

TERRA 108:1 1996

Sedimentmiljön i Lumparnbukt, Åland

ANNE MÜLLER

FB Geowissenschaften, Ernst-Moritz-Arndt-Universität
Institutionen für Geologi och Mineralogi, Åbo Akademi



Müller, Anne (1996). Sedimentmiljön i Lumparnbukt, Åland (The Sedimentary environment of Lumparn Bight, Åland). Terra 108:1, pp. 20–29.

The sediment investigations presented here were carried out as a pilot study for sampling which was pursued later in the Archipelago Sea off southwestern Finland. The purpose of this study was to obtain a general overview on sediment parameters in coastal areas of the Finnish parts of the Baltic Sea. The question was to what extent these sedimentary environments were comparable to the lagoonal estuaries at the southern coast of the Baltic Sea in Northeast Germany; e.g. which similarities and which differences would exist between the different regions.

The Lumparn Bight at Åland is a coastal basin of approximately 80 km² characterized by brackish waters which had a salinity between 5–6 ‰ at the time of sampling. The sediments are made of material of rather fine grain size. The sedimentary environment was described by using field observations and a plot of sulfur versus organic carbon, and by interpreting redox and oxygen measurements in the water column. Organic matter and nitrogen contents were rather low compared to other areas of the Baltic Sea. Organic matter seems mainly to be derived from marine sources. Trace metal contents are compared to those of sediments from the Archipelago Sea off southwestern Finland.

Anne Müller FB Geowissenschaften, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Jahnsstr. 16, 17489 Greifswald, Germany

Undersökningsområde

Den här framställda sedimentundersökningen gjordes som pilotstudie för senare utförda undersökningar vid sydvästra Finlands kust. Målet var att få en uppfattning av vissa sedimentparametrar för kustområden i (sett från sydbaltiska synvinkeln) norra Östersjön. För många analyser användes därfinnska standarder (som ofta är ganska lika de finska standarderna) eller i internationell skala diskuterade metoder (se kapitel om metoder). Utöver sedimentundersökningen gjordes också mätningar av vattnet. Analysetoderna är beskrivna mycket detaljerat här för att göra jämförelse med andra undersökningar möjlig.

Lumparnbukt var det första området som undersöktes och därför analyserades sedimentsegmenet av 10 cm tjocklek vilket ger en förhållandevis grov upplösning. Också valet av mätningar samt antal av de utförda analyserna motsvarar en pilotstudie.

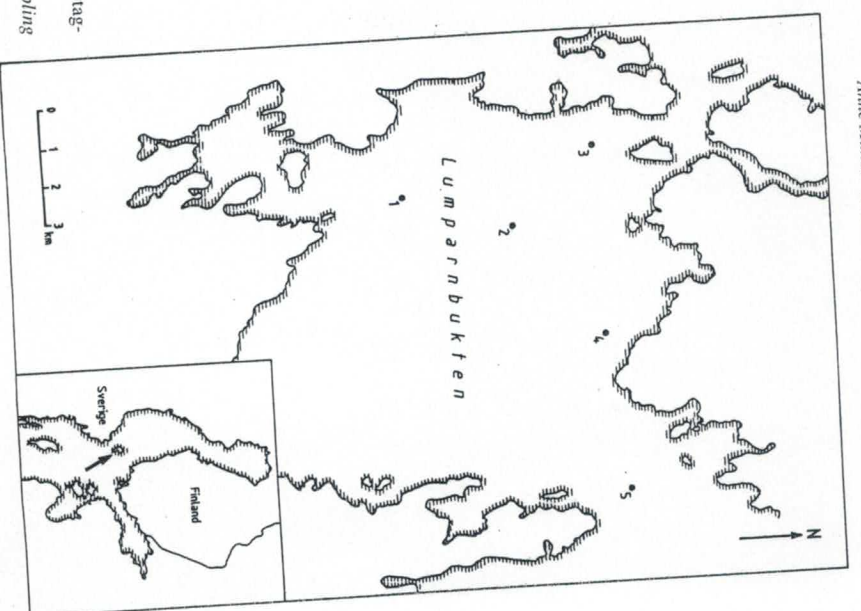
På grund av det stora antalet undersökta parametrar och de enhetliga resultaten torde undersökningen ge en inblick i sedimentens egenskaper i undersökningsområdet.

Som undersökningsområde valdes Lumparnbukt på Åland som är en bassäng med ett överblickbart avrinningsområde. Buktens (samt angränsande fjärdar och vikar) har beskrivits och undersökts ur ekologisk synvinkel i flera publikationer (lex. Sandberg *et al.* 1989, Östmann 1989). Beskrivningen som "ett rätt slutet inre havssystem med fjärdar och vikar helt omgivet av fasta Åland" (Sandberg *et al.* 1989) är en kort och bra sammanfattning av området.

Geologin och sedimentationen i Lumparnbukt har beskrivits av bl.a. Hausen (1964) och Winterhalter (1982). En kort sammanfattning:

Lumparnbukt (fig. 1) är ca. 80 km² stor (Lehtovaara 1982). Det finns olika teorier om buktens uppkomst: Det föreslås till exempel att den bildades på grund av en tektonisk deformation som resulterade i en grabensstruktur. En annan teori är att ett meteoritnedslag har gett upphov till buktens form (Winterhalter 1982). Bergarterna som ligger omkring själva bukten kan väldigt grovt sammanfattas som rapakivi-graniter (Hausen 1964).

Figur 1. Lumparnbukt och provtagningsstationerna.
Figure 1. Lumparn Bight and sampling locations.



Winterhalter (1982) föreslår följande bergarter för Lumparnbuktens botten: rapakivi-graniter av postorogen uppkomst, sedimentbergarter i form av basala arkosiska breccior och konglomerater av proterozoiska ålder, kambrisk sand- och silsten och ordovicisk kalk i norra delen. Bestämningen av bergarter grundade sig främst på ekolodningar vid vilka sedimentära bergarter av olika typ i vissa fall var svåra att särskilja.

Bergarterna är överlagrade av relativa tjocka sen- och postglaciäla silt- och leravlagningar som varierar i tjocklek från några få meter upp till 75 m. Framför allt de postglaciäla sedimenten har haft en tendens att avlagras i sänkor. Bottenmorfologin har därför blivit ganska jämn, om man bortser från några djupare ställen i östra delen där bukten övergår i "öppet" hav. I stort sett är bukten dock ganska grund och sällan djupare än 25 m (Winterhalter 1982).

Området har undergått och undergår fortfarande landhöjning på grund av den isostatiska utjämningslandhöjningen förorsakar att mer och mer berggrunden blir utsatt för erosion (Niemi 1982). Det kan antas att den jämna bottenmorfologin och buktens karaktär (liken form) bildar ganska bra förutsättningar för sedimentation.

Öppningen till det öppna havet är den enda förbindelsen genom vilken en större vattenmängd och därmed en större transport av partiklar kan tillföras.

Provtagning och analytiska metoder

Provtagningen utfördes i slutet av september 1991 på fem stationer (fig. 1). Vattendjupet vid stationerna varierade mellan ca. 7 m och 19 m (tabell 1). För sedimentprovtagningen användes en sedimenthantare som i stort sett motsvarade en Nie-

Tabell 1: Vattendjup, temperatur, pH, ledningsförmåga, salthalt, syrehalt i mg/l och syreläsladdad i % vatten i sjöarna i Östergötland vid vattenhyen och för bottenvattnet.

Table 1: Water depth, temperature, pH, conductivity, salinity, oxygen contents in mg/l, oxygen saturation in % and redox potential. Values are for samples from surface and bottom waters, respectively.

station	water depth m	temperature °C	pH	lechningsformiga conductivity	saltalt % salinity ‰	02 mg/l 02 mg/l	02 % 02 %	redoxpotential mV redox potential mV
1	0,0	13,3	8,13	8,52	5,40	10,30	92,00	158
1	19,0	13,3	8,12	8,25	5,16	10,05	96,08	172
2	0,0	13,3	8,15	8,97	5,64	9,80	94,00	157
2	19,2	13,3	8,14	8,95	5,62	10,02	96,25	155
3	0,0	12,3	8,05	8,84	5,55	10,30	95,00	163
3	6,9	12,1	8,05	9,04	5,68	10,42	96,93	159
4	0,0	12,6	8,00	8,91	5,60	10,30	95,00	151
4	13,1	12,5	8,01	8,86	5,56	10,82	101,56	155
5	0,0	12,1	7,77	9,08	5,71	10,10	90,00	153
5	14,5	11,7	7,98	9,02	5,67	10,54	97,14	159

mistö corer för mjuk sedimentbotten (Niemiistö 1974). Tre kärnor per station togs och omedelbart efter provtagningen gjordes en grov beskrivning av sedimenten (färg, lukt, plasticitet, växtrester, muss-
shells etc.). Kärnorna hade en längd upp till 30 cm. Kärnorna delades upp i 10 cm:s segment och sub-
proven förvarades i lufttätt plastburkar. Genast ef-
ter ankomsten till laboratoriet samma dag bestämdes vattenhalten och glödningsförlusten i sedimen-
ten. Resten av materialet blev nedfrysat och under de
följande sex veckorna frystorkat. Största delen av
de kemiska analyserna begränsades till en kärna per
station och då till de två översta segment.

Vattenprovtagningen utfördes med en vattenhämtare (RUTTNER). I varje station togs et prov omedelbart under vattensytan och et prov ca. 50 cm från botten (betecknat som bottenvatten i det här arbete. För båda vattenproven mättes temperaturen och redoxpotentialen (referenselektrod Ag/AgCl och standardspänning av referenselektroden i angivna resultat beaktat) och för bottenvattnet dessutom syrehalten. Elektroden sattes försliktigt i vattenhämaren vilken öppnades väldigt kort för detta ändamål och avläsningen gjordes efter ca. tre minuter. Laboratoriet mättes samma dag för pH-värden och ledningsförmågan för båda proven. Salthalten beräknades genom ledningsförmågan. Dessutom mättes syrehalten enligt WINKLER på parallellprover av bottenvattnet (alla metoder utförade på Husö biologiska station, Åland). Båda syrevärdena var nästan identiska för alla fem stationerna. I resultatbehandlingen och diskussionen användes medeltalet av parallellvärdena.

Vattenhalten i sedimenten bestämdes med hjälp av viktförlusten vid torkning i värmeskap (105 °C). Glödningstörstulen beräknades på basis av viktför-lusten vid glödning (tysk standard, 1 timmes glöd-ningstid vid 550 °C och relativ vikstabilitet efter ytterligare 30 minuters glödning).

ytterligen 30 minuter genom
Konstfärbesfärdningen beständes med en
Sedigraph (L.O.T./GALALCIS-1). Som förb-
handling löstes proven i destillerat vatten och i
30 % ig H_2O_2 -lösning (teknisk), varefter de be-
handlades med ultraljud i 10 minuter. Efter tillsats
av mättad Calgonlösning och omrörning fick sus-
pensionen stå i flera timmar före mätningen. Den
statistiska behandlingen av data gjordes med det
tillhörande dataprogrammet.

tilförde utgångsmaterialet. Den mobiliserbara fraktionen fosfor, d.v.s. summan av hydrolyserbart fosfat och ortofosfat analyserades. För detta ändamål användes glödningsserieten av sedimenten (glödningsstemperatur 550 °C), som kokades med 2N HCl i 15 minuter, filtrerades och neutraliserades med NaHCO₃. Lösningen behandlades enligt tyska standarden (DIN 38 405-D 11-3) vid vilken koncentrationen av det blåa lydenkomplexet bestäms fotospektrometriskt.

Kväve, organisk kol samt totalt analyserades med en CHN-analysör (FOSS Heraeus CHN-O-Rapid).

Rapport). Konfaktionen finare än 63 µm (tömskikning med nyloniskt) analyserades på metallhalter och svavel. För metallanalyser med ICP upplöstes provet i en timmes tid vid 95 °C i HCl-HNO₃-H₂O (3:1:2) vilket motsvarar en partiell analys. Analys av totalsvavel utfördes med LECO.

Resultat och diskussion

Parametrar i vattenfasen

De uppmätta värdena för vatten temperaturen var av samma storleksordning både vid ytan och botten. Dagarna före provtagningen hade det varit starka vindar och man kan utgå ifrån en hydrografisk situation utan signifikant vattnesskiktning. Vattemassan verkade vara bra omrörd. De uppmätta temperaturvärdena, salthalten, syreförhållanden vid bottentemperaturerna är framförda i tabell 1.

Temperaturen var runt 12–13 °C, pH-värdena ca 8 och salthalten varierade mellan 5,1 och 5,7 ‰. Syrehalten visar en bra syresaturation i bottevattnet. De på WINKLER-metoden baserade värdena visar att syrehalter över 10 mg/l och en syrenämnad av minst 96 %. Värdena för redoxpotentialen lyder däremot 1976; Kähler 1990), d.v.s. vatnet är inte rikare än på suboxiska förhållanden (Bågander & Niemistö 1976; Kähler 1990), d.v.s. vatnet är inte riktigt syresätt men det är dock ingen syrebrist heller. Vårdena ligger omkring 150–170 mV, d.v.s. variation är liten. De låga värdena kan ha sin orsak titionen är lian. De låga värdena kan ha sin orsak i pågående nedbrytningsprocesser för organiskt material eller i anoxiska förhållanden i sedimenten vilka kan antas råda under sommaren i sedimenten somman 1989, för redoxsituationen i Östersjön

Osmann 1989), för redoxsituationen i Östersjön sedimenter till sedimentegenskaper och se deminutinjös se Bågander & Niemistö 1978). Syret bara några dagar före provtagningen, sannolikt i situationen kan ha förändrats i ett tidsintervall på grund av en större mängd partiklar var (Fe) utschlutas att en större mängd partiklar var (Fe) penderade i vatnet omedelbart efter botten vilks då kan ha inverkat på syreförhållandena. Geneter måste antecknas, att pålitliga redoxmätningar svåra att utföra och att man alltid måste räkna med en avvikelse på minst +/- 50 mV (Bågander & N

mistö 1978).

Sedimentbeskrivning och tolkning

Sedimentens färg kan kort sammanfattas:

Station 1: Vid ytan 3-5 cm brunt, djupare svart.
Station 2: Vid ytan 1-4 cm brunt, djupare grått.
Station 3: Vid ytan ca. 2 cm brunt, djupare grått.
Station 4: Vid ytan 1-3 cm brunt, djupare grått.
Station 5: Vid ytan 1-3 cm brunt, djupare grått.

Sedimenten vid station 3 och 5 luktade starkt svavelväte.

Sedimentens färg kan ge en indikation av syre- och sulfidkoncentrationerna i sedimentet och förhållandena. En grå färg på sedimentet i norra Östersjön antas indikera aktivitet av sulfatreducerande bakterier (Niemiistö & Winterhalter 1977). I

Lumpambukten befrädes detta av svavelväte-
ten. Svavelväte (H_2S) bildas i sedimentens intersti-
tialvätska då syret tar slut och sulfatreducerande
bakterier övertar nedrymningsprocessen av det or-
ganiska materialet. I sediment där sulfatredukto-
geniska materialer, i sediment där anoxiska (Kähler
1990, Lapp 1991). En brun färg däremot tyder på
när pågår sigs förhållanden vara anoxiska (Kähler
1991). Kähler 1990). Den förhållandevis skarpa
gräns mellan de två sedimenttyperna i Lumpambuk-
ten, oxiska eller suboxiska förhållanden i sedimenten,
dvs. organiskt material nedbryts direkt eller indi-
rekt med hjälp av syre (Niemi 1977, Winterhaller
1977, Kähler 1990). Den förhållandevis skarpa
färgövergången i Lumpambukten sediment (se
färgbeskrivning) indikerar en förändring i redoxförhå-
llanden och de enskilda nedrymningsprocessernas
relativa betydelse.

relativt betydelse. Övergången från oxiska/suboxiska till anoxiska förhållanden i sedimenten skedde mellan 1 och 5 cm:s djup. Vid station 1 har möjlighets andra nedbrytningsprocesser en relativt större betydelse än på de andra stationerna.

Fysikaliska sedimentparametrar och glödningförlust

Vattenhalten i sedimenten var liest större vid stationerna 1 och 2 (ca. 70 %, i viktprocent) än vid stationerna 3 till 5 (variationsintervall 37 till 64 %, se tabell 2). De låga värden som ibland fanns i de översta 10 centimeterna jämfört med de djupare siktrena kunde inte förklaras. Samma prover visade också avvikande och låga värden för glödningsförlusten och närsluter till stationerna 1 och 3.

lusten och närsaltsförhållanden vid station 1 och 3 kan dock vara olika. Den högre vattenhalten vid station 1 och 3 kan förklaras med relativt lugnare förhållanden eller lite mindre omedelbar påverkan av vattenutbytet, vilket innebär mindre omfattning av transportprocesser och följande mindre omfattning av sedimentationsbetingelser p.g.a. jaktligen bättre sedimentationsbetingelser p.g.a. öppningen till "öppet hav" är längre bort. I en sådan öppning till "öppet hav" är längden av den sjöbotten mellan kanorganiskt material, som är ganska lätt, och den sjöbotten mellan vattenhaltiga sedimenterna i en större omfattning. Detta resulterar i större vattenhalter och glödningförluster (se tabell 2). En viss variation i vattenhalten kan säkerligen också tillskrivas analysfel eftersom analysförfarandet generellt brukar vara relativt högt, av vattenhalten också tyda på inhomogenheter i materialet. Det kan däremot också tyda på inhomogenheter i sedimentprofilen p.g.a. variationer i tillförseln av organiskt material eller i själva sedimentationsprocessen. Oftast kan detta ses om man jämför de olika skivorna med andra parametrar som till exempel kolkhalten eller kvävehalten. De höga värden vid 20–30 cm:s djup, där man väntar sig lägre vatten än vid ytan, kunde inte förklaras. De ansågs först vara analysfel, men även glödningförlusterna för dessa prov var relativt stora (tabell 2).

Kornstorleksfördelningen i sedimenten är typisk för norra Östersjöns sediment (Pettit & Briggs 1991). Mellan 45 % (minimivärde) och 93 %

Tabell 4. Halterna av organisk kol, totalkol, kväve och fosfor samt förhållande organisk kol: kväve i sedimenten. Table 4. Organic carbon, total carbon, nitrogen and phosphorus contents, and organic: nitrogen ratio of sediments.

station	depth cm	C org. %	C tot. %	N %	P mg/g	C org/N
1	00-10	1,07	1,21	0,17	1,46	6,29
1	10-20	2,33	2,40	0,29	1,02	8,03
2	00-10	2,33	2,42	0,32	1,47	7,28
2	10-20	2,31	2,40	0,34	1,15	6,79
3	00-10	1,89	2,06	0,33	0,59	5,73
3	10-20	2,12	2,23	0,28	0,78	7,57
4	00-10	1,90	1,93	0,24	0,62	7,92
4	10-20	2,12	2,21	0,26	0,71	8,15
5	00-10	1,99	2,09	0,24	1,28	8,29
5	10-20	1,89	2,04	0,23	0,77	8,22

den i vattenfasen som kan antas att vara rådande största delen av året. Exakt hur mycket material som verkligen avlagras kan bara bestämmas på basis av åldersbestämning och anslutande jämnviktssberäkningar.

Som jämförelse kan nämnas att halterna i Bott-niska viken kan röra sig omkring 7 %, alltså samma storleksordning som halterna i södra Östersjöns sediment (Perttälä & Brügmann 1991). Orsaken till de höga halterna i Bottniska viken är ett inflyde av humusrik vatten via åarna vilket kompenserar den kortare produktionsperioden. Detta antogs också bl.a. för Årstan-området där halterna genomslipar sig omkring 3-3,5 % (Müller 1992).

I Lumparubukten överstiger inte halten totalkol mellan organisk kol mera än i Årstan. Skilnaden mellan de båda parametrarna är med stor sannolikhet förorsakad av biogena kalkumkarbonater (förekomst av skalrester) (tabell 4).

Kvävehaltarna (0,17-0,34 viktpocent) är högst vid stationerna 2 och 3 (tabell 4). Grovt kan sägas, att de är lägre än i Årstan. Där rörde sig kvävehaltarna mellan 0,20 och 0,77 % för de övriga sedimenten i en undersökningsprofil från Åbo hamn till söder om Korpo (Müller 1992).

Korrelationskoefficienten mellan organisk kol och kväve var $r = 0,81$ och ligger då över det kritiska värdet för en signifikansnivå av 0,01. Förhållande mellan organisk kol och kväve varierade från ca. 6 till 8, då medelvärdet var 7,43. C:N-förhållande kan användas som indikator för marint respektive terrestriskt ursprung av det organiska materialet. Ett förhållande på dryga 6 (Beermann 1989) är typiskt för material som har producerats genom primärproduktion i havet (beräknat för marine djup-sjösedimenter). Större förhållanden kan tyda på ett bidrag av organiskt material från land.

Gripberg (1934) uppmätte ett förhållande på 10,5 för norra Östersjön. Ålandshavet inkluderat.

Detta förhållande har sin orsak i tillskottet av organiskt material som transporteras in via åarna (Perttälä & Brügmann 1991). Det organiska materialet i Lumparubukts sediment är synbarligen i huvudsak marint, möjligen med ett obetydligt tillskott av terrestriskt organiskt material.

Även om C:N-förhållandet är konstant i olika djup av en sedimentkärna kan man inte dra slutsatsen att buktens ekosystem har varit oförändrat över den tid som motsvarar sedimentens ålder. En ökat tillförsel av närsalter till exempel kan ha konsekvensen att primärproduktionen förändras, men detta kan inte ses i C:N-förhållandet i sedimenten. Förhållandet är däremot en bra indikator för förändring av tillförsel av organiskt material från land som t.ex. kan ske p.g.a. byggnadsarbeten eller p.g.a. tillförsel av avloppsvatten som innehåller mycket oneddyrt organiskt material.

Svavel

Svavelhaltarna i sedimenten visas i tabell 5. Sedimenten vid station 1 hade lägre halter (0,10 och 0,30 %) än sedimenten vid de övriga stationerna (mellan 0,08 och 2,98 %). Det låga värdet vid station 4 (0,08 %) kan inte förklaras. Variationen av svavelhaltarna var stor. Det är troligt att de låga svavelhaltarna vid station 1, där sedimenten var svarta (se sedimentbeskrivning), inte var en tillfällighet.

Som redan nämnts sker nedbrytningen av organisk substans i reducerade sediment huvudsakligen med hjälp av sulfatreducerande bakterier. På det sättet bildas svavelväte och det sker en diffus koncentrationstillväxning för sulfatjonerna mellan de överliggande havsvatten och sedimentens interstitiella vatten. Svavelväte reagerar med metaller, främst järn (II) varvid järnsulfid utfälls. Först bildas svart järn-monosulfid. I processens vidare för-

Tabell 5. Calcium-, svavel- och metallhalter i sedimenten. Table 5. Calcium, sulfur and metal contents of sediments.

station	depth cm	Ca %	S %	Zn ppm	Cu ppm	Ni ppm	Pb ppm	Cd ppm	Fe %	Mn ppm	Cr ppm	Al %	V ppm	Ti %	La ppm	Mg %	Co ppm
1	00-10	0,48	0,10	168	37	41	32	0,2	4,57	742	58	2,88	57	20	51	1,35	15
1	10-20	0,43	0,30	118	31	38	16	0,2	4,10	404	54	2,78	55	21	48	1,27	14
2	00-10	0,50	1,43	165	45	45	35	0,2	5,30	695	60	2,80	67	25	50	1,35	15
2	10-20	0,43	1,32	132	41	44	25	0,2	5,99	727	57	2,91	57	21	46	1,35	22
3	00-10	0,49	0,81	102	32	34	17	0,2	3,60	382	47	2,29	46	20	44	1,12	11
3	10-20	0,46	1,03	93	32	34	16	0,2	3,67	338	47	2,28	45	20	41	1,07	10
4	00-10	0,47	0,08	106	25	30	18	0,2	3,20	367	46	2,15	45	18	56	0,99	11
4	10-20	0,44	1,35	98	33	38	15	0,2	4,21	324	49	2,33	47	20	43	1,09	15
5	00-10	0,39	1,60	94	26	26	16	0,2	3,79	313	39	1,96	39	17	39	0,88	11
5	10-20	0,47	0,96	103	31	31	18	0,2	3,87	378	51	2,41	49	20	45	1,17	11

lopp, då mera svavelväte blir tillgängligt för systemet, bildas FeS vilket främst föreligger som mineral pyrit och vilket förorsakar en grå färg av sedimenten. Beroende på bakterieaktiviteten kan det även uppstå högre polysulfider. På grund av dessa reaktioner kommer svavel att bli anrika i sedimenten (Perttälä & Brügmann 1991; Förstner & Patchin 1976).

Metallhalter

För att kunna tolka metallhaltarna (tabell 5), bl.a. migrationsprocesser och bindningsform borde varje centimeter av sedimentprofilen ha analyserats. Nu kan analyserna endast ge indikatorer.

Intressanta är korrelationskoefficienterna för de olika elementen (se tabell 6). Nästan alla undersökta

Tabell 6. Korrelationskoefficienter för undersökningsresultaten för alla analyserade prover. Table 6. Correlation coefficients of analytical results for all sediments.

water	Ca	P	S	Zn	Cu	Ni	Pb	Fe	Mn	Cr	Al	V	Ti	La	Mg
C org	0,05	0,99													
C tot	0,06	-0,29	-0,26												
Ca	-0,11	-0,16	-0,16	-0,10											
P	0,84	0,27	0,53	0,35	-0,39	0,22									
S	0,71	0,29	-0,30	0,45	0,77	0,02									
Zn	0,70	0,15	0,18	0,40	0,58	0,46	0,77								
Cu	0,70	0,14	0,15	0,35	0,48	0,30	0,77	0,92							
Ni	0,70	0,14	0,15	0,35	0,48	0,30	0,77	0,92	0,81	0,72					
Pb	0,63	-0,26	-0,26	0,50	0,77	0,11	0,96	0,81	0,72	0,69					
Fe	0,76	0,24	0,25	0,00	0,65	0,69	0,67	0,88	0,84	0,84	0,69				
Mn	0,68	-0,21	-0,21	0,34	0,72	0,27	0,93	0,84	0,82	0,92	0,84	0,85			
Cr	0,69	0,03	0,02	0,52	0,47	0,09	0,85	0,86	0,92	0,78	0,74	0,85	0,96		
Al	0,79	0,01	0,01	0,28	0,55	0,15	0,82	0,80	0,90	0,71	0,79	0,85	0,97	0,97	
V	0,76	0,03	0,03	0,40	0,56	0,21	0,87	0,85	0,91	0,79	0,78	0,86	0,98	0,97	0,81
Ti	0,60	0,36	0,38	0,54	0,39	0,21	0,65	0,88	0,83	0,66	0,65	0,83	0,72	0,81	0,23
La	0,00	-0,25	-0,31	0,52	0,01	-0,47	0,56	0,15	0,31	0,48	0,08	0,44	0,48	0,40	0,50
Mg	0,74	0,03	0,01	0,42	0,50	0,14	0,82	0,85	0,90	0,73	0,77	0,85	0,99	0,98	0,78
Co	0,61	0,20	0,20	-0,15	0,45	0,63	0,54	0,70	0,78	0,49	0,91	0,74	0,65	0,75	0,69

element korrelerar med varandra med en korrelationskoefficient som är större än det kritiska värdet för en signifikansnivå på 0,01. I litteraturen finns ofta diskussioner om vilka metaller kan väntas förekomma i sediment som naturlig fraktion och vilka som måste beaktas som antropogent tillförda. Aluminium t.ex. antas ofta vara av naturlig ursprung (Perttälä & Brügmann 1991) medan halterna av bl.a. nickel, bly, zink, koppar och kadmium antas att vara summan av naturlig förekomst och antropogen anrikning. Det sägs i så fall vara antropogent koncentrerade under de senaste dekaderna (t.ex. Niemistö & Voipio 1981; Brügmann & Lange 1990).

I Lumparnbukt där man knappast kan vänta sig ett signifikant tillskott av tungmetaller från industri eller hushåll, korrelerar alla metaller med varandra. I Årstan korrelerade bara de metallhalter som anges som naturligt tillförda i litteraturen på samma signifikansnivå, d.v.s. aluminium, vanadium, titan och krom. Krom anses dock också av flera auktorer att vara naturlig i Östersjön, (se Niemistö & Voipio 1981; Brügmann & Lange 1990). Anmärkning: Korrelation av metallhalterna sker vanligtvis med resultat från totalanalys! I det här beskrivna arbete gjordes däremot "starka" partiella analyser.

Mineralsammansättning

Sista delen av detta arbete var en grov uppskattning av sedimentens mineralogiska sammansättning. Det kördes en bulk XRD analys (Philips röntgendiffraktometer PW1730/10). Standardtolknigen angav kvarts och plagioklas (tolkat som albit) som dominerande mineral. Kvartstopparna kan beståmas ganska säkert och överlappning av toppar i analysen var minimal. Bestämning av andra mineral eller utskilning av olika plagioklaser kan dock vara ganska svår eller felaktig för en sådan bulkanalys.

Observationer i svepelektronmikroskop (SEM) i selektiva slip (pådamningsmedel kol) visade både plagioklas och kalifältpat. Med hjälp av en kvalitativ elementanalys hittades dessutom titanoxid (titanit?) och kalciumfosfater (fiskben eller apatit?). Det organiska materialet och framför allt lemmieralen som hade klumpas ihop under frystorkningen överlämnade andra mineraler och gjorde det omöjligt att få en klar upplösning. En tydlig var förekomsten av pyrit i framboidal form, som kan antas att ha bildats autogent (Rothwell 1989). Skillnaden som fanns mellan de undersökta slipen togs inte i beaktande för de ansågs inte vara representativa.

Sammanfattning

Sedimentundersökningen i Lumparnbukt var en pilotstudie och tilläuter i sin helhet följande uttag för material:

Enligt korrosionsfördelningen kan sedimenten klassificeras som lera och silt. Materialet kan betraktas som mycket finkornigt. Övergång från oxidisk till anoxiska förhållanden varierade mellan 1 och 5 cm:s djup i sedimenten.

Vattenhalten i sedimenten (37–70 viktpocent) visade lokalt små skillnader. Vattenhalten visade samma tendens som glödningsförlust och korrosionsfördelningen. Alla tre parametrar tydde på relativt sätt bättre sedimentationsbetingelser i sydvästra och västra delen av bukten jämfört med nordvästra, norra och nordöstra delen. Skillnaden anses dock inte vara av stor signifikans och det behövs ytterligare undersökningar för en definitiv tolkning.

Halten av organisk kol ligger omkring 2 % vilket är ganska lågt jämfört med de man funnit i södra Östersjön eller de, som påträffats i Botaniska viken. Totalkolhalten överstiger halten av organisk kol marginellt och skillnaden mellan de båda parametrarna anses vara försäkrad av biogena kalciumkarbonater.

Kvavelhalterna varierar mellan 0,17 och 0,34 %. Förhållandet mellan organisk kol och kväve har ett medelvärde på 7,34 för alla prover. Största andelen organisk substans har producerats i marin miljö men också en mindre del organiskt material har kommit från land och avlagrats i sedimenten. Det finns variationer mellan provena.

Svavelhalterna visade mycket stora variationer för de olika proven (0,08–2,98 %). Sulfatreduktion antas förekomma i de anoxiska skikten i samband med nedbrytning av organiskt material. Svavelvätehalten och sedimentens gråa färg bekräftade detta delvis. P.g.a. detta antas mer eller mindre anrikning av svavel i dessa sedimentskikt.

För metallanalyserna gjordes ingen tolkning. Det fanns höga korrelationskoefficienterna mellan nästan alla metaller, oberoende av deras klassifikation som "naturlig" eller "antropogent anrikad" enligt litteraturen. Uppenbart tillhör alla undersökta metaller den naturliga fraktionen.

En grov undersökning av den mineralogiska sammansättningen påvisade kvarts, plagioklas (ingen entydig differentiation) och kalifältpat. Titanoxid och kalciumfosfater registrerades kvalitativt i elektronmikroskopet. Förekomsten av framboidal pyrit, som anses ha bildats autogent, var entydig.

Acknowledgements

För logistisk hjälp och intressanta fackliga diskussioner tackar jag Dr. Erik Bonsdorff och Husö biologiska station, Ålands landskapsstyrelse, Professor Carl Ehlers, Professor Alf Björklund, Dr. Peter Edén och Mats Åström (alla Åbo Akademi) och Professor Reinhard Lampe (Universitet Greifswald, Tyskland).

REFERENSER

- Berget, W. H. & U. von Rad, (1972). Cretaceous and cenozoic sediments from the Atlantic Ocean. *Initial report of the Deep Sea Drilling Project* 14, 787–954.
- Bearman, G. (ed.) (1989). *Ocean Chemistry and Deep-Sea Sediments*. 134 p. Oxford.
- Berget, R. A. & R. Raiswell, (1983). Burial of organic carbon and pyrite sulfur in sediments over Phanerozoic time: a new theory. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, 855–862.
- Brügmann, L. & D. Lange, (1990). Metal distribution in sediments of the Baltic Sea. *Limnologia* 20, 15–28.
- Björklund, A. E. & L. Niemistö, (1978). An evaluation of the use of redox measurements for characterizing recent sediments. *Estuarine and Coastal Marine Science* 6, 127–134.
- Förstner, U. & S. R. Patincian, (1976). Binding and Mobilisation of Schwermetallen in fluvialen Sedimenten. *Chemiker-Zeitung* 100: 2, 49–57.
- Hansen, H. (1964). Geologisk beskrivning över landskapet Åland. *Ålands Kulturskrift* IV, 196 p.
- Kähler, P. (1990). Denitrifikation i marinen Küstensedimenten (Kieler Bucht, Ostsee). *Berichte aus dem Institut für Meereskunde Kiel* 199, 89 p.
- Lakkonen, A., P. Mäkelä, & A. Niemistö, (1981). Studies on the sinking, degradation and sedimentation of organic matter of Hanko peninsula, entrance to the Gulf of Finland. *Meri* 9, 3–42.
- Landes, E. (1982). Selvitys organisen aineen kiertoa ja hapenkulutuksen litteästä tekijöistä varsinaisen lääninen Pohjoisosa (English summary: Review of the factors affecting the cycling of organic matter and oxygen consumption in the Northern Baltic Proper). *Meri* 10, 108 p.
- Lapp, B. (1991). Metallmobilität in marinen Sedimenten der Kieler Bucht. *Berichte aus dem Institut für Meereskunde Kiel* 211, 81 p.
- Lehtovaara, J. J. (1982). Paleozoic Sedimentary Rocks in Finland. *Ann. Acad. Sci. Fennicae A.III* 133, 6–31.
- Müller, A. (1992). Untersuchungen an marinen Sedimenten in einem ausgewählten Küstengebiet Südwestfinlands – Betrachtungen zum Nährstoffstatus und zur Geochemie. *Diplomarbeit*, Universität Greifswald, 61 p.
- Niemistö, L. (1974). A gravity corer for studies of soft sediments. *Merentutkimuslait./Havforskningsinstitut*. Skr. 238, 33–38.
- Niemistö, L. (1982). Sediment och sedimentation i Botaniska Viken. *Kommittén för Botaniska Viken, Årsvärkport* 9, 6–18.
- Niemistö, L. & B. Winterhalter, (1977). Bottom photography used to study oxygen conditions in the Northern Baltic Sea. *Merentutkimuslait./Havforskningsinstitut*. Skr. 241, 91–95.
- Östman, M. (1989). Belastningen i Lumparn 1989. Husö, Forskningsrapport till Ålands landskapsstyrelse 73, 20 p.
- Perttälä M. & L. Brügmann, (1991). Pollutions studies in the Baltic Sea sediments. *ICES Cooperative Research Report* 250, 129 p. København.
- Rothwell, R. G. (1989). Minerals and mineraloids in marine sediments. An optical identification guide. 279 p. London.
- Räsänen, R. (1988). Undersökning av Bräskviken 1986. Husö, Forskningsrapport till Ålands Landskapsstyrelse 60, 20 p.
- Sandberg, E. (1988). Undersökning av Bräskviken 1988. Husö, Forskningsrapport till Ålands landskapsstyrelse 65, 24 p.
- Sandberg, E., K. Aarnio & E. Bonsdorff, (1989). Bottenfaunas utveckling i nordvästra Åland och i Lumparnområdet – en jämförelse av situationen 1972–1973 och 1989. Husö, Forskningsrapport till Ålands landskapsstyrelse 71, 44 p.
- Schulze, E. & Matis, H. (1967). *Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauern*. Berlin, 364–366.
- Winterhalter, B. (1982). The bedrock geology of Lumparn Bay, Åland. *Geological Survey of Finland, Bulletin* 317, 116–130.