierar år från år. Det är känt att förekomsten av rödspotta var ovanligt stor i hela Hakefjordsområdet under påföljande år (Kustfiskeutredningen 1983).

För enskilda arter kan man notera att inga markanta förändringar i fångst skett under perioden även om fångsterna varierat.

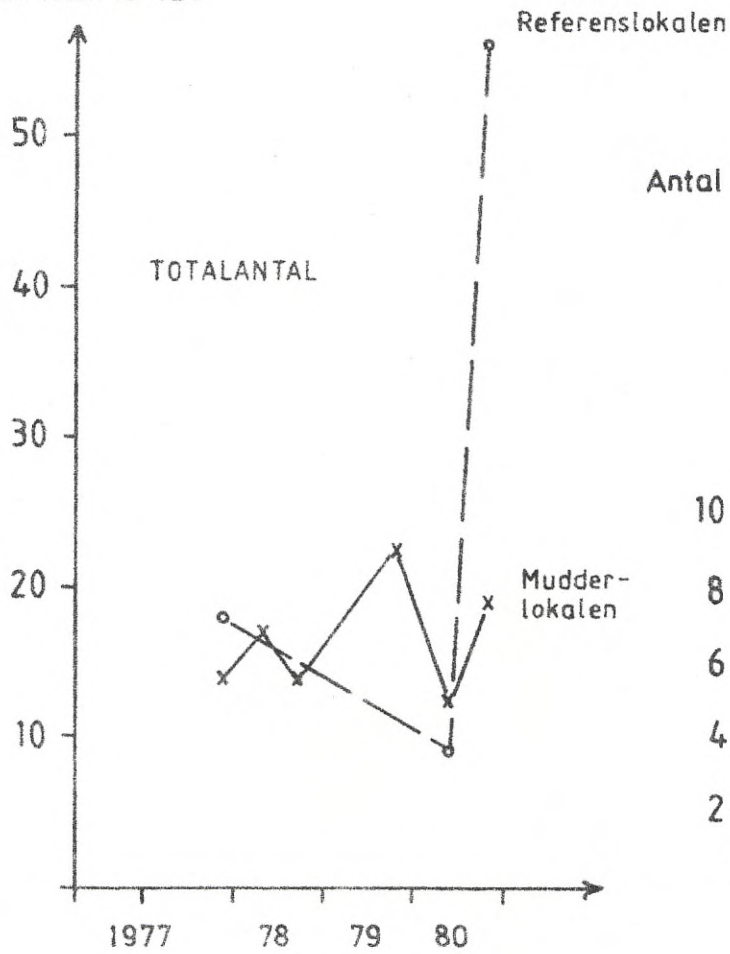
Vid jämförelse (Chi-2-test) mellan provfiskeresultat på mudder- resp referenslokalen förelåg endast signifikant skillnad ($p < 0.05$) oktober 1980. Denna enstaka skillnad får dock, enligt ovan, tillskrivas andra orsaker än muddertippningen.

Längdfördelningen hos fångad fisk (ex bilagor 11-12) skiljde ej markant mellan deponerings- och referenslokalerna.

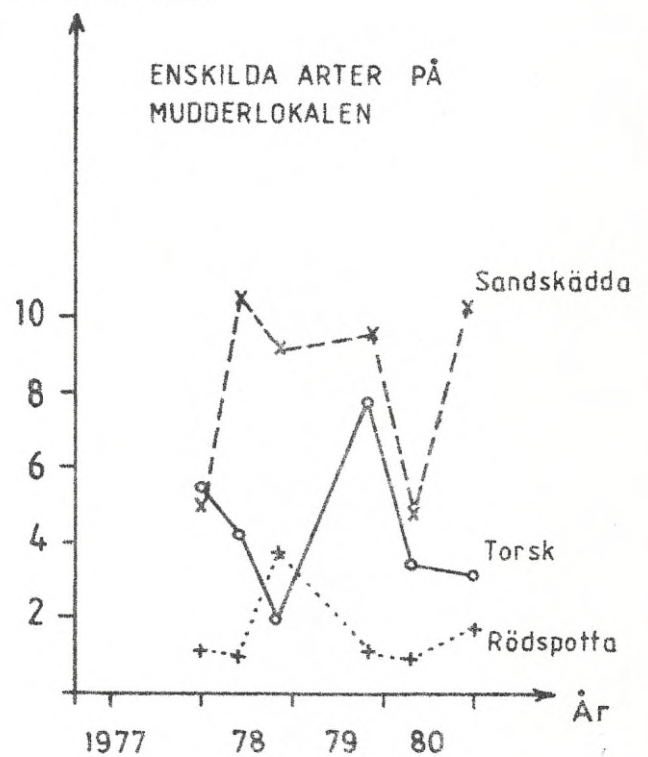
Vid beräkning av faunalikhet mellan provfiskeresultatet framgick att mudderlokalerna var sinsemellan lika frånsett vid fisketillfället hösten 1977 (figur 9). Referenslokalerna uppvisade varierande likhet

sinsemellan och särskiljde sig inte markant från mudderlokalerna.

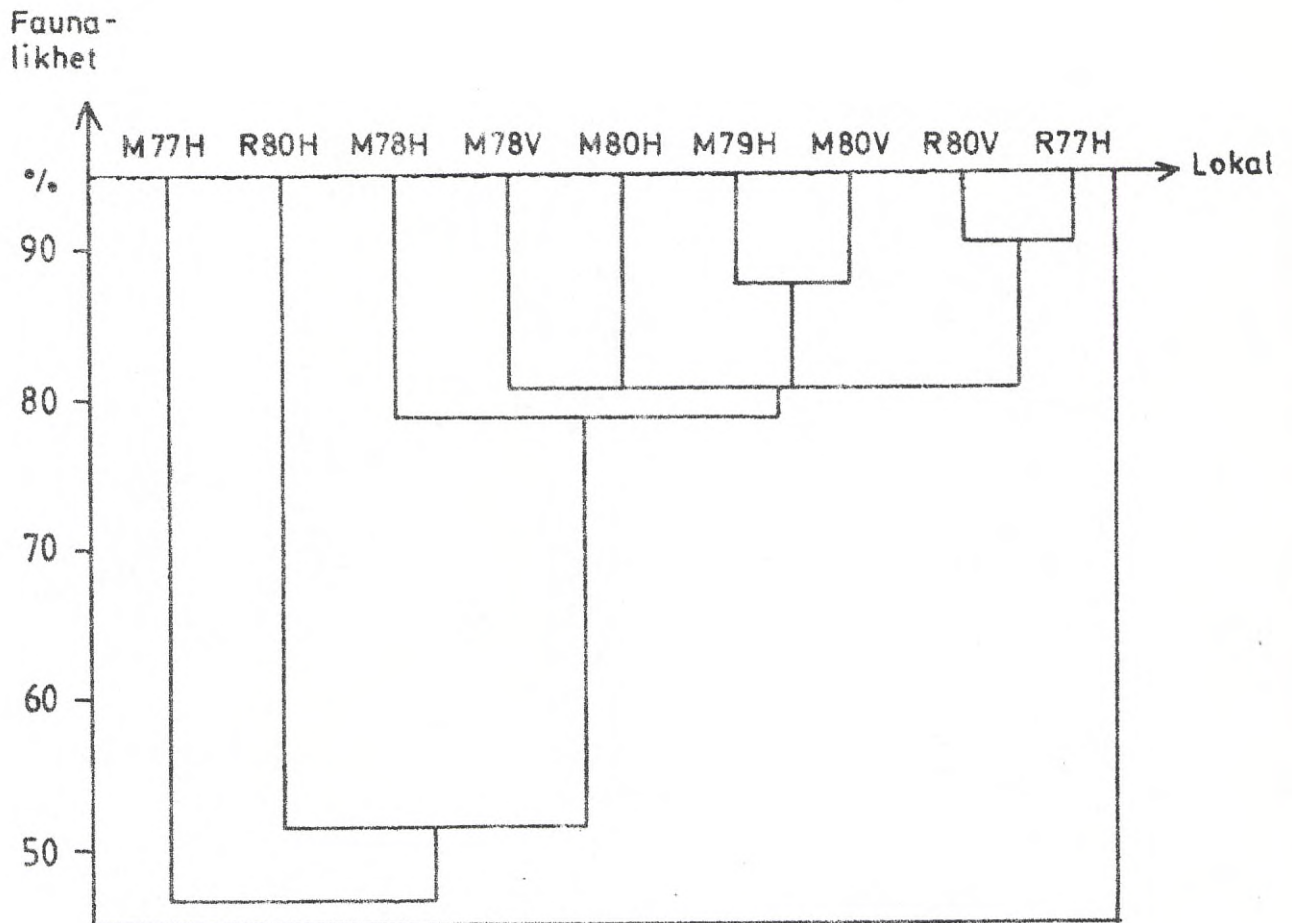
Antal fisk/10 nät



Antal fisk/10 nät



Figur 8. Antal fångade fiskar per 10 nät vid provfiske på muddertippningslokalen respektive referenslokalen 1977 till 1980 (Data i bilaga 3).



Figur 9. Faunalikhet mellan provfiskefångst på mudderlokaler (M) och referenslokaler (R) åren 1977-1980 (77-80). Vårprovtagning betecknas V och höstprovtagning betecknas H.
Ex: M77H=Mudderlokaler, hösten, 1977.

Vikten av fångad fisk på mudder- resp referens lokalen följde väl antal fångade fiskar och ingen statistiskt påvisbar skillnad förelåg med avseende på fångsten. I medeltal fångades 7.2 kg fisk per 10 nät på mudderlokalen och 10.4 kg på referenslokalen. Skillnaden berodde åter av ett enstaka tillfälle - oktober 1980 - med hög fångst på referenslokalen (bilaga 4).

4.3 Fiskens födoval

Fiskens födoval studerades på hela provfiskematerialet från maj resp oktober 1978.

Torsk: Noteras bör att referenslokal för fisket inte överensstämmer med referenslokal för bottenfauna. Bottenfaunan på referenslokal för provfiske undersöktes dock översiktligt år 1978 (bilaga 5). Totalt analyserades maginnehåll hos 69 torskar. Skillnad i födoval förelåg mellan torsk från mudder- resp referenslokalen (figur 10). Torsk från referenslokalen hade ätit mindre andel kräftdjur och mer tagghudingar. Skillnaden torde bero av att torsk vid mudderlokalen ätit mer strandkrabba medan ormstjärnan Amphiura spp dominerade bottensamhället på referenslokalen. Födovallet återspeglar således den naturliga skillnad som uppkommer av vattendjupet - ca 10 resp 10-30 m. Vissa av torskarna hade specialiserat sig på att äta Amphiura spp - i maj 1978 hade 20% av torskarna enbart ätit denna art och i oktober var denna den enda art av tagghuding som ätits. Strandkrabba förekom endast i liten utsträckning i bottenhuggen på mudderlokalen och inte alls på deponeeringslokalen. De torskar som hade ätit av arten hade troligen ätit den på ännu grundare bottnar. Bland polychaeter var Nereis och Nephtys de vanligaste i födan och bland mollusker dominerade nakensnäcken Philine aperta, som ensam utgjorde 70% av den intagna volymen mollusker på båda lokalerna sammantaget i maj 1978.

Förutom strandkrabba hade torsken bland kräftdjuren ätit Diastylis rathkei och Pontoporeia femorata. Enstaka sandräkor (Crangon crangon) förekom också.

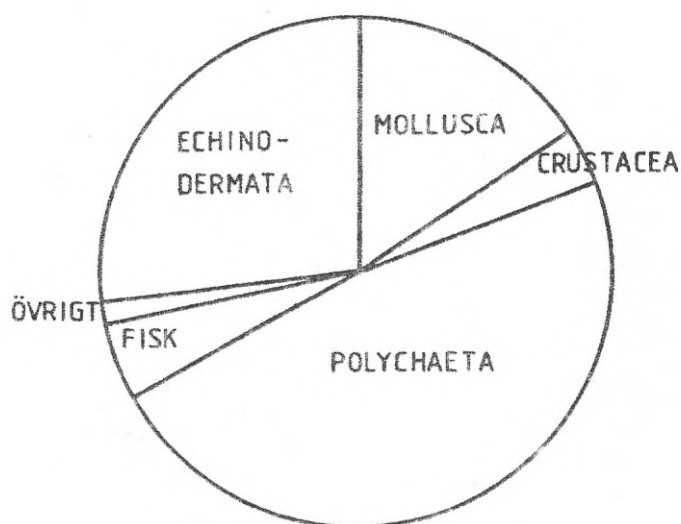
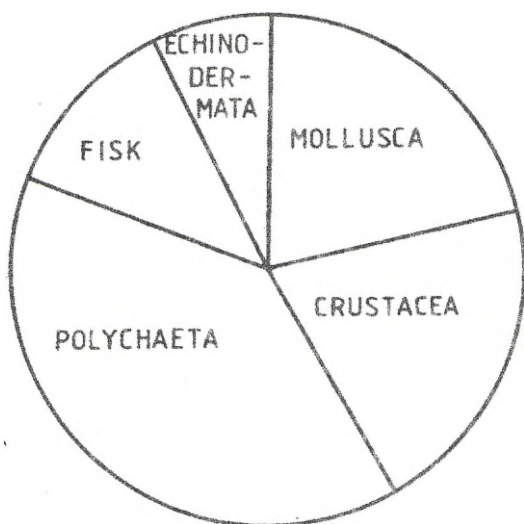
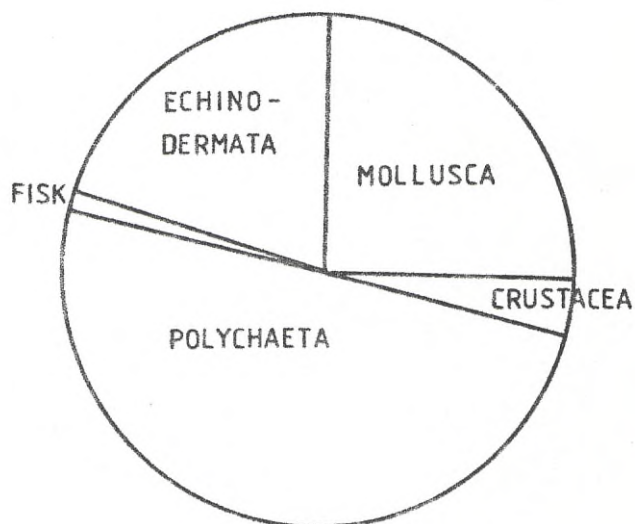
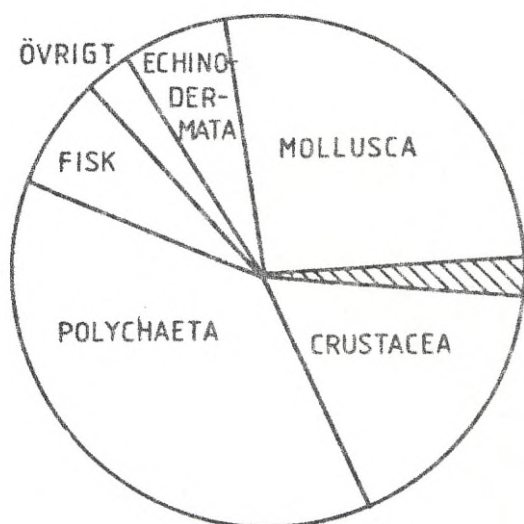
I huvudsak förelåg inga skillnader i födoval mellan maj och oktober (1978) på de respektive lokalerna (tabell 6).

Den på mudderlokalen så dominanta musslan Corbula gibba påträffades i oktober enbart i en av tippningslokalens åtta torskar och i denna torsk fanns endast en enda individ av denna mussla. På referenslokalen saknades musslan helt i maginnehållet hos de infångade torskarna. Också i maj påträffades musslan endast i liten utsträckning och ofta låg musslan intakt i torskarnas tarmkanal.

Figur 10. Torskens födoval på deponerings- och referenslokal. Mollusken *Corbula gibba* har markerats med snedstreck inom gruppen mollusca. Figurerna visar de olika djurgruppernas procentuella andel av den intagna volymen biomassa.

Deponeringslokal

Referenslokal



MAJ 1978

OKTOBER 1978

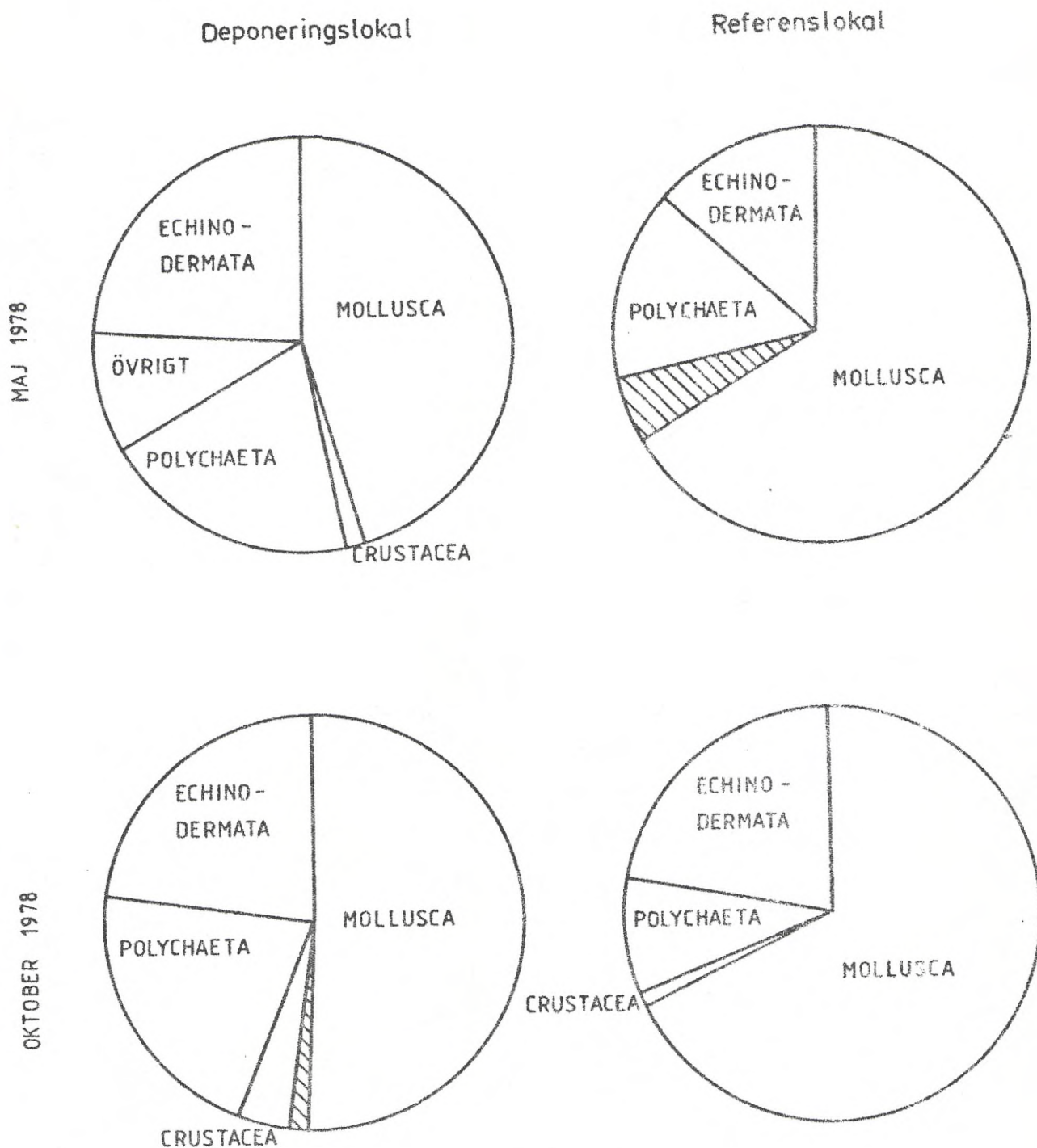
Tabell 6. Andelen fiskar av totalantalet, fördelad på torsk och plattfisk (rödspotta, skrubba, sandskädda och lerskädda), som konsumerat någon eller några av de dominerande djurgrupperna. Observera att en fisk kan ha valt bytesdjur ur flera olika djurgrupper.

Maj 1978		Deponeringslokalen	Referenslokalen	Djurgrupp
Torsk		64%	71%	Mollusca
Plattfisk		94%	100%	
Torsk		71%	86%	Polychaeta
Plattfisk		46%	45%	
Torsk		36%	14%	Crustacea
Plattfisk		46%	44%	
Torsk		7%	28%	Echinodermata
Plattfisk		14%	8%	
Torsk		43%	14%	Övriga grupper
Plattfisk		4%	1%	
Oktober 1978		Deponeringslokalen	Referenslokalen	
Torsk		50%	62%	Mollusca
Plattfisk		86%	92%	
Torsk		75%	86%	Polychaeta
Plattfisk		52%	42%	
Torsk		50%	11%	Crustacea
Plattfisk		46%	42%	
Torsk		13%	35%	Echinodermata
Plattfisk		8%	12%	
Torsk		38%	43%	Övriga grupper
Plattfisk		0%	2%	

En av de undersökta torskarna hade helt tom mage.

Rödspotta:
- Maj 1978:

Hos rödspottorna, 11 st, var mollusker den klart dominerande gruppen med 91.5% av den totala födovolymer (figur 11). *Phaxas pellucidus* (liten slidmussla) var den vanligast förekommande bland dessa och utgjorde 66 resp 65% av alla konsumerade mollusker på de båda lokalerna. *Corbula gibba* påträffades ej hos rödspottor från tippningsområdet, men utgjorde 5% av födovallet (av totalvolymer) på referenslokalen. Lika



Figur 11. Rödspottans födoval i volymsprocent av den intagna födovolymer. Figuren till vänster avser deponeringslokalen och figuren till höger visar förhållandet hos fiskarna i provfiskereferensområdet vid Mitholmarna. Corbula gibba har markerats med snedstreck inom gruppen Mollusca.

stor del av totalvolymen från referenslokalen bestod av sifoner från Mya arenaria, som ej heller återfanns i fisk från tippningsområdet.

Tagghudingar utgjordes liksom hos torskarna, enbart av ormstjärnan Amphiura spp. Kräftdjur hade bara konsumerats på deponeringslokalen, det var framför allt arterna strandkrabba och Diastylis rathkei.

- Oktober 1978:

Rödspottorna, 15 från dep.- och 12 från ref.-lokalen, hade till övervägande del konsumerat mollusker (figur 11). Arterna Phaxas pellucidus, och Abra spp. (till större delen A. nitida) dominerade bland molluskerna och utgjorde 32 resp 17% av födovolymen på dep.-lokalen och 21 resp 38% av födovolymen på referenslokalen.

Den, på deponeringslokalen, abundanta musslan Corbula gibba förekom endast mycket sparsamt hos fiskar från denna lokal. På ref.-lokalen hade ingen av rödspottorna konsumerat denna art.

Polychaeterna var, i båda områdena, till stor del av släktena Nereis och Nephtys. Terebellides stroemi utgjorde 25% resp 10% av den totala födovolymen av polychaeter på de bägge lokalerna. Echinodermerna var lika frekventa i maginnehållet hos fiskarna från båda lokalerna. Till övervägande del var det Amphiura spp som ätits, men även ett exemplar av vardera Ophiura texturata (dep.-lokalen) och Ophiura albida (ref.-lokalen) påträffades.

Kräftdjur utgjordes till stor del av Diastylis rathkei, men även strandkrabba och Pontoporeia femorata ingick i födan. Inslaget av kräftdjur var större på dep.-lokalen. Detta berodde till stor del av två stora exemplar av simkrabba, Portunus depurator. Totalt av 25 rödspottor påträffades två st., från referenslokalen, med tomma magar.

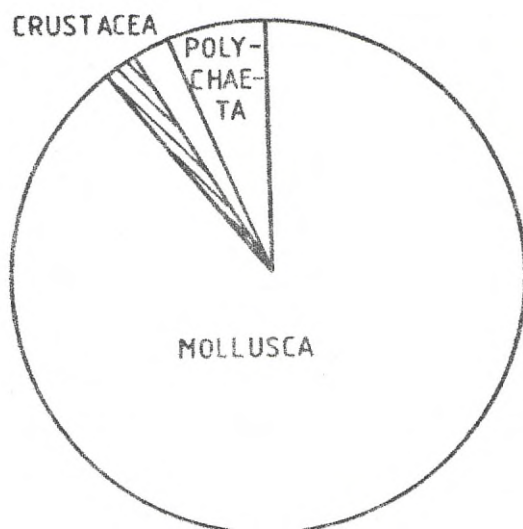
Sandskädda:

Maj 1978: Hos de 45 infångade exemplaren dominerades födovallet starkt av mollusken Phaxas pellucidus (liten slidmussla), som utgjorde 89.5% av det totala födointaget. En av sandskäddorna, 24 cm lång och 0.130 kg tung, innehöll 200 stycken individer av denna mollusk. Ingen skillnad i födoval förelåg mellan depositions- och referenslokal varför bägge redovisas tillsammans (figur 12). Corbula gibba, som utgjorde 1% av den totala födovolymen, var till 40% intakt i sandskäddornas magtarmkanal, medan övriga exemplar var halvsmälta. Polychaeta och Crustacea svarade för ett litet inslag i födan då sandskäddorna till så stor grad specialiserat sig på mollusker. Alla infångade sandskäddor hade konsumerat mollusker och hela 89% hade helt specialiserat sig på dessa bytesdjur.

Oktober 1978:

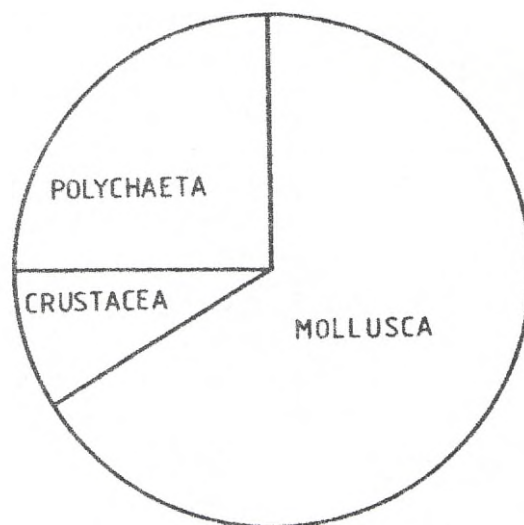
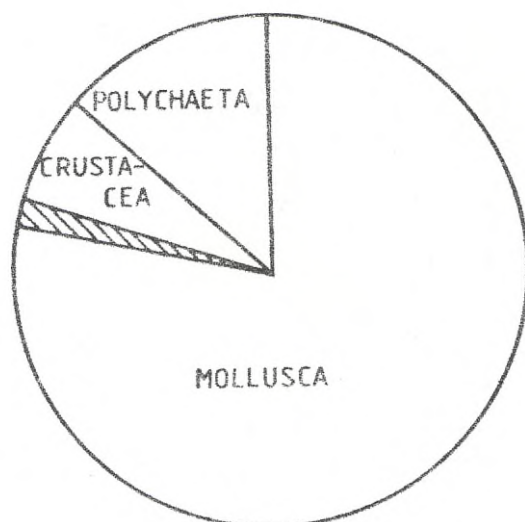
Totalt 31 exemplar infångades på dep.-lokalen och 14 stycken på ref.-lokalen. Födovallet dominerades klart av mollusker (figur 12) och då framför allt av arterna Abra spp. och Phaxas pellucidus, som bidrog med 18 resp 43% av den totala födovolymen på dep.-lokalen samt 36 resp 23% av födan på ref.-lokalen. Corbula gibba påträffades i några få sandskäddor, 3 st, från dep.-lokalen. Över hälften av dessa mollusker

MAJ 1978



Figur 12. Födoval hos sandskädda. Figuren visar de olika djurgruppernas procentuella andel av den totala intagna födovolymer. Referens- och dep.-lokal redovisas ihop vid vårprovtagningen (överst). Korgmusslan (*Corbula gibba*) redovisas med snedstreck inom gruppen mollusca.

OKTOBER 1978



låg intakta i fiskarnas mag-tarmkanal. Andra mollusker var *Nucula nitida*, *Philine aperta*, *Mysella bidentata* och juvenila *Artica islandica*. Kräftdjuren var till övervägande del *Diastylis rathkei*, men även simkrabbor och mindre märlor förekom.

Bland polychaeterna var det ett flertal olika arter som var representerade i materialet. Av dessa var många sedentära (icke frilevande bland annat *Cirratulidae* sp., *Terebellides stroemi* och *Lagis* (*Pectinaria*) *korenii*). Även *Nereis* spp. och *Nephtys* spp. förekom i födan.

Skrubbskädda:

Maj 1978: Endast fem stycken skrubbskäddor fanns i materialet, varför analysresultatet slagits samman med övriga "plattfiskars" i (tabell 6.) Skrubborna var de enda av dessa som konsumerat någon Gobidae. Dominerande, 70% av totala födovolymer, var, liksom hos alla plattfiskar, gruppen Mollusca. Främst var det arterna Spisula subtruncata, Mya arenaria och Corbula gibba (den sistnämnda stod för 10% av totala födovolymer) som ätits. Polychaeta svarade för 15% av födan medan Echinodermata, i form av ormsjärnan Ophiura texturata, stod för 5% av födan.

Oktober 1978:

Endast två stycken skrubbskäddor, en från vardera området, finns med i materialet. Individer från deponeringsområdet hade enbart konsumerat Gobider (smörbultar), av vilka en artbestämdes till Gobius niger (svart smörbult). Skrubbskäddan från referensområdet hade uteslutande ätit bottendjur, härav utgjorde mollusker 80% och polychaeter 20% av volymen av maginnehållet. Molluskerna var Spisula subtruncata, Nucula nitida och Abra spp.. Dominerande bland dessa var den förstnämnda, som utgjorde 65% av den totala födovolymer. Polychaeterna var kraftigt digererade, men käkar av Nereis återfanns i tarmkanalen.

Lyr torsk:

Inga exemplar fångades i maj. Tre infångade exemplar från referenslokalen i oktober vägde tillsammans 1.2 kg. Dessa hade konsumerat 28% fisk, 25% kräftdjur, 35% echinodermar och 12% mollusker av den totala födovolymer. Kräftdjuren var Portunus depurator, Carcinus maenas (strandkrabba) och Diastylis rathkei. Molluskerna representerades nästan uteslutande av Philine aperta. De konsumerade fiskarna var så upplösta att de var svåra att artbestämna, men fynd av otholiter (hörselstenar) i mag-tarmkanalen visade att flertalet smörbultar (gobider) ingått i dieten. Anmärkningsvärt var att inga polychaeter återfanns i magarna. Echinodermerna var, liksom hos torskarna, enbart ormsjärnan Amphiura spp.

Vitling:

Denna art var bara representerad av ett enda exemplar i majundersökningen. Denna individ, som kom från deponeringslokalen, hade enbart konsumerat fiskar av familjen Gobidae.

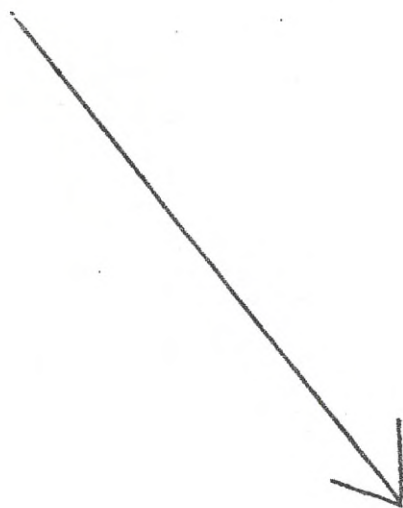
De infångade exemplaren i oktober, 5 st. med totalvikten 0.4 kg, kom från referenslokalen. Två av fiskarna var helt tomma i magen, medan de tre övriga ätit fisk, polychaeter och kräftdjur. Fisk dominerade i födan och utgjorde 60% av densamma. Det var framför allt smörbult som predaterats. Crustaceerna bestod av små arter, såsom Diastylis rathkei, Pontoporeia femorata och Ampelisca spp.. Bland polychaeterna var Nephtys spp. klart frekventast i födan.

Lerskädda:

Den enda infångade lerskäddan, från referenslokalen, hade enbart ätit ormstjärnan Ophiura texturata.

Genomgående visade födovalsanalysen att den dominanta korgmusslan (Corbula gibba) som hösten 1978 utgjorde 65.9% av det totala individantalet på bottenfaunalokalerna 1-4, inte utnyttjades som föda. Torsk och skrubba konsumerade den endast i mycket ringa utsträckning, medan den utgjorde 2.3% respektive 3.75% av rödspottas och sandskäddas födoval beräknat på individantal hösten 1978. Ivlev (1961) föreslår användandet av ett selektivitetsindex (E) för att visa om olika födoobjekt prefereras eller undviks. E antar värden från -1, när födoobjektet helt undviks, till +1, där födoobjektet uteslutande prefereras. Selektivitetsindex (baserat på individantal) för rödspotta och sandskädda vad avser korgmussla blev -0.93 respektive -0.89, dvs arten ratades i möjligaste mån.

Noterbart är dock att nakensnäckan Philine aperta ibland observerades ha unga krossade exemplar av korgmussla i magen. Philine var i sin tur ett prefererat födoobjekt för torsk. På så sätt kunde fisken indirekt tillgodogöra sig en del av korgmusselproduktionen.



5. DISKUSSION

5.1. Muddertippningsplatsens lämplighet.

Som berörts i områdesbeskrivningen (kap 3) var området där muddertippning skedde ca 10 m djupt och trots Hakefjordens relativt skyddade läge torde dessa djup på grund av vind, strömmar och vågor vara att beteckna som erosions- eller transportbottnar. Blomqvist (1982) rekommenderar i "Ekologiska bedömningsgrunder för muddring och muddertippning" att muddertippning inte får ske i sådana områden på grund av att bottenmaterialet inte stabiliseras. Istället bör muddertippningar ske på lämpliga ackumulationsbottnar, dvs områden där bottenmaterial kontinuerligt ansamlas.

Valet av tippningsplats har således medfört att sedimentytan torde störas vid stormar. Den 25 juli 1978 gjordes dykobobservationer av tippningsområdet vid Wallhamn och inom tippningsplatsen konstaterades stora "dimbankar", dvs slammoln. "Den ojämna bottenytan kännetecknades av att krönen på ryggar och kullar var "barblåsta", medan slam avsatt sig i de grunda sänkorna däremellan (Hillefors 1978). Att muddret deponerats ojämnt och därigenom skapat detta onaturliga bottenlandskap av åsryggar och sänkor framgår också av geologiska undersökningar av muddermassornas mäktighet (bilaga 2). Vind, vågor och strömmar strävar efter att jämna ut bottenpografien och områdets bottnar kommer inte att stabiliseras på lång tid. Vid tippning av muddermassor, liksom i Hakefjorden postglacial lera, i Göteborgs skärgård, på 5-10 m djup, har noterats att skred skett och vattengrumlingar inträffat (Sundström 1970).

Olsson (1975) diskuterar på liknande sätt hur minskad fauna under rekolonisationsskedet på en station i ett muddertippningsområde utanför Göteborg kan ha berott av uttransport av sedimentet.

Då muddermaterialet kommer från ett hamnområde finns det möjlighet att toxiska ämnen, tungmetaller, oljor m.m., kan ha medföljt vid muddertippningen och eventuellt ha påverkat faunan. Mängden förorenade ämnen torde dock ha varit ringa i förhållande till volymen muddermassor och den snabba initiala rekolonisationen indikerar att några toxiska effekter ej varit för handen.

5.2. Bottenfaunans rekolonisation

Det suspenderade bottenmaterialet torde framför allt vid tippningen (bilaga 1) men således även senare kunna medföra extra stor syretäring i bottennära och interstitiellt vatten (Leathern et al 1973, Brown och Clark 1968). Några direkta effekter på faunan som kan knytas till syrebrist förelåg dock ej, området är väl ventilerat.

Flertalet studier har visat hur bottenfauna relativt snabbt kan återkolonisera bottenområden som varit störda av organisk belastning med åtföljande syrebrist (Rosenberg 1971, 1972, Pearson 1972, Cato et al 1980) och på samma sätt har man sett återhämtning i muddrade områden och på muddertippningsplatser (Olsson 1975, Rosenberg 1977, Moldan 1978, Ahlfors 1980, Bonsdorff 1980). De arter som snabbt rekoloniserar en tillgänglig botten kallas opportunisterna.

Att vara opportunist är att vara beredd vid rätt tid och plats. Detta innebär att olika arter kan vara opportunister vid olika tillfällen. Vissa arter har en större nisch inom vilken de kan fungera som opportunister men att, som marinbiologisk litteratur alltsedan MacArthurs och Wilsons (1967) arbete, strikt indela arter i r- och k-strategier förefaller vara av begränsat värde i grunda vatten där samtliga arter är "specialister" (jämför Wolff et al 1977, Santos och Simon 1980). Vid ökande vattendjup är det framför allt det översta sedimentskiktet som kan påverkas av stormar och liknande varför mer eller mindre immobil fauna i sedimentets ytskikt (ex Corbula gibba) utgörs av opportunister (ex McCall 1976).

Omvärldsfaktorer styr organismfördelningen i grunda bottenar medan bottenfauna på större djup huvudsakligen styrs av biologiska faktorer, som inbördes konkurrens och predation (Sanders 1968, Gage 1974, Rosenberg och Möller 1979). Speciellt fauna från grunda områden borde således initialt kunna rekolonisera området.

Invandringen av djur från grundare områden till deponeringsområdet, kan exemplifieras med nysettlingsen av sandmusslan (Mya arenaria), cirka 350 ind. per m², där alla individer var små exemplar. Avsaknaden av sandmusslan från referensområdet kan t ex bero av att endast äldre individer finnes och att dessa ligger så djupt ned i botten att bottenhuggaren ej når dem. Detta var dock troligen ej fallet. Andra exempel på grundområdesarter som "nedvandrat" är Corophium spp. samt molluskerna Cardium edule och Hydrobia spp. Larver av dessa djur från grundområdena finnes ofta i vattenvolymen under stor del av året, varför de snabbt kan tillvarataga en ny botten. De har ej heller så stora krav på substratet (ex Allen 1954) och kan därigenom kolonisera varierande botten som ratas av de mer selektiva bottendjuren från djupare områden. Cardium edule och Mya arenaria återkoloniserade snabbt botten vid studier av ett kroniskt oljeförgiftat brackvattenområde (Leppäkoski och Lindström 1978). Den senare arten har även visat sig vara snabb rekolonisatör i andra studier (Dean och Haskin 1964). Cardium edule, Mytilus edulis och Corophium spp var opportunister vid studier i ett holländskt brackvattenområde (Wolff et al 1977).

Cardium edule har snabb tillväxt första året och blir fertil redan efter 1-2 år (Seed och Brown 1978) på så sätt kan de snabbt utnyttja tillgänglig bottenyta, vare sig det är en grund havsvik eller en muddertippningsplats. Denna snabba tillväxt gör att arten när den väl etablerats kan vara relativt konkurrenskraftig. Mya arenaria minimerar i sin tur konkurrens och predation genom att successivt gräva ned sig allt djupare efterhand som den tillväxer.

Såväl Cardium edule, Mya arenaria som Mytilus edulis är suspensionsätare, dvs lever av material som förs med vattenmassan. Dessa arter är därigenom mer gynnade av att sitta på grunda bottenar med bra vattensättning. Muddertippningsområdets topografi gör att svaga vattenrörelser koncentreras i vissa partier och där torde dessa grundvattenmusslor gynnas.

Rekolonisation har även skett av vissa av de tidigare bottendjuren på detta vattendjup såsom molluskerna Corbula gibba och Spisula subtruncata. Båda är arter med planktoniska larvstadier och är normalt bland de första att rekolonisera. Spisula subtruncata bidrager till bearbetningen av sedimenten och möjliggör på så sätt för ytterligare fauna att flytta in. Corbula gibba, som här gynnats av den lediga bottenytan, är en art som troligen står sig dåligt i konkurrensen och därför reducerades efter hand. Phaxas pellucidus visade också förhöjda täth-

ter och individvikter på den nykoloniserade botten och då de är suspensionsätare torde inte de höga individantalen av *Corbula gibba* ha inverkat negativt.

Skillnad i rekolonisationshastighet mellan lokalerna torde kunna förklaras med dels lokalernas läge i förhållande till det centrala deponeringsområdet, samt dels med bottensubstratets beskaffenhet. Man kan också antaga att faunan i vissa områden haft något längre tid att rekolonisera på genom att mudderdeponeringen ej skett samtidigt över hela området.

Vissa lokaler fick efter muddertippning snabbt ökande artantal som dock åter avtog. Omedelbart efter tippningen förelåg en ledig, potentiellt produktiv bottenarea. I en sådan miljö kan även konkurrerande arter, som i omgivningen sällan förekommer tillsammans, tillfälligt förekomma i relativt höga tätheter. Artantalet kan således efter att ett nytt område öppnats skjuta i höjden, ibland t o m över vad som är att betrakta som normalt i liknande områden (MacArthur 1972). Efterhand reduceras och stabiliseras artantalet på grund av predation och konkurrens inom det etablerade faunasamhället.

I föreliggande studie sjönk artantalet åter till låga nivåer på grund av det olämpliga bottensubstratet och den relativt exponerade miljön. Att förekomst av hård blålera efter muddring kan medföra att bottenfauna får svårt att rekolonisera har också visats av Reish (1961). Efterhand kommer bottenpografien att jämnas ut, finare sediment att pålagras och bottenfaunans bioturbation medföra att sedimentet blir tjänligare.

5.3. Fiskens födoval:

De mollusker som utnyttjats mest är *Philine aperta* (av torsk), *Spisula subtruncata* (av skrubbskädda) och *Phaxas pellucidus* (av sandskädda och rödspotta).

Den förstnämnda uppträder inte i förhöjda tätheter på mudderlokalerna. Den fångade torsken utgjordes huvudsakligen av individer födda föregående år (I+). Pihl (1982) har visat att denna åldersgrupp nattetid kan uppehålla sig och foragera inom grunda (0-1m) havsvikar. Åldersgruppens födoval var vid nämnda undersökning i Gullmaren under våren-försommaren framför allt *Nereis* spp, amphipoder och strandkrabba och under hösten huvudsakligen strandkrabba och sandräka (*Crangon crangon*). Även i andra områden har man visat att torsk äter stor andel kräftdjur, exempelvis prefereras bl a *Diastylis rathkei* av torsk i södra Östersjön (Arntz 1978) och i Skagerrak och Kattegatt visade Kihlman (1978) hur torsk föredrar kräftdjur och successivt som torsken tillväxte åt allt större arter av kräftdjur. Vid jämförelse med torskens födoval i öppna Kattegatt-Skagerack vintern 1981 (Börje et al 1985) framgår att torsk i Hakefjorden konsumerat mindre andel fisk och större andel polychaeter. Musslor förekom endast i undantagsfall i födan. Födointaget i mudderområdet antyder att en del av torskarna varit inne på grundområden och ätit medan andra stannat på vattendjup av 5-15 m och specialiserat sig på att äta *Philine aperta* eller sökt sig till djupare vatten och ätit ormstjärnor (*Amphiura* spp). Kihlman (1978) menar att torsken har ett stort födospektrum och anpassar sig till den föda som finns. Vid den relativt goda tillgång av *Diastylis rathkei* som förelåg år 1978, när födovalsanalys skedde, kan det vara naturligt att torsk till stor del livnär sig på detta energirika och vid skymning-gryning exponerade djur. Den bottenfauna som direkt rekoloniserat efter muddertippning bestod huvudsakligen av musslor och hade inte

utnyttjats av torsk i nämnvärd utsträckning. Det är troligt att torsk hade förekommit i mindre utsträckning i muddrområdet om det inte varit så naturligt höga tätheter av Diastylis rathkei och om inte mudderlokalen legat nära större grundområden.

Skrubbskäddornas val av Spisula subtruncata styres av att denna mollusk genom sin höga pumphastighet är lätt att upptäcka trots att den ligger nedgrävd (Thorson 1966). Även övriga plattfiskar finner lätt mollusken, men skrubbskäddan kan lättare krossa det kraftiga skalet med sina käkar. Skrubba åt även de tjockskaliga musslorna av släktet Nucula. Pihl (1982) redovisar hur unga (0+) skrubbor huvudsakligen åt unga exemplar, men ändå tjockskaliga, av musslor som sandmussla, blåmussla och hjärtmussla i grundområden. Sandskäddor och rödspättor har istället specialiserat sig på den tunnskaliga Phaxas pellucidus. Arntz (1978) anger också att sandskädda undviker tjockskaliga musslor, utom i de fall trälning krossat musslor (Artica islandica) och därmed gjort även stora (>15 mm) exemplar åtkomliga (Arntz och Weber 1970).

Av de tre plattfiskarterna skrubba, rödspotta och sandskädda kan således den förstnämnda sägas ha specialiserat sitt födoval mot tjockskaliga musslor medan de båda andra år 1978 framför allt åt liten slidmussla (Phaxas pellucidus). Skrubbens specialisering är ett tecken på födokonkurrens från de andra båda arterna och kanske även från andra arter. Att både rödspotta och sandskädda kunde konsumera liten slidmussla visar att denna art förekom ymnigt, så ymnigt att de båda plattfiskarterna åt samma föda, dvs åt av ett "överflöd". Hade födovalsstudien genomförts ett år med lägre förekomst av liten slidmussla torde de båda arternas matsedel varit mer skild (ex Hertling 1928).

De har dock vanligen mycket likartad matsedel och födoteknik (Steven 1930, de Groot 1971). Stormar i området gynnar liten slidmussla och torde tillfälligt minimera födokonkurrens mellan rödspotta och sandskädda. En ovanligt rik årsklass av rödspotta förelåg också i området år 1980-81 (Kustfiskeutredningen 1983) eventuellt som en följd av stormar 1979-80.

Bland echinodermerna var det ormstjärnorna Ophiura texturata och Amphiura spp som konsumerats. Den sistnämnda påträffades ej i bottenfaunaundersökningen, bl a beroende på att den har sin huvudsakliga utbredning under språngskiktet. Förekomsten i fiskmagarna kan bero av att fisken inte är stationär utan även uppsökt djupare bottnar. Fisken synes ej ha aktivt ätit Corbula gibba, utan denna verkar ha kommit med födan av misstag. Detta styrkes av att hälften av exemplaren passerade fiskarnas mag-tarmkanal intakta. Arten har en morfologi, bl a speciella inre skikt, som gör att den kan förbli tätt tillsluten under perioder med exempelvis syrebrist. Härigenom kan den osmält passera tarmkanalen hos fiskar. Elegevad (1928) anger att arten är "andra klassens fiskföda" och endast i undantagsfall konsumeras.

Frånräknades stora musslor och korgmusslor hade referenslokalerna och mudderlokalen lika stor biomassa i genomsnitt för de fem åren. Mängden tillgänglig föda har således knappast skiljt sig, men för exempelvis lokal 4 syns en tydlig reduktion av "födobiomassan" från 1977-1981. År 1981 hade de fyra mudderlokalerna i medeltal 20 g "födobiomassa" medan referenslokalerna hade ca 45 g per m².

Sammanfattningsvis kan sägas att den stora ökningen av Corbula gibba på deponeringslokalen inte resulterat i en motsvarande ökning av fiskpopulationen på lokalen. Detta beroende på att arten ej i någon större

utsträckning valts som föda. Att mudderdeponeringen skett på ett djup som medför att massorna inte stabiliserat sig medför att störningen fortsätter och en långvarig reduktion av mängden tillgänglig föda för fisk kan uppkomma.

Sammanfattning

Våren 1977 genomfördes en muddertippning på 7-13 m vattendjup vid Grå-, Flå- och Lyngholmarna i Hakefjorden, innanför Tjörn. Bottenfaunan studerades årligen 1977- 81 medan provfiske utfördes två gånger år 1978, bl.a. för att få material till födovalsanalys.

Drastiska förändringar skedde i bottenfaunasamhället medan inga belägg finns för direkt påverkan på fiskfaunan. Bottenfaunan rekoloniserade snabbt muddertippningsområdet. Biomassan och individantalet var initialt högre än på referenslokalerna. I muddertippningsområdet dominerades bottenfaunan av musslan Corbula gibba, vilken dock, enligt födovalsanalyserna, inte utnyttjades som fiskföda. Andra arter som gynnats av muddertippningen var t.ex. Nucula spp., Spisula subtruncata, sandmusslan Mya arenaria samt hjärtmusslan Cardium edule. Arterna Pontoporeia femorata, Diastylis rathkei och Phaxas pellucidus fluktuerade av naturliga orsaker under femårsperioden.

Totalt för hela perioden var mängden tillgänglig bottenfauna per ytenhet som kunde utnyttjas till fiskföda lika i muddertippnings- och referensområdet. Under de två sista åren sjönk dock mängden fiskföda i muddertippningsområdet till mindre än hälften mot referensområdet. Fortsätter denna trend torde fiskproduktionen i området påverkas negativt.

Orsaken till att förhållandena i tippningsområdet inte stabiliseras är att det är beläget så att sedimenten utsätts för erosion. Med en lämpligare, djupare, vald tippningsplats torde skadan ha minimerats.

Summary

During spring 1977 dredge spoil was dumped at 7-13 m depth in Hakefjorden, an estuary on the Swedish west coast. Benthic fauna was sampled yearly 1977-1981, and test-fishing was performed twice 1978.

Drastic changes occurred in the benthic fauna while no effect on the fish fauna was observed. The benthos quickly recolonized the disposal site, and the biomass and the number of individuals were initially greater than at the reference sites. At the dumping site the benthos was dominated by *Corbula gibba* (Mollusca), which, according to examination of stomach contents from fish caught during 1978, was not utilized as food by fish. The variations in the number of individuals of several benthic species could be related to the dumping (eg. *Nucula* spp., *Spisula subtruncata*, *Mya arenaria*, *Cardium edule*), while other species fluctuated from natural causes in the whole investigated area (eg. *Pontoporeia femorata*, *Diastylis rathkei*, *Phaxas pellucidus*).

As an average over the studied period the amount of benthos that could be utilized as fish food was equal when comparing the dumping and reference sites. However during 1980-81 the amount of fish food decreased at the disposal site. If this trend continues a negative effect on the fish production might be at hand.

It is suggested that the choice of disposal site, a shallow area affected by stormwaves and currents, has made the dumped dredge unstable creating unfavourable conditions for the natural benthic fauna in the area.

Föreliggande studier har utförts av fiskeristyrelsens utredningskontor i Göteborg och finansierats av Wallhamn AB, fiskeriverket och - inte minst - AMS.

Provtagningen genomfördes med hjälp av tidigare forskningsfartyget *Thetis* vars besättning skall ha ett varmt tack. Eldsjälen Anders Hagberg skötte med kärleksfull precision van Veen vid provtagningarna. Rutger Rosenberg bistod med kritik och råd vid sammanställningen - och hela personalen vid utredningskontoret - inte minst Lilian bakom tangenterna - har bistått.

Referenser.

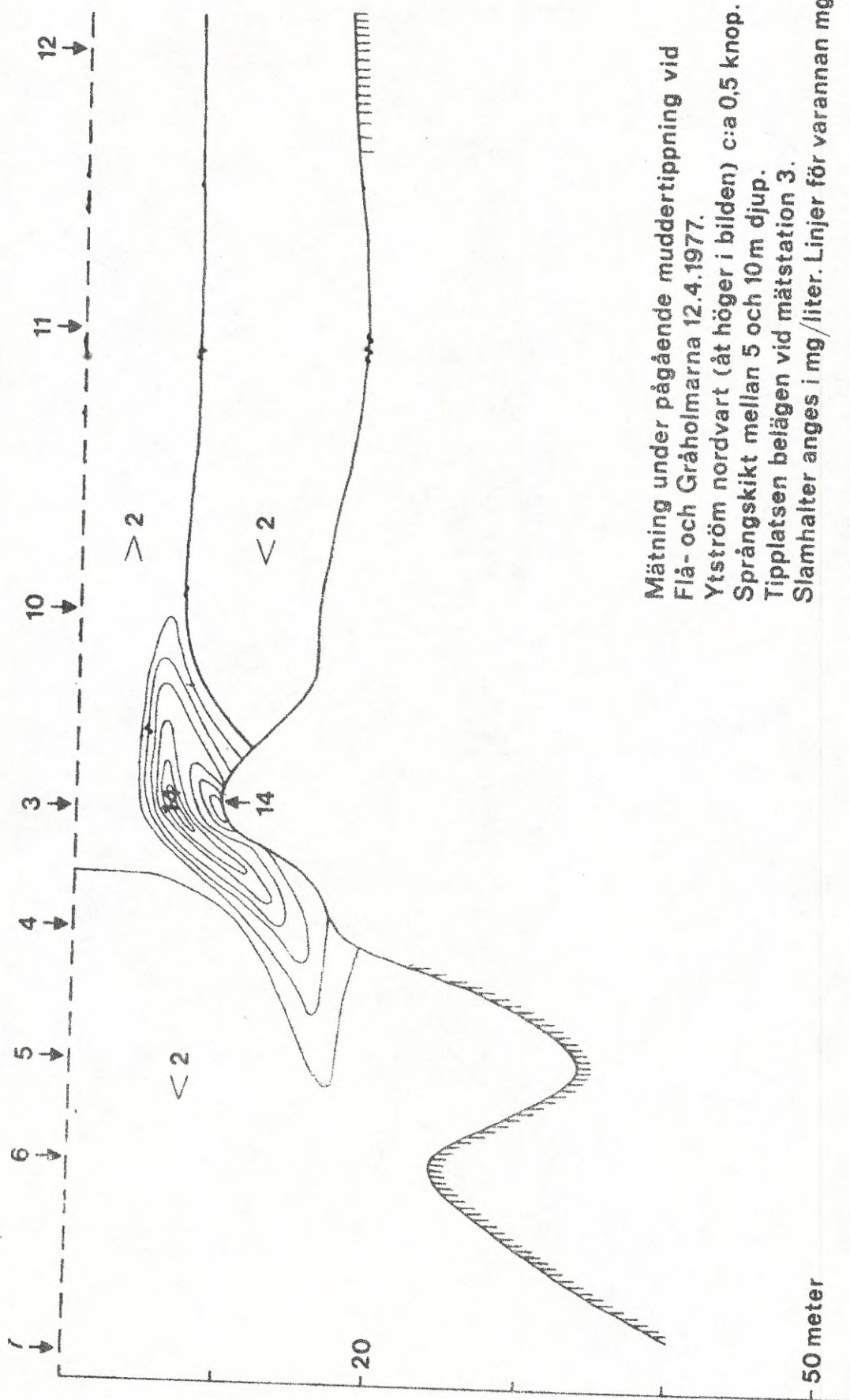
- Ahlfors, A., 1980. Faunasuccession i muddertippningsområde i Hakefjorden på västkusten under 1976-1978. IVL B-publikation nr 533.
- Ahlfors, A., 1981. Naturlig återställning av ett marint muddertippningsområde studerat genom faunaanalys. IVL EM 447.
- Allen, J. F., 1954. The influence of bottom sediments on the distribution of five species of bivalves in the Little Annessex river, Chesapeake Bay. Nautilus, vol 68(2):56-65.
- Anonym. 1976. "Hydrographical Data no 10". Hydrografiska laboratoriet, Fiskeristyrelsen, Göteborg.
- Anonym. 1977. "Hydrographical Data no 14" Hydrografiska laboratoriet, Fiskeristyrelsen, Göteborg
- Arntz, W. E., 1978. The "upper part" of the benthic food web: the role of macrobenthos in the western Baltic. Rapp. P.-v. Reun. Cons.inst. Explor. Mer.173:85-100.
- Arntz, W.E., Weber, W., 1970. Cyprina islandica L. (Mollusca, Bivalvia) als Nahrung von Dorsch und Kleische in der Kieler Bucht. Ber.Dt. Wiss.komm.Meeresforsch, 21, H.1-4:193-209
- Baggerman, B., 1953. Spatfall and transport of Cardium edule L. Archs.neerl.Zool.10:315-342. Cit.gnm. Rees, E.I.S. et al, 1977.
- Blegevad, A., 1928. "Quantitative investigations of bottom invertebrates in the Limfjord 1910 - 1927 with special reference to the plaice food". Beretning t. Landb.min. fr. den Danske Biol. Stat., nr 34, del 3, pp 33 - 52.
- Blegvad, H., 1914. Food and conditions of nourishment among the communities of invertebrate animals found on or in the sea bottom in Danish waters. Rep. Danish Biol. Stat., 22, 41-78.
- Blomqvist, S., 1982. Ekologiska bedömningsgrunder för muddring och muddertippning. Utvärdering. SNV PM 1613.
- Bonsdorff, E., 1980. Macrozoobenthic recolonization of a dredged brackish water bay in SW Finland. Ophelia, Suppl. 1:145-155.
- Brown, C.L., Clark, R., 1968. Observations on dredging and dissolved oxygen in a tidal waterway. Water Resources Research, vol. 4, no 6:1381-1384.
- Buchanan, J.B., Kingston, P.F., Shearer, M., 1974. Longterm population trends of the benthic macrofauna in the offshore mud of the Northumberland coast. J.mar.biol.Ass. U.K., vol. 54:785-795.

- Börje, M., Fogelgren, J-E., Tengelin, B., Ulmestrand, M., 1985. Födoval hos torsk (*Gadus morhua* L.) i Skagerrack och Kattegatt under februari 1981. Medd. fr. Havsfiskelab., Lysekil (In the press).
- Cato, I., Olsson, I., Rosenberg, R., 1980. Recovery and decontamination of estuaries. From: Estuaries. Eds: E. Olausson & I. Cato. John Wiley & Sons Ltd:403-440.
- Dean, O., Haskin, H. H., 1964. Benthic repopulation of the Raritan river estuary following pollution abatement. Limnol. Oceanogr. 9 (4):551-563.
- de Groot, S. J., 1971. On the interrelationships between morphology of the elementary tract, food and feeding behaviour in flatfishes (Pisces: Pleuronectiformes). Neth. J. Sea. Res. 5(2):121-196.
- Eisma, D., 1966. The distribution of benthic marine molluscs off the main Dutch coast. Neth. J. Sea. Res. 3(1):107-163.
- Engström, S., 1970. "Hydrographical observations from the fiords of Bohuslän during the years 1883 - 1966". Medd. fr. Havsfiskelab. no 77.
- Gage, J., 1974. Shallow-water zonation of sea-loch benthos and its relation to hydrographic and other physical features. J. mar. biol. Ass. U.K. 54:223-240.
- Hertling, H., 1928. Untersuchungen über die Ernährung von Meeresfischen. I. Quantitative Nahrungsuntersuchungen an Pleuronektiden und einigen anderen Fischen der Ostsee. Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung. Neue folge. Band IV. Heft 2.
- Hillefors, Å., 1978. Hakefjorden: Var muddringarna verkligen nödvändiga? Göteborgs-Posten 1978-08-23.
- Ivlev, V. S., 1961. Experimental ecology of the feeding of fishes. New Haven, 302 pp.
- Kihlman, J., 1978. On the feeding ecology of six coexisting Gadoid species in the Skagerak and the Kattegatt. Dissertation, Göteborgs Universitet.
- Kustfiskeutredningen, 1983. Kustfisket i Bohuslän, II. Fiskeribiologiska förutsättningar. Länsstyrelsen.
- Kühlmorgen-Hille, G., 1963. Quantitative untersuchungen der Bodenfauna in der Kieler Bucht und ihre jahrezeitlichen Veränderungen. Kieler Meeresforsch., 19,,(1):42-66.
- Leathem, W., Kinner, P., Maurer, D., Biggs, R., Treasure, W., 1973. Effect of spoil disposal on benthic invertebrates. Marine Pollution Bullentin, vol. 4, no 8:122-125.

- Leppäkoski, E.J., Lindström, L.S., 1978. Recovery of benthic macrofauna from chronic pollution in the sea area off a refinery plant, Southwest Finland. *J. Fish. Res. Board. Can.* 35: 766-775.
- Lewy, Z., Samtleben, C., 1979. Functional morphology and palaeontological significance of the conchiolin layers in Corbulid pelecypods. *Lethaia* 12:341-351.
- MacArthur, R. H., 1972. Geographical ecology. Patterns in the distribution of species. Harper & Row, Publishers, N.Y., 269 pp.
- MacArthur, R. H., Wilson, E.O., 1967. The theory of island biogeography. Princeton Univ. Press, New Jersey.
- McCall, P. L., 1976. Community patterns and adaptive strategies of the infaunal benthos of Long Island Sound. *J. Mar. Res.*, vol 35, no 2:221-266.
- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.* 3:36-71.
- Molander, A.R., 1962. Studies of the fauna in the fjords of Bohuslän with reference to the distribution of different associations. *Arkiv för zoologi, Serie 2, Band 15, Nr 1.*
- Moldan, A., 1978. A study of the effects of dredging on the benthic macrofauna in Saldanha Bay. *South African Journal of Science*, vol. 74:106-125.
- Möller, P., 1976. Bottenfauna. Recipientundersökningar vid Stenungsund, SNV PM 866, juni 1977.
- Olsson, I., 1975. Rapport avseende effekter på bottenfaunan av tippning av muddermaterial vid Brureskären, öster om Krossholmen, Göteborgs kommun. Stencil 15 s.
- Pearson, T.H., 1971. Studies on the ecology of the macrobenthic fauna of Lochs Linnhe and Eil, west coast of Scotland. II. Analysis of the macrobenthic fauna by comparison of feeding groups. - *Vie Milieu, Suppl.* 22:53-91.
- Pearson, T.H., 1972. The effect of industrial effluent from pulp and paper mills on the marine benthic environment. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 180:469-485.
- Pielou, E.C., 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, N.Y.
- Pihl, L., 1982. Food intake of young cod and flounder in a shallow bay on the Swedish west coast. *Netherlands Journal of Sea Research* 15:419-432.
- Rees, E.I.S., Nicholaidou, A., Laskaridou, P., 1977. The effects of storms on the dynamics of shallow water benthic associations. *Biology of Benthic Organisms*:465-473.

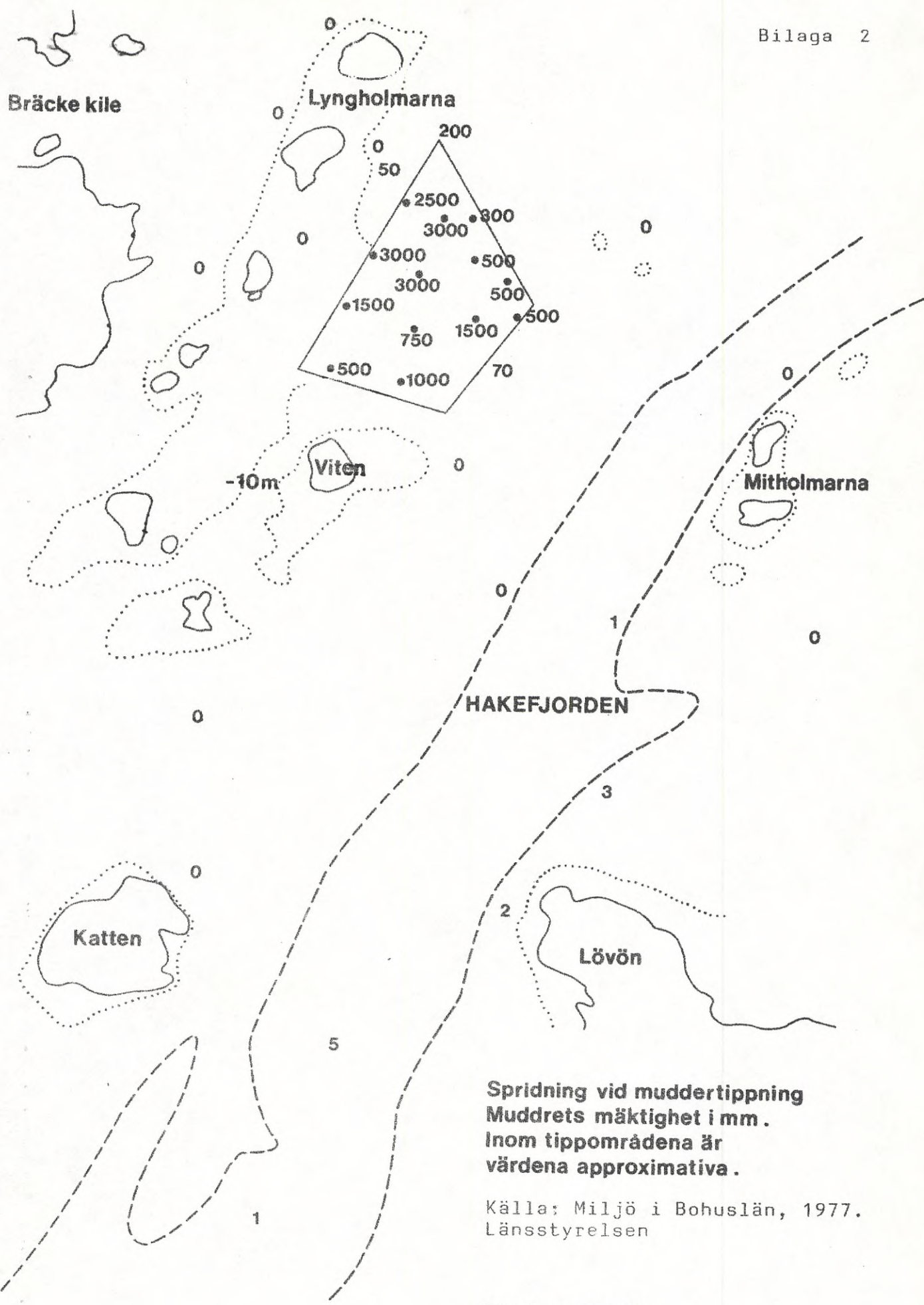
- Reish, D. J., 1961. A study of benthic fauna in a recently constructed boat harbor in southern California. *Ecology* 42, no 84.
- Rosenberg, R., Möller, P., 1979. Salinity stratified benthic macrofaunal communities and longterm monitoring along the west coast of Sweden. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, vol 37, pp 175 - 203.
- Rosenberg, R., 1972. Benthic faunal recovery in a swedish fjord following the closure of a sulphite pulp mill. *Oikos* 23, sid. 93 - 108.
- Rosenberg, R., 1977. Effects of Dredging Operations on Estuarine Benthic Macrofauna. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 8, no. 5, p. 102-104.
- Rosenberg, R., 1971. Recovery of the littoral fauna in Saltkällefjord subsequent to discontinued operations of a sulphite pulp mill. *Thalassia Jugosl.* 7:341-351.
- Sanders, H.L., 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Amer. Natur.* 102:243-282.
- Santos, S. L., Simon, J. L., 1980. Response of soft bottom benthos to annual catastrophic disturbance in a South Florida estuary. *Marine Ecology Prog.Ser.*, vol 3:347-355.
- Seed, R., Brown, R.A., 1978. Growth as a strategy for survival in two marine bivalves, Cerastoderma edule and Modiolus modiolus. *Journal of Animal Ecology*, 1978, 47, sid. 283 - 292.
- Smith, S., 1980. 3.3 Fauna. Ur "Recipientundersökningar vid Stenungsund" (Stencil). Statens Naturvårdsverk
- Steven, G. A., 1930. Bottom fauna and the food of fishes. *J. mar. biol.Ass. U.K.* 16:677-700.
- Sundström, B., 1970. Muddertipningen i Göteborgs skärgård. *Medd. fr. Maringeol. lab. Göteborg*, nr 2.
- Swedmark, B., 1968. Recipientundersökningar vid Stenungsund, 1962-68. Statens Naturvårdsverk, Stencil.
- Tegner, T., 1979. Sammanställning av oceanografiska förhållanden i några kustområden i Skagerrak och Kattegatt. Stencil från Hydrografiska laboratoriet, Fiskeristyrelsen.
- Thorson, G., 196. Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities. *Netherlands Journal of Sea Research* 3,2,1966, sid. 267 - 293.
- Wolff, W. J., Sandee, A.J.J., de Wolf, L., 1977. The development of a benthic ecosystem. *Hydrobiologia* vol. 52, no 1:107-115.

Öhlund, E., Olsson, I., Rosenberg, R., Thorell L., 1975.
Byfjorden: Ekologiska undersökningar av zooplankton,
bentisk meio- och makrofauna samt bakterier.
SNV PM 568.



Mätning under pågående muddertippning vid Flå- och Gråholmarna 12.4.1977.
 Ytström nordvärt (åt höger i bilden) c:a 0,5 knop.
 Sprängskikt mellan 5 och 10 m djup.
 Tipplatsen belägen vid mätstation 3.
 Slamhalter anges i mg/liter. Linjer för varannan mg.

Control during spoil disposal in a coastal water area.
 Suspended solids p.p.m. Surface current
 0,5 knots north (to the right)
 Stratification layer at 5-10 m depth.



Spridning vid muddertippning
Muddrets mäktighet i mm.
Inom tippområdena är
värdena approximativa.

Källa: Miljö i Bohuslän, 1977.
 Länsstyrelsen

Skala 1:20 000

Antal fångade fiskar per 10 nät vid provfiske på muddertippningslokalen (M) respektive referenslokalen (R) åren 1977-80.

ÄKTA	TUNGA	SLÄTVAR	LETSKÄDDA	RÖDSPOTTA	SANDSKÄDDA	SKRUBBA	BLEKA	TORSK	VITLING	TOTALT	TILLFÄLLE, LOKAL
0	0	0	0	1.2	5.0	1.0	1.0	5.5	0	13.7	1977-DEC. M
0.2	0	0	0	1.0	10.5	1.0	0	4.2	0	16.9	1978-MAJ, M
0	0	0	0	3.8	8.0	0.2	0	2.0	0	14.0	1978-OKT, M
0	0	0	0	1.2	9.5	3.5	0	7.8	0.5	22.5	1979-OKT, M
1.0	0	0	0	1.0	4.8	2.2	0	3.5	0	12.5	1980-MAJ, M
0	0.5	0	0	1.8	10.3	3.5		3.2	0.2	19.3	1980-OKT, M
0	0.2	0.8	0.8	2.5	7.0	0	0.5	7.0	0	18.0	1977-DEC, R
0	0	0.3	0.3	1.0	3.6	0.3	0	4.3	0	9.5	1980-MAJ, R
0	0	0	0	24.0	11.0	19.2	0	2.0	0	56.2	1980-OKT, R

Muddertippningslokal - medelvärde 16.5[±]1.6 (S.E.), median 15.5

Referenslokal - medelvärde 27.9[±]14 (S.E.), median 18

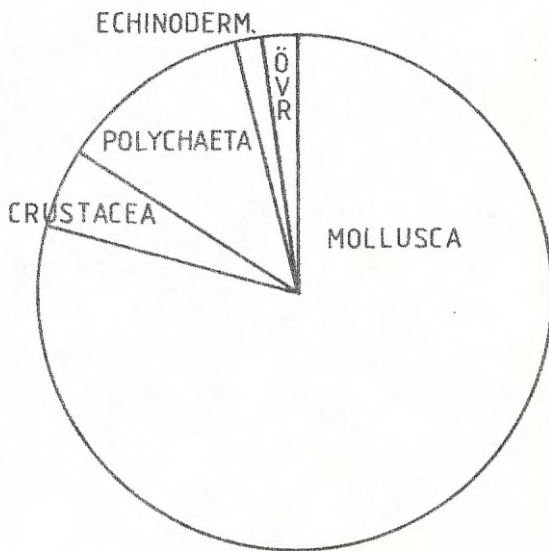
Vikt av fångad fisk per 10 nät vid provfiske på muddertippningslokalen (M) respektive referenslokalen (R) åren 1977-80 (kg)

	ÄKTA	TUNGA	SLÄTVAR	LERSKÄDDA	RÖDSPOTIA	SANDSKÄDDA	SKRUBBA	BLEKA	TORSK	VITLING	TOTALT	TILLFÄLLE, LOKAL
0	0	0	0	0.5	1.0	0.4	1.5	6-8	0	0	10.2	1977-DEC, M
0.1	0	0	0.3	2.0	0.5	0	2.7	0	0	0	5.6	1978-MSJ, M
0	0	0	3.2	1.5	0.1	0	1.2	0	0	0	6.0	1978-OKT, M
0	0	0	0.4	1.7	1.9	0	6.4	0.1	0	0	10.5	1979-OKT, M
0.4	0	0	0.4	0.8	1.0	0	2.9	0	0	0	5.5	1980-MAJ, M
0	0.1	0	0.4	1.3	1.6	0	1.6	0.1	0	0	5.1	1980-OKT, M
0	0.2	0.2	0.8	1.6	0	0.4	7.9	0	0	0	11.1	1977-DEC, R
0	0	0.1	0.4	0.7	0.1	0	3.4	0	0	0	4.7	1980-MAJ, R
0	0	0	4.4	1.9	8.5	0	0.6	0	0	0	15.4	1980-OKT, R

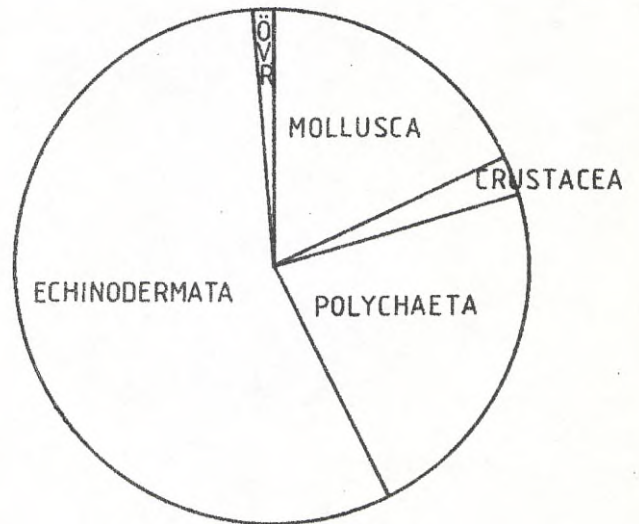
Muddertippningslokal - medelvärde $7,2 \pm 1.0$ (S.E.), median 5.8

Referenslokal - medelvärde 10.4 kg ± 3.1 (S.E.), median 11

Deponeringslokal



Referenslokal



De olika bottenfaunagruppernas procentuella andel av individantalet på deponeringslokalerna (lokal I och II) samt på provfiskelokalerna vid Mitholmarna år 1978.

På provfiskelokalerna (referenslokal) dominerade följande arter (% av totala individantalet):

Ormstjärnorna	<i>Amphiura</i> spp.	57%
Korgmussla	<i>Corbula gibba</i>	6.5%
Borstmask	<i>Pholoe minuta</i>	4.2%

Totala individantalet var ca. 3500 ind./m² fördelat på 70 arter.

ARTANTAL

	1977	1978	1979	1980	1981	
Lokal 1	34	59	51	33	32	42 [±] 5
Lokal 2	27	44	40	33	41	37 [±] 3
Lokal 3	41	36	48	56	35	43 [±] 4
Lokal 4	31	23	27	11	17	22 [±] 4
Lokal 5	62	60	60	47	56	57 [±] 3
Lokal 6	65	51	61	53	57	57 [±] 3
Medelvärde ±S.E.	43 [±] 7	46 [±] 6	48 [±] 5	39 [±] 7	40 [±] 6	

Referensstationer = 57.2[±]1.8 (n=10)

INDIVIDANTAL

	1977	1978	1979	1980	1981	Avrundat Medelvärde ±S.E.
Lokal 1	14214	6268	4286	2032	2020	5800 [±] 2300
Lokal 2	7694	5090	3202	1522	4480	4400 [±] 1000
Lokal 3	4212	2984	3808	1708	2170	3000 [±] 500
Lokal 4	1714	494	2304	484	684	1100 [±] 400
Lokal 5	3074	1664	2018	1388	1256	1900 [±] 300
Lokal 6	2078	1066	1244	904	1062	1300 [±] 200
Avrundat Medel- värde ±S.E.	5500 [±] 200	2900 [±] 900	2800 [±] 500	1300 [±] 200	1900 [±] 600	

Referensstationer = 1575[±]209 (n=10)

BIOMASSA (avrundat till heltal)

	1977	1978	1979	1980	1981	Medelvärde [±] S
Lokal 1	318	689	242	79	63	278 [±] 114
Lokal 2	366	307	485	2746	6441	2069 [±] 1185
Lokal 3	95	40	258	485	109	197 [±] 80
Lokal 4	47	32	53	28	14	35 [±] 7
Lokal 5	79	120	62	61	69	78 [±] 11
Lokal 6	67	57	33	46	52	51 [±] 6
Avrundat medelvärde [±] S.E	162 [±] 58	208 [±] 105	189 [±] 72	574 [±] 440	1124 [±] 1063	

Referenslokalerna: 64.6[±]7.4 (n=10)

Exklusive Mya, Mytilus, Ascidier, Ostrea, Balanus

	1977	1978	1979	1980	1981	
L1	278	301	242	78	63	192 [±] 51
L2	304	305	282	114	37	208 [±] 56
L3	87	40	28	110	24	58 [±] 17
L4	47	32	53	28	14	35 [±] 7
L5	38	105	42	51	48	57 [±] 12
L6	60	55	17	36	45	43 [±] 8
\bar{x} [±] S.E	136 [±] 50	140 [±] 53	111 [±] 48	70 [±] 15	38 [±] 7	

Referenslokaler: 49.7[±]7.2 (n=10)

BIOMASSA Exkl Mya, Mytilus, Ascidier, Ostrea, Balanus
och Corbula Gibba

Avrundat

	1977	1978	1979	1980	1981	$\bar{x} \pm SE$
L1	66	51	42	35	30	45 \pm 6
L2	209	44	44	83	22	80 \pm 34
L3	55	27	19	110	24	47 \pm 17
L4	40	20	29	2	3	19 \pm 7
L5	35	100	38	50	47	54 \pm 12
L6	60	54	14	36	44	42 \pm 8

Tippningslokaler L1-L4: 47.8 \pm 10.2 (n=20)

Referenslokaler L5-L6: 47.8 \pm 7.0 (n=10)

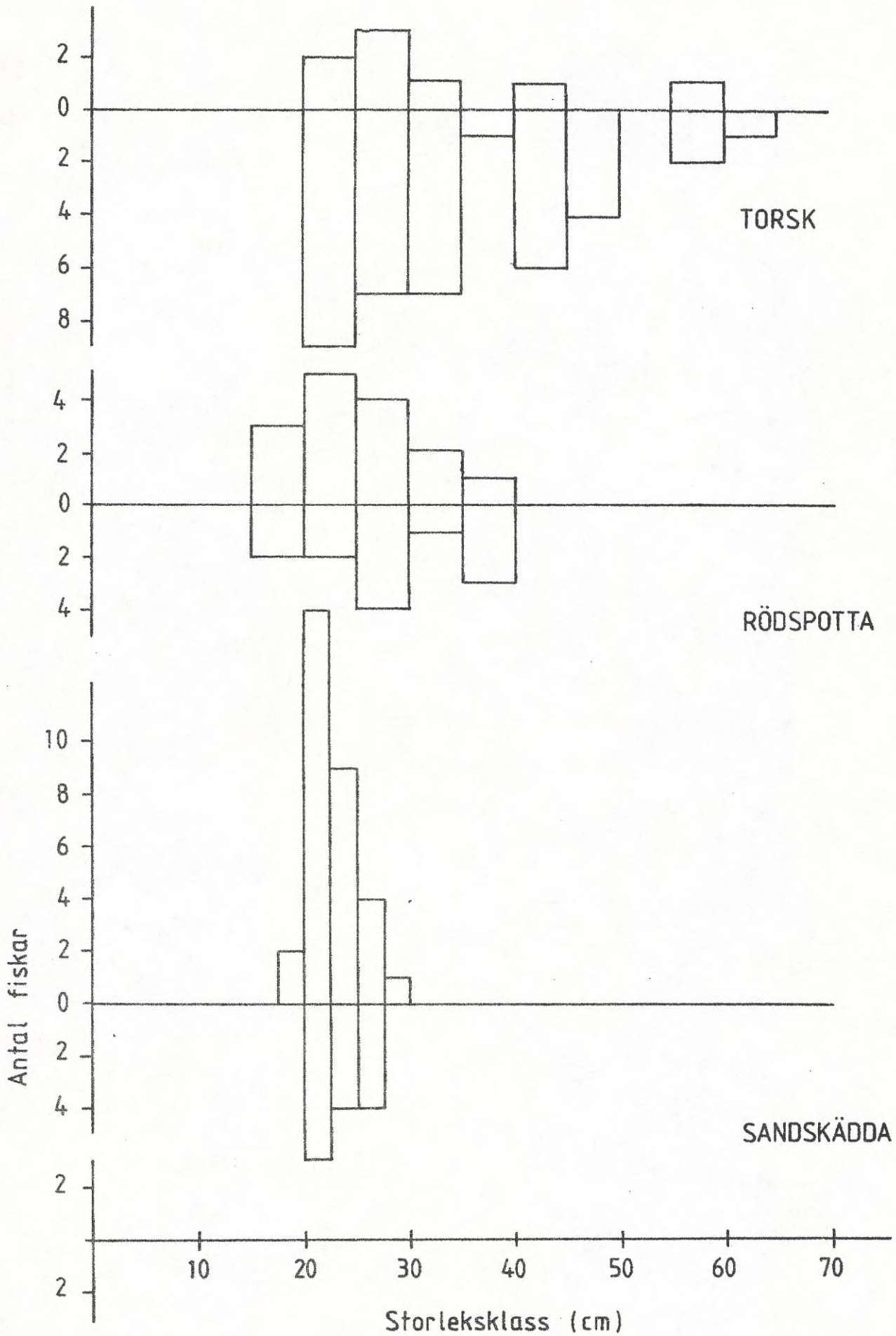
CORBULA GIBBA

		1977	1978	1979	1980	1981
ANTAL/m ²	L1	12918	4706	2630	544	592
	L2	5156	4168	1956	682	710
	L3	2684	738	1280	72	186
	L4	696	170	272	310	322
	L5	62	64	98	102	32
	L6	34	76	82	28	26
	VIKT/m ²	L1	212	250	200	43
L2		95	261	238	31	15
L3		32	13	9	0.1	0.3
L4		7	12	24	26	11
L5		3	5	4	0.6	1
L6		0.5	0.6	3	0.4	1
INDIVID- VIKT (mg)		L1	16	53	76	80
	L2	18	63	122	45	21
	L3	12	17	7	2	2
	L4	10	69	89	83	33
	L5	44	84	36	6	44
	L6	15	8	39	14	46

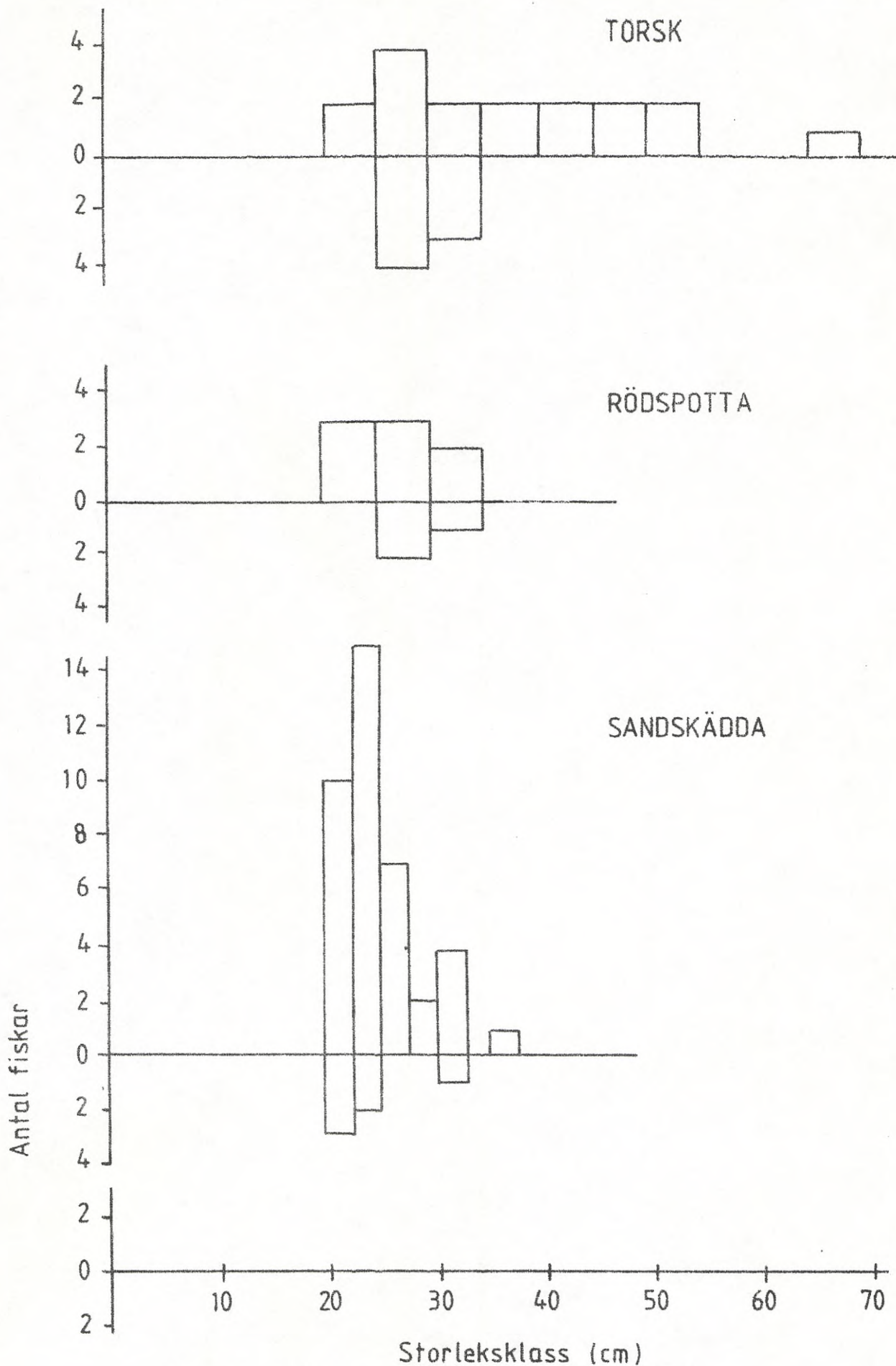
Diversitetsberäkningar

enligt Shannon-Weaver (H) samt jämnhet (J)
och enligt Margalef (d). Se metodik.

ÅR	INDEX	L O K A L					
		L1	L2	L3	L4	L5	L6
1977	H	0.8	1.8	2.2	2.7	3.7	4.4
	J	0.15	0.38	0.40	0.54	0.61	0.73
	d	3.8	3.4	5.5	4.7	8.7	9.4
1978	H	1.8	1.4	2.5	3.1	4.5	4.2
	J	0.31	0.26	0.48	0.68	0.77	0.76
	d	6.6	5.0	4.4	3.5	7.8	7.2
1979	H	2.41	2.33	3.04	2.49	4.08	4.49
	J	0.43	4.83	5.70	3.36	7.75	8.42
	d	5.98	4.83	5.70	3.36	7.75	8.42
1980	H	3.02	2.98	4.36	1.85	3.93	4.61
	J	0.60	0.59	0.75	0.54	0.67	0.81
	d	4.20	4.37	7.39	1.61	7.74	7.49
1981	H	2.94	3.58	2.98	2.66	4.43	4.53
	J	0.59	0.67	0.58	0.65	0.76	0.78
	d	4.07	4.76	4.43	2.45	7.71	8.04



Storleksfördelning vid provfiske oktober 1978. Övre staplar=deponeringsområdet, Nedre staplar=referensområde för provfiske.



Storleksfördelning vid provfiske maj 1978. Övre staplar=deponeringsområdet, Nedre staplar=referensområde för provfiske.

