



SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Rapporter och meddelanden nr 24

Harald Agrell

Gotska Sandöns kvartärgeologi

(Summary: The Quaternary geology
of the island of Gotska Sandön
in the Baltic)

Uppsala 1981



GOTSKA SANDÖNS KVARTÄRGEOLOGI

(Summary: The Quaternary geology of the island of Gotska Sandön
in the Baltic)

Harald Agrell

SGU Rapporter och meddelanden nr 24

Uppsala 1981

ISSN 0349-2176

ISBN 91-7158-228-2

INNEHÅLL

	Sid.
1. Bakgrund	3
2. Glaciala bildningar	6
3. Litorala sediment och processer	16
4. Eoliska sediment och processer	24
5. Grundvatten	28
6. Summary	32

1. BAKGRUND

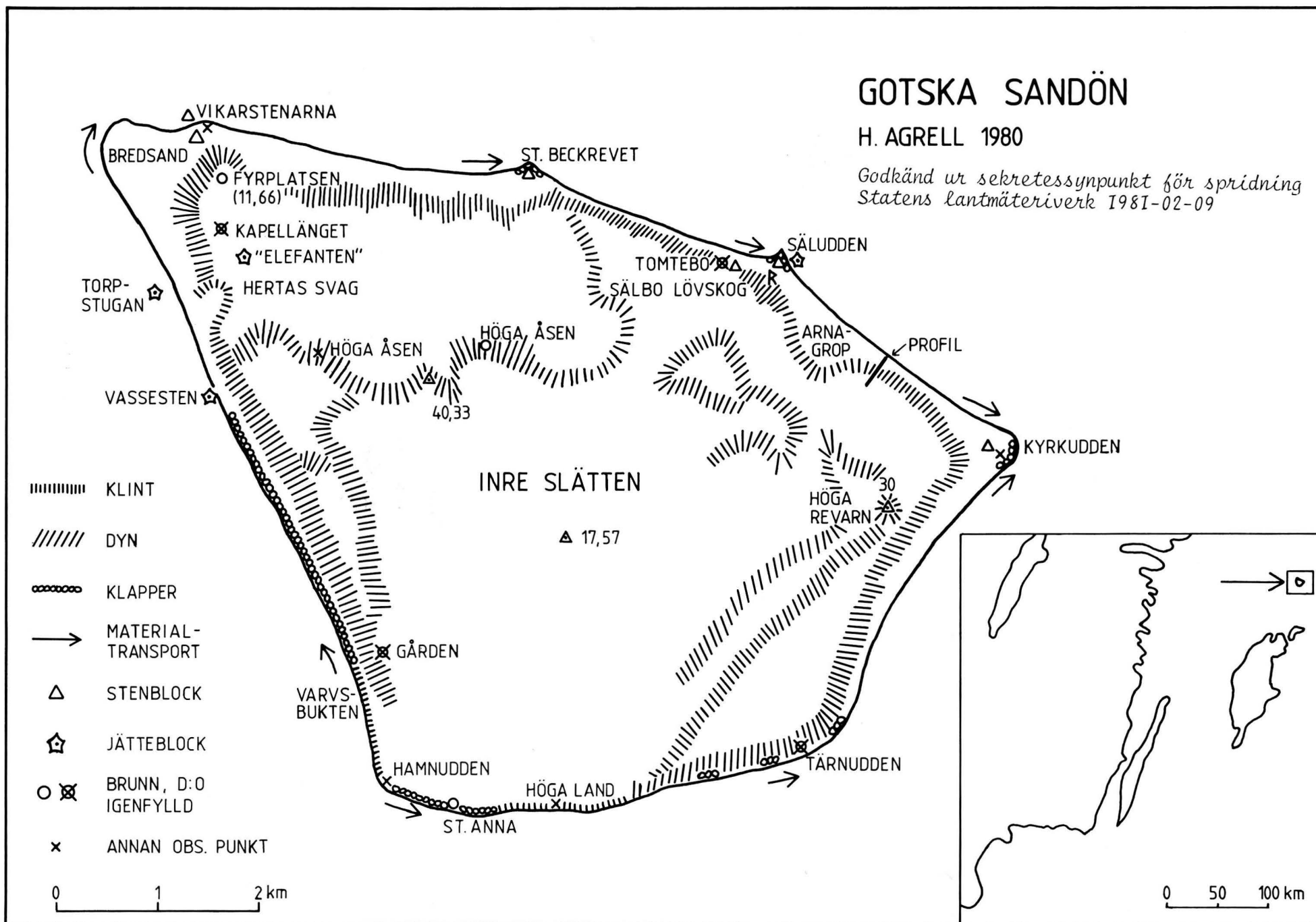
Gotska Sandön, Östersjöns mest isolerade ö, ligger ca 40 km norr om Gotland (Fårö) och ca 85 km ESE om Landsort (fig. 1). Öns yta är ca 36 km², men arealen är genom kustlinjens förändringar något osäker. Högsta punkten når 40 m ö h och att även detta värde är instabilt och sålunda på äldre kartor anges till drygt 42 m ö h beror på att högsta punkten är belägen på krönet av en mäktig flygsanddyn, Höga åsen, vilket sänkts genom deflation. Dynerna vilar på ett underlag av en flackt välvd strandvallsslätt av stenig grusig sand. Denna slätt når mellan 15 och 20 m ö h, något lägre, ca 10 m ö h i norr, och den flacka ytformen fortsätter någon kilometer ut i det angränsande havsområdet.

Kustmorfologin domineras av låga sandstränder i nordväst, norr och sydost, klapperstränder i sydväst och delvis i söder samt branta erosionsklintar i söder och sydväst (fig. 1). Höga land i söder når nära 20 m ö h med en vacker naturlig rasbrant. Kusternas skiftande utseende betingas dels av öns naturliga ytform (högst i söder och sydväst) och dels av en från sydväst fortskridande erosion, främst genom vågornas arbete och genom de strandnära strömmar vilka likt en kniptång omsluter ön från Hamnudden i sydväst till Kyrkudden i öster. Detta resulterar i nutiden i en mätbar erosion vid klintkusten i söder och sydväst och motsvarande ackumulation invid den norra flackkusten.

Öns inre, den flacka "inre slätten", med en gles tallskog påminnande om en norrländsk tallhed, skiljs i flackkustområdena från strandzonen av den mäktiga, lobformade randdynen, en förmodligen subrecent geologisk bildning. Utanför randdynen utbreder sig vidsträckta deflationsområden, "burg"-områden, med stenanrikning i ytan av den kalblåsta strandvallsslätten. De inre dynerna, med den loberade Höga åsen som dominerande formelement, är troligen också relativt unga bildningar. Sedan ett 50-tal år befinner sig flygsanddriften på ön i en stagnationsperiod med intensiv tillväxt av ung tallskog på de tidigare vegetationslösa ytorna.

På ön går berggrunden ingenstans i dagen och dess läge och sammansättning var okända fram till år 1957, då en djupborrning företogs nära stranden vid Hamnudden genom en sandig jordartslagerföljd av 73 meters mäktighet ovanpå ordovicisk kalksten (Thorslund 1958). I en utredning av områdets prekvartära berggrundsmorfologi har Martinsson (1958) visat att Gotska Sandön är belägen nära ortocerkalkstenens utgående i nordväst, innanför

Fig. 1. Karta över Gotska Sandön med i texten nämnda observationspunkter



den submarina brant som utgör den nordöstra förlängningen av den öländska landborgen.

Öns lokalisering har av flera forskare, t.ex. av Flodén 1977, tolkats som ett slags åsknut ingående i ett nord-sydligt stråk av deglaciationssediment (morän och isälvsmaterial) över Salvorev, Sandö bank och själva Gotska Sandön till de knappt 20 kilometer norr härom belägna Kopparstenarna ("Östersjöns fasa") med ett vattendjup av endast en knapp meter. Dessa ackumulationer har antagits vara betingade av den glaciala dräneringens koncentration till en sprickzon mellan mot NW resp. mot NE tillbakavikande is; själva Gotska Sandön möjligen även av en stagnation i isavsmältningsförloppet. Seismiska undersökningar i havsområdet norr om Gotland har visat att en ryggform i berggrunden primärt torde ha styrt ackumulationen av de lösa avlagringarna.

Den första rent geologiska undersökningen på Gotska Sandön, vilken utmynnade i en allmän och i sina huvuddrag alltjämt korrekt beskrivning, utfördes vid 1880-talets mitt av Torbern Fegraeus (Fegraeus 1886). Något tiotal år senare besöktes ön av geologistuderande från Stockholms högskola och de fältarbeten som då utfördes, framför allt inriktade på ledblockens sammansättning och frekvens, är redovisade av A.G. Högbom m.fl. (1894) samt av Herman Hedström (1895). Som ett led i en studie av svenska flygsandsfält besöktes ön under seklets första år av Albert Nilsson (Nilsson 1905). Den geologiska kartläggningen av ön genomfördes under två veckor sommaren 1923 av Henrik Munthe. Denna kartläggning var i stort sett ett enmansarbete där Munthe endast biträdades av sonen Tore Munthe. Munthes dagböcker har genomgått i samband med den föreliggande undersökningen men de ger få upplysningar utöver den utförliga tryckta kartbladsbeskrivningen (Munthe 1924).

Med undantag för de ledblocksstudier som utfördes av Milthers vid början av 1930-talet (Milthers 1933) dröjde det till 1950-talets slut innan Gotska Sandöns geologi på nytt kom i blickpunkten genom den år 1957 företagna djupborrningen vid Hamnudden (Thorslund 1958, Martinsson 1958). Tyvärr var tillvaratagandet av den kvartära lagerserien ofullständigt. Det föreliggande materialet från borrhningen har, tillsammans med en del kvartärgeologiska fältobservationer från ön, redovisats i en opublicerad trebetygsuppsats (Per Svensson 1961, handledare Anders Martinsson). I den föreliggande rapporten har en del informationer från denna uppsats arbetats in.

Senare års undersökningar i området har framför allt ägnats den submarina

geologin, såväl avseende berggrunden (Flodén 1977, 1980) som de kvartära avlagringarna (Mörner m.fl. 1973, Mörner 1977). Vissa observationer har utförts av Kvartärgeologiska avdelningen vid Uppsala universitet i samband med en ansökan från Cementa om submarin sandtäkt i området. Fr.o.m. år 1976 har den reguljära maringeologiska karteringen i SGU:s regi omfattat havsområdena norr om Gotland. Detta material (seismiska registreringar, provtagningar mm), som f.n. är under bearbetning, kommenteras i SIND:s grusutredning 1980, sid. 218-219.

Syftet med de i denna rapport redovisade observationerna är att åstadkomma ett underlag för tolkningen av maringeologiska observationsdata från havsområdet norr om Gotland. Som en särskild uppgift ingick även att insamla observationer för den hydrogeologiska länskartan över Gotland. Fältarbetet utfördes under en vecka, den 6-13 juli 1980. Eftersom jag kände förhållandena på ön ganska väl sedan två tidigare veckoslutsbesök, i maj 1970 resp. maj 1980, kunde arbetsinsatsen till största delen ägnas detaljstudier utan någon inledande rekognoscering. Värdefulla synpunkter på det redovisade materialet har lämnats av geolog Stefan Axberg, avdelningsdirektör Åke Hörnsten, amanuens Björn Karlsson, professor Anders Martinsson och professor John Norrman. Jag vill i detta sammanhang uttrycka förhoppningen att det föreliggande materialet, vilket här redovisas utan några vetenskapliga ambitioner, skall kunna kompletteras för framtida publicering. Redan det begränsade material som tagits fram för den aktuella uppgiften indikerar att Gotska Sandöns kvartära geologi och geomorfologi inrymmer problem av intresse långt utöver det lokala.

2. GLACIALA BILDNINGAR

Den enda hittills utförda djupborrningen på Gotska Sandön gjordes år 1957 nära stranden ca 2 m ö h strax sydost om Hamnuddens fyr nära öns sydvästra hörn. Syftet med borrningen var att dokumentera den kambroordoviciska lagerföljden och borrningen avslutades på 240 meters djup i jotnisk sandsten, enligt data redovisade av Flodén (1980) troligen mycket nära den underliggande urbergssytan. I den av Thorslund år 1958 publicerade preliminära beskrivningen behandlas endast flyktigt (sid. 191) den av övervägande stensblandat sand och grus uppbyggda, 73 meter mäktiga kvartära lagerföljden. Enligt uppgift av professor Anders Martinsson skedde endast ett ofullständigt tillvaratagande av denna. I Svenssons (1961) uppsats redovisas en profil genom de kvartära lagren och av denna framgår att lagerföljden består av grovsand med stensikt ned till + 65-66 meter, där en morän-

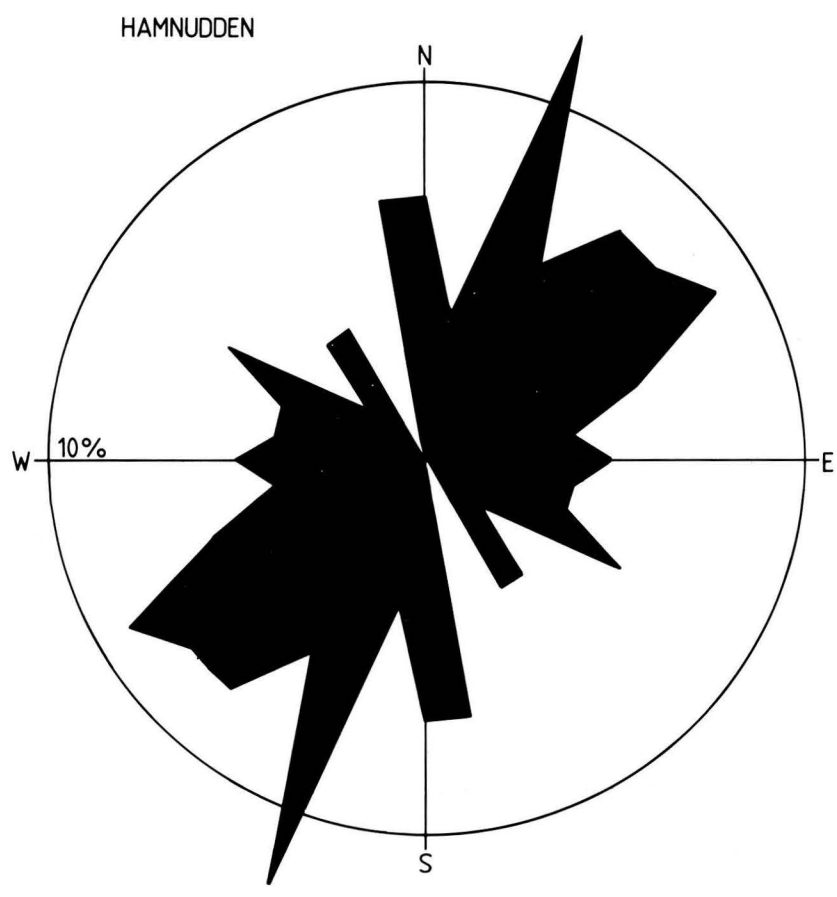
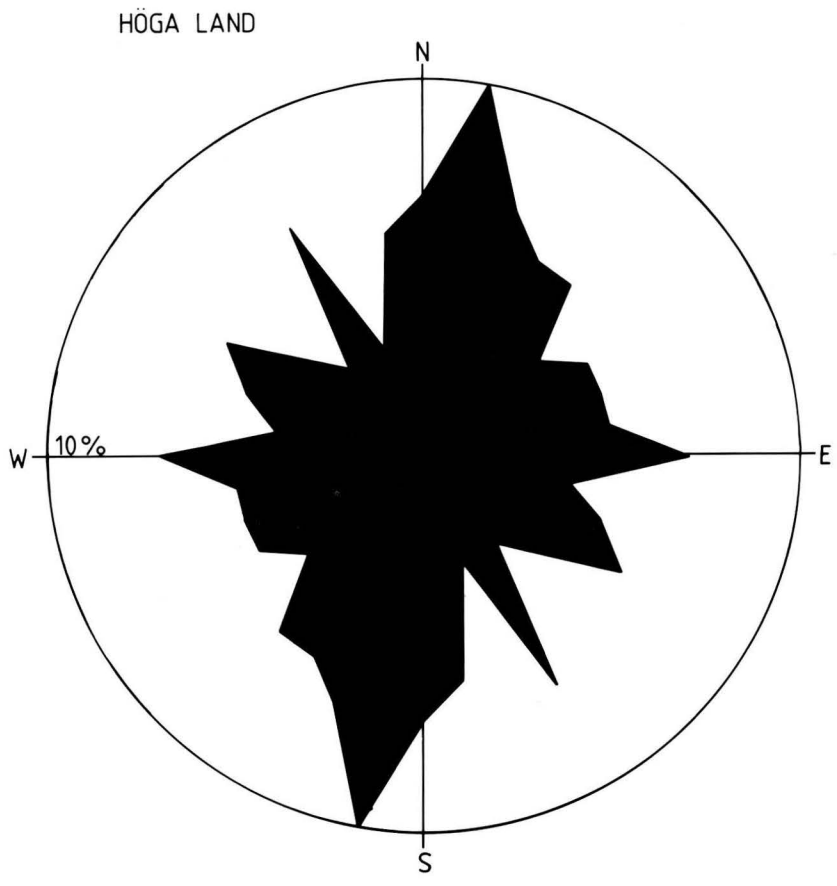
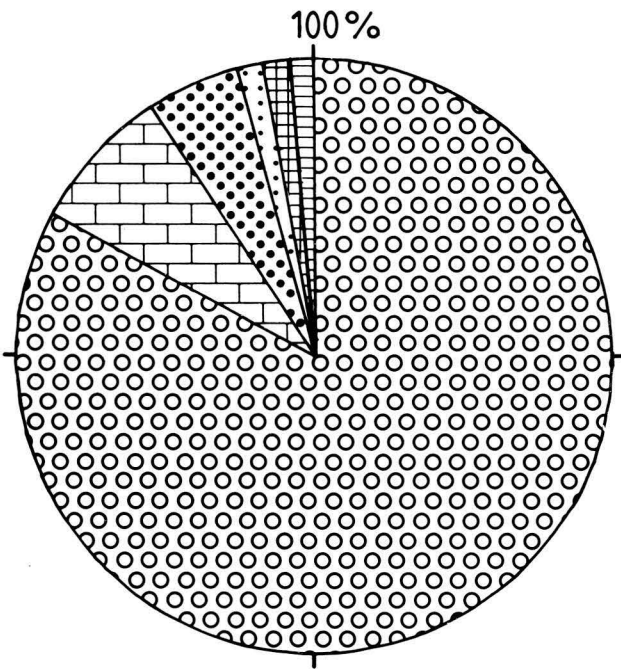
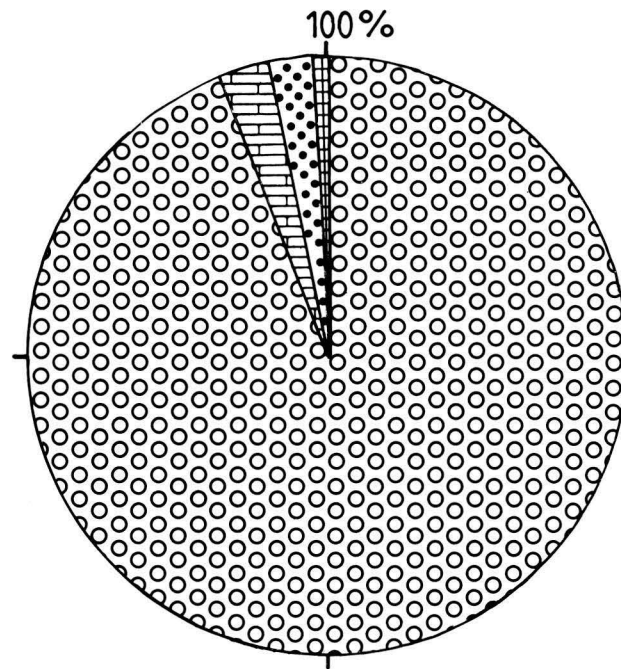


Fig. 2. Längdaxelorienteringen i finstensfraktionen vid Höga land och Hamnudden (samma lokaler som i fig. 4, n = 100)

KYRKUDDEN 0,2-0,6 m



SÄLUDDEN > 0,6 m



BECKREKET 0,2-0,6 m

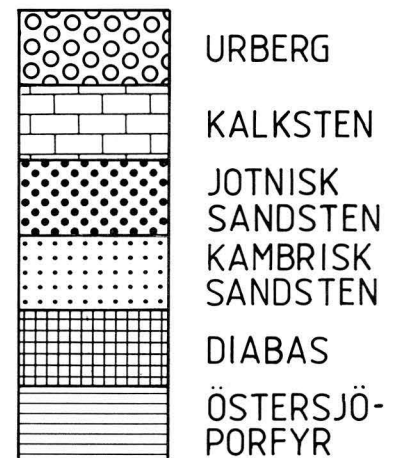
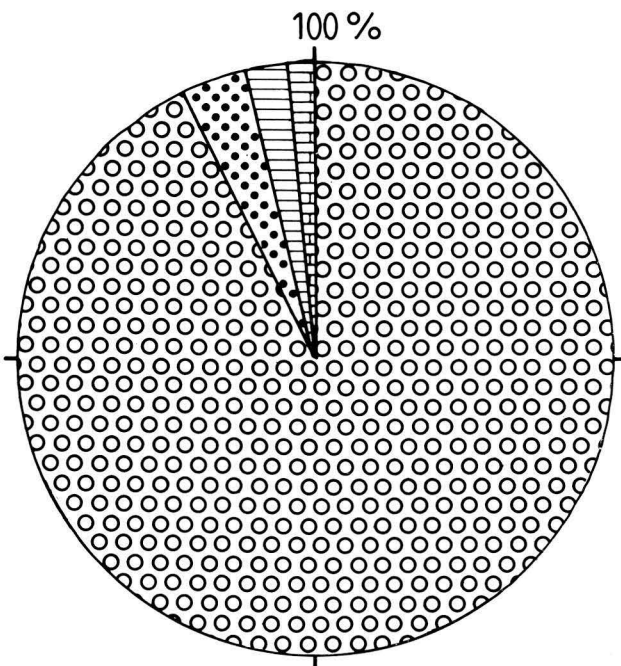


Fig. 3. Bergartssammansättningen i mindre block vid Kyrkudden och Beckrevet samt i större block vid Säludden (n = 500)

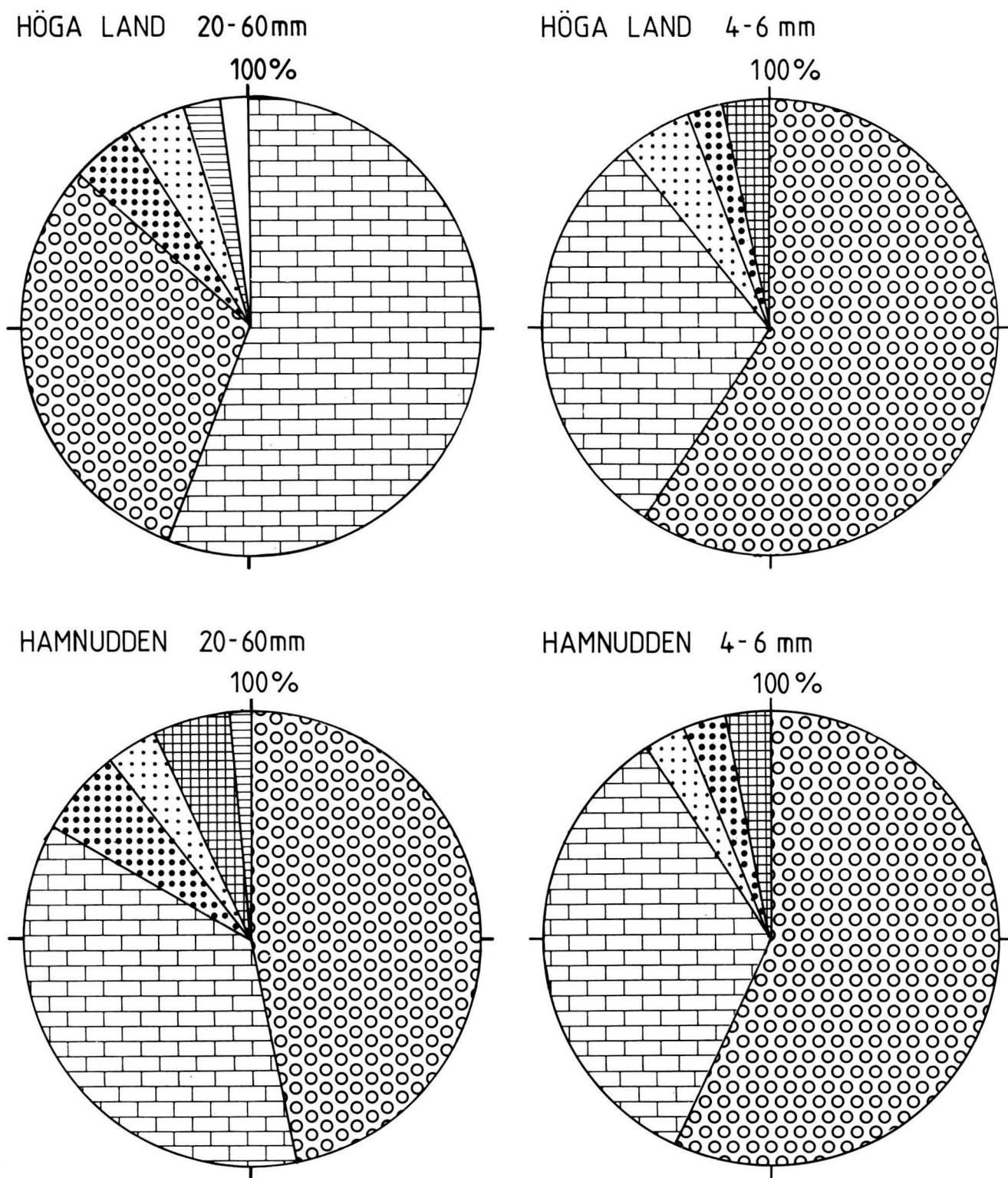


Fig. 4. Bergartssammansättningen i finstens- och fingrusfraktionen i subrecent klapper vid Hamnudden samt i förmodat isälvsmaterial vid Höga land ($n = 200$, beteckningar enligt fig. 3)

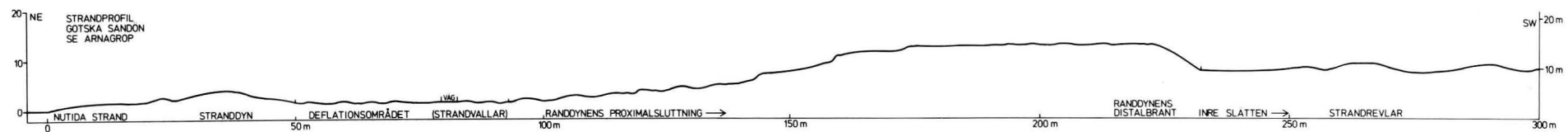


Fig. 5. Profil över formelementen i kustzonen vid Fiskmåshaiden SE om Arnagrop på öns nordöstra del. Profilen, som är uppmätt med syftspegel och måttband, visar nivåförhållandena utan överförhöjning.

horisont lokaliserats. Under denna följer några meter lera och sedan ånyo morän till berggrundsytan. En pollenanalys från leran visade ett dateringsmässigt intetsägande resultat, tydligen ett helt igenom redeponerat material. Utan ytterligare dokumentation ligger det närmast till hands att anta att hela den beskrivna lagerföljden härrör från den senaste glaciationen. I denna miljö, i en sprickzon mellan mäktiga islober från NW och NE, måste isframstötter ha varit vanliga i deglaciationens slutfas.

Öns höjd över havet och borrhålets läge nära havsytan innebär att den totala jordmaktigheten, flygsanden undantagen, uppgår till maximalt ca 90 meter om kalkstenens överyta antas vara approximativt horisontell med någon grads sydostlig stupning. Primära lager av isälvsmaterial torde vara blottade i den undre delen av den maximalt 18 meter mäktiga Högålandsprofilen längs öns södra strand. Dennes drygt 30° stupande rasbrant visar ett i ytan helt osorterat stenigt-grusigt material, likt en släntad grusgrop i en mellansvensk rullstensås (fig. 8). Ca 1/3 från ytan och nedåt syns en uthållig stenhorisont, vilken förmodligen utgör en gräns mellan strandgrus och primärt isälvsmaterial.

Några meter över havsytan är en meterhög skärning av och till blottad på en sträcka av ca 200 meter. Lagren utgörs av strömskiktad grovmoig mellan-sand med oregelbundna grus- och stenlinser (fig. 9). Kornstorleksfördelningen (fig. 6 a) är anmärkningsvärt lik litoralsanden och flygsanden, redovisade i fig. 6 b och c. Stupningen växlar i detalj starkt mellan 0° och 33° men är i bankarna enhetlig och drygt 10° mot ESE-SE. En stenorienteringsanalys, fig. 2, utvisade ett maximum transversellt häremot, indikerande att lagren bildats i strömmande vatten. Som jämförelse kan nämnas att den i samma figur redovisade riktningsanalysen från säkert litoralmaterial vid Hamnudden visar en betydligt mera spridd orientering.

Eftersom stranden är ost-västlig kan blottningens längd parallellt med lagerstupningen beräknas ur sambandet $\cos 45^{\circ} = 200/X$ där X blir ca 280 meter. Den sammanlagda minsta mäktigheten vinkelrätt mot stupningen hos denna helt homogena lagerföljd framgår av sambandet $\sin 10^{\circ} = X/280$ där X blir 0, 174 x 280, d.v.s. en lagermäktighet av närmare 50 meter. Munthe (1924 sid. 22) uppger att skal av *Ancylus mollusker* påträffats i den undre delen av Högålandsprofilen och han tolkar därför dessa lager som litorala sediment bildade på relativt djupt vatten genom bottenströmmars nedbrytning av åskärnan. Tyvärr innehåller Munthes fältdagbok få fakta om dessa

uppseendeväckande observationer. Från ett modernt betraktelsesätt förefaller Munthes bildningsteori föga sannolik. Sedimentets karaktär tyder på primärt isälvsmaterial. De av Munthe iakttagna skalresterna kan möjligen utgöra redeponerat material.

I kustklinten några hundra meter norrut från Hamnudden, vilken stiger till 17 meters höjd, finns några mycket obetydliga blottningar av helt likartade lager men här med västlig stupning. De långsträckta stenarnas orientering är vinkelrätt häremot enligt en av Svensson (1961) redovisad mätning. Materialet i klinten närmast norr om Hamnudden är mycket grovt med block större än en halv meter. Även denna blottning torde representera primärt isälvsmaterial medan man i klinten vid Hamnudden möter isälvsavlagringens kärna som tydligen går fram mellan dessa båda observationspunkter.

De markerade uddarna i norr och nordost; Beckrevet, Säludden, Kyrkudden och delvis även Bredsandsudden, utgör rester av glaciala jordlager. På Beckrevet och Kyrkudden är blocken i regel mindre än en halv meter och väl rundade medan de på Säludden i regel är större och kantigare. Det största här påträffade blocket hade en diameter på cirka 4 meter (fig. 10). Sannolikt utgör Säludden primärt en moränackumulation, de båda andra åskärnor, möjligen utgrenande åt norr och NE från en åsknut vid eller norr om Hamnudden. För att uppnå klarhet i detta vore seismiska profiler i öns inre önskvärda. Den helt och hållet av litoralmaterial uppbyggda Bredsandsuddens lokalisering bör vara betingad av de s.k. Vikarstenarna vid uddens norra strand rakt norr om fyrplatsen. Dessa stora och kantiga stenar indikerar en kärna av moränursprung.

Även inom andra avsnitt av öns norra och nordvästra del når moränen tydligen nära markytan, vilket t.ex. indikeras av blocken Torpstugan (i huvudsak dolt av vatten, diameter okänd) och Vassesten (diameter ca 3 meter) längs västra stranden samt blocket Elefanten med 3-4 meters diameter söder om kapellet. Alla dessa flera tiotal block, vilka av Svensson (1961) visats på en karta, består av kristallint urberg. De grävningar Svensson företog i anslutning till blocken visade dock ingen morän i omedelbar anslutning till dessa. Blockens lokalisering skulle möjligen, liksom av Svensson, kunna tolkas som en transversal morän med riktningen WNW-ESE men utifrån vad som f.n. är känt kan det lika gärna vara frågan om ackumulationer parallella med isrörelsen. De glaciala ackumulationerna förefaller dock indikera att den sista isrörelsen över Gotska Sandön var riktad från NNE. Det är f.n. icke möjligt att annat än hypotetiskt sammanknyta de glaciala

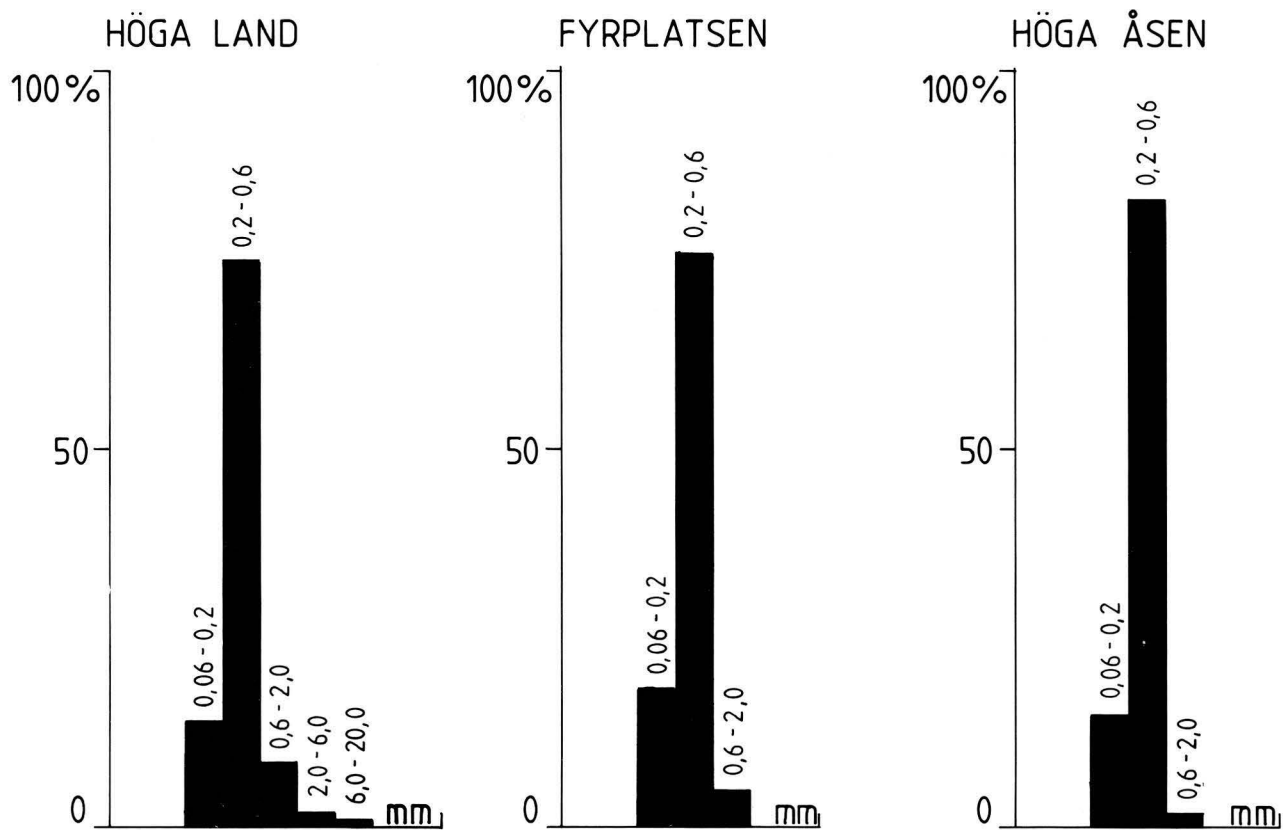


Fig. 6. Kornstorleksfördelningen i material mindre än 20 mm, från vänster Höga land (isälvsmaterial), Fyrplatsen (strandsand) och Höga åsen (flygsand)

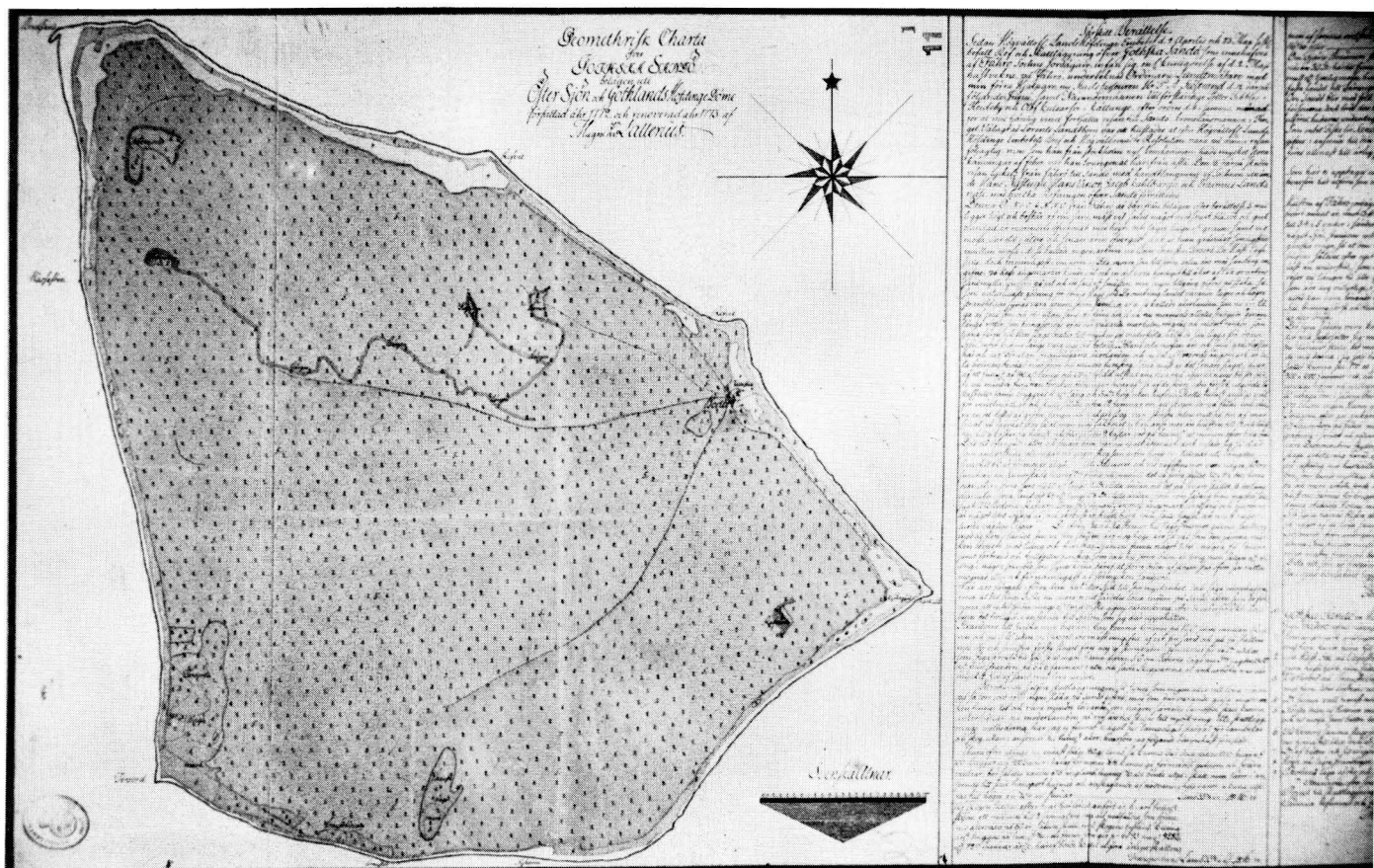


Fig. 7. 1772 års lantmäterikarta över Gotska Sandön. Original i Lantmätetriverkets arkiv



Fig. 8. Rasbranten vid Höga Land, riktning österut

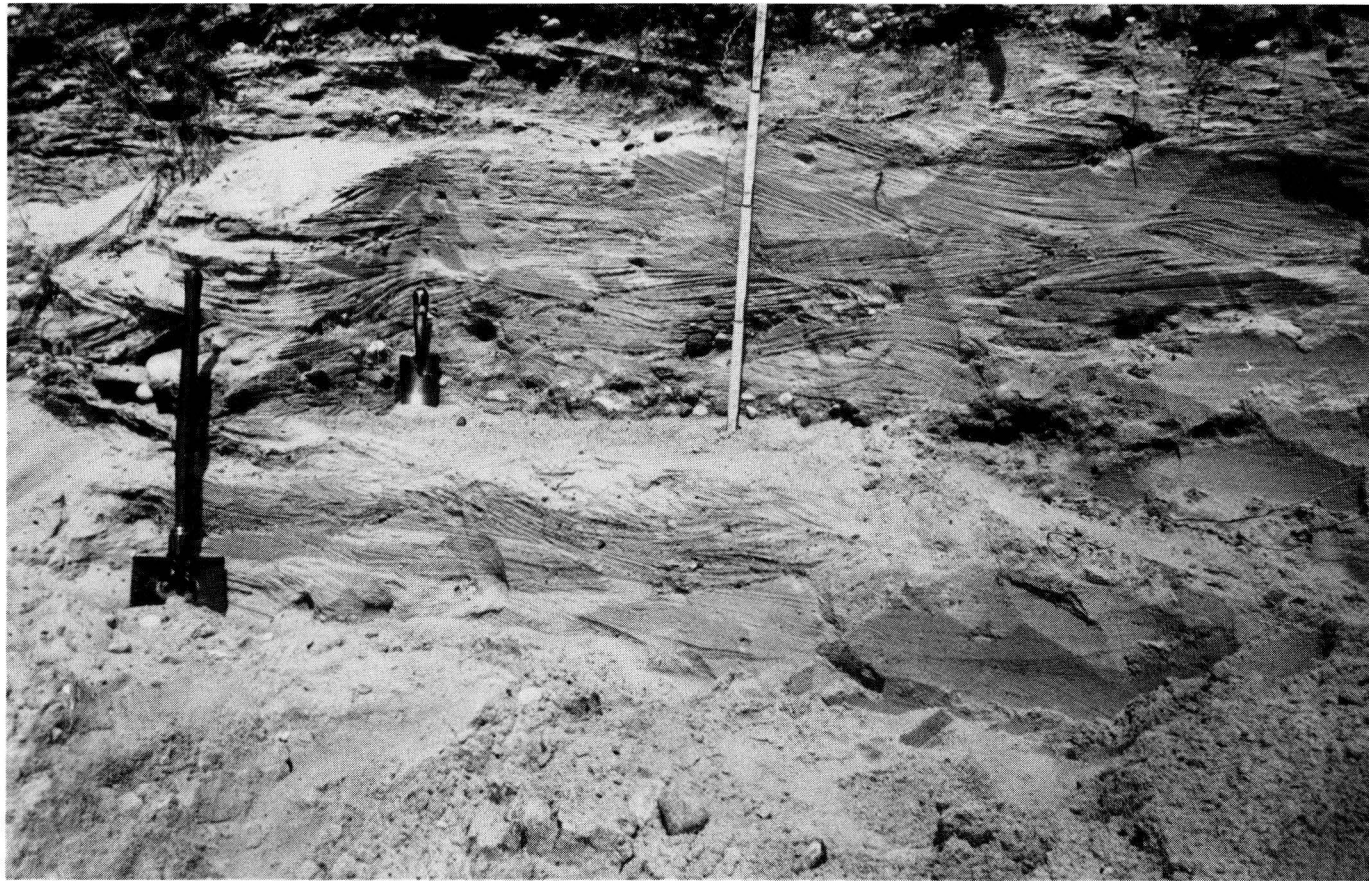


Fig. 9. Banksiktigt sand i Högalandsprofilens undre del

ackumulationerna på Gotska Sandön med de stagnationsfaser i deglaciationen som registrerats på fastlandet. Ett samband med den mellansvenska israndzonen förmodas av Mörner et al. (1973, sid. 47-48).

I detta sammanhang bör även nämnas den lergrop som tidigare var belägen i Hertas svag söder om fyrplatsen och där Munthe (1924, sid. 18) vid borrhning påträffade en stenig moränmargel. Liknande moränmargel hade enligt Munthe (1924, sid. 19) även påträffats på drygt 10 meters djup då brunnen vid fyrplatsen grävdes. Platsen för lertaget kunde inte lokaliseras vid den föreliggande undersökningen men enligt uppgift av en gammal öbo var leran styv och stenfri, vilket mera tyder på ett sedimentärt ursprung. Glaciala och postglaciala finsediment är i övrigt inte kända från ön om man undantar borrhningen vid Hamnudden.

Bergartssammansättningen i de kvartära avlagringarna på Gotska Sandön har som nämnts intresserat äldre forskare, dock främst med avseende på innehållet av ledbergarter. Vid den föreliggande undersökningen var syftet bl.a. att genom den petrografiska sammansättningen, främst kalkstensfrekvensen i olika fraktioner, söka särskilja isälvsmaterial och morän samt avlagringar av glacialt resp. litoralt ursprung. Således räknades 500 st mindre block (diameter 0,2 - 0,6 meter) vid vardera Beckrevet och Kyrkudden och samtliga block större än 0,6 meter (närmare 500 st) vid Säludden (fig. 3). Dessutom räknades vardera 200 st av finsten och fingrus i Högalandsprofilen samt i subrecent litoralmaterial vid Hamnudden (fig. 4). Bergartsmaterialet differentierades i ett fåtal lätt särskiljbara huvudgrupper; kristallint urberg (huvudsakligen gnejsgranit) och ortocerkalksten (inkl. östersjöflinta) jämte de norr om ön anstående bergarterna jotnisk och kambrisk sandsten (särskiljda genom den röda resp. grå färgen), röd och brun östersjöporfyr (redovisade tillsammans) samt diabas.

De äldre undersökningar där endast ledbergarterna räknats ger en falsk bild av dessa bergartstypers verkliga frekvens. Som framgår t.ex. av blockräkningen på Säludden uppträder dessa ledbergarter endast sporadiskt i det grova materialet (fig. 11). Frekvensen ökar något bland de mindre blocken på Beckrevet och Kyrkudden. Påfallande är det ökade kalkstensinslaget på sistnämnda plats, vilket kan vara betingat antingen av olika materialtransportriktningar eller av olika intensitet i den litorala påverkan av materialet. I stort sett överensstämmer frekvenserna ganska väl med de stenräkningar som redovisas av Högbom (1894) resp. Hedström (1895). I dessa fall räknades vindanrikade stenar inom deflationsytorna i det

subrecenta litoralmaterialet.

I Högalandsprofilen ökar kalkstensfrekvensen i stenfraktionen, ett onormalt förhållande beträffande denna lösa bergart. Tydlig är orsaken lokal förekomst av sönderbrutna kalkstensblock. Om anledningen varit en mindre nedkrossning jämfört med Hamnudden (isälvsmaterial resp. strandklapper) borde en motsvarande skillnad ha kunnat identifieras även i fingrusfraktionen. Ytterligare räkningar är önskvärda inom detta avsnitt. Några stenräkningar med syfte att klarlägga materialursprunget i den recenta klappern företogs inte eftersom detta material att döma av kustmorfologin kontinuerligt transporteras längs stränderna. Denna förmodan verifierades vid studium av de talrika räkningar Svensson (1961) utfört i detta material, vilka visade ungefär samma bergartsfrekvens runt hela ön.

3. LITORALA SEDIMENT OCH PROCESSER

Kring de ovannämnda kärnorna av glacialt material har huvuddelen av Gotska Sandön byggts upp som en strandvallsslätt 10-20 m ö h, den s.k. Inre slätten, med en koncentration till nivåer omkring 17 m ö h. I flygbilder syns en mycket tydlig striering av ryggar parallellt med den nuvarande kustkonturen över huvuddelen av ön. Mot den södra brantkusten bildar dock ryggarna nära 90⁰ vinkel, jfr nedan. Dessa flacka kustparallella ryggar med 50-100 meters lucka och någon meters höjd (fig. 12) uppbyggs i regel av den stenig-grusiga sand (analys fig. 6 b) som att döma av observationer i talrika rotvältor utgör den dominerande ytjordarten i öns inre. Ofta är dock ryggarna pålagrade med flygsand och de övergår i SE, innanför Tärnudden, i regelrätta kustparallella dyner (jfr följande avsnitt). Det är svårt att skilja flygsand och strandsand i öns inre; endast där sanden är stenblandad kan ett eoliskt bildnings-sätt uteslutas.

Inom deflationsområdet utanför randdynen har stenarna genom vinderosionen anrikats i ytan så att ett falskt intryck av klappervallar skapats (fig. 13, jfr fig. 22). Så har ibland skett även i öns inre, t.ex. innanför Tärnudden, och i de fall flygsand därefter pålagrats kommer en stenhorisont i markprofilen att indikera gränsen mellan eoliskt och litoralt material. Verkliga fossila klappervallar finns endast från Hamnudden mot NE, i den branta slutningen mellan de södra och västra kustklintarna, där det primära materialet är grövre i anslutning till åskärnan. De kustparallella ryggarna i öns inre torde snarare vara komplex av delvis sub-



Fig. 10. Stort block med ca 4 meters diameter på östra sidan av Säludden (jfr fig. 20)



Fig. 11. Blockmaterial vid Säludden, ortocerkalksten vid spaden



Fig. 12. Strandrevlar på Inre slätten norr om Sälbo lövskog



Fig. 13. Genom deflation i ytan stenanrikade strandrevlar på Bred-sandsudden

marina strandrevlar, vilkas koncentration till 17-metersnivån gör en bildning vid en stagnation av havsytan, förmodligen vid någon av de senare litorinatransgressionerna, sannolik. Liksom i nutiden förefaller revlarna ha byggts upp av en materialtransport från söder och sydväst. Den i stort sett totala frånvaron av organisk sedimentation på ön gör det omöjligt att klarlägga strandförskjutningsförloppet liksom den postglaciala kronologin i allmänhet. Munthe (1924, sid. 23) beskriver flera fynd av litorinamollusker i strandavlagringarna men några dylika fynd har icke gjorts vid denna undersökning.

Den nutida kustmorfologin kan i stort sett delas in i tre skilda typer. Längs huvuddelen av ön dominerar en flack och bred sandstrand med kustdyner (fig. 14), i söder och sydväst ersatt av klintkust med en smal strandremsa av sand eller klapper (fig. 8). Smärre klapperstränder finns i anslutning till uddarna i norr. Mera uthållig klapper uppträder mellan Hamnudden och St Anna, d.v.s. i avsnittet mellan klintarna i SW, samt längs den västra stranden någon kilometer norrut från Hamnudden (fig. 15), där materialet successivt tunnar ut. Observationerna längs stränderna syftade främst till att klarlägga sambandet mellan erosion, transport och sedimentation. För detta ändamål har även äldre kartor (från 1772, 1888 och 1920-talet) samt flygbilder från åren 1934 resp. 1974 studeras. Resultaten visar en ganska entydig bild som kan sammanfattas sålunda:

Vid själva spetsen av Hamnudden i sydväst sker ackumulation av recent klapper (fig. 15) men att kusten retirerar framgår av att den år 1914 på betryggande avstånd från strandklinten uppförda fyren (fig. 16, 17) nu balanserar på kanten och har måst förstärkas. Att uddens form utjämnats framgår bl.a. vid jämförelse med den äldsta kartan över ön, fig. 7. I detta sammanhang bör framhållas det värde som äldre byggnader och övriga kulturobjekt på ön har som referenspunkter för kustlinjens och dyntopografins förändringar. Detta faktum är särskilt angeläget att framhålla mot bakgrund av de diskussioner om rivning av dylika objekt som förts under det senaste året. Längs kustklinten norr om Hamnudden löpte en år 1923 anlagd skogsbana som revs omkring år 1940. Dennas bank är nu borteroderad och slutar i norr och söder blint mot kustklinten. Den norrut utdöende klappern indikerar materialtransport i denna riktning. Bredsandsudden med mäktiga kustdyner är formad av en söderifrån kommande ström med en åt NNE löpande spets. Udden har tillväxt i sin norra del under det senaste halvsekle och denna förändring framgår mycket klart på kartor och flygbilder. En orsak till Bredsandsuddens tillväxt kan vara att kustdynernas kring-

vandrande sand här bundits genom gårdsgårdar.

Uddarna längs norra stranden, Beckrevet och Säludden, har branta, smala och konkava stränder i väster, breda, flacka och konvexa i öster. På flygbilderna syns hur undervattensrevlar indikerar en dominerande materialtransport österut. Att ackumulationen på östsidan av Säludden tilltagit under de senaste decennierna framgår vid en jämförelse mellan fig. 10 och fig. 20. Kyrkudden, som utgör öns östra spets, är eroderad både på norra och södra sidan. Ett stenigt undervattensrev sträcker sig i nordostlig riktning ut från udden. På 1934 års flygbilder syns på uddens sydsida en tydlig krumudde uppbyggd norrifrån. Denna udde är nu försvunnen, dels genom erosion men dels även genom att den bakats in i den tillväxande strandremsan. Liksom Hamnudden utgör Kyrkudden tydligen en vattendelare mellan de dominerande strömriktningar som från sydväst omsluter ön. Att någon ackumulation av samma typ som t.ex. på Falsterbonäset inte byggts ut här torde främst bero på att vattendjupet här utanför tilltar snabbt till skillnad från den till en markerad submarin ryggform lokaliserade Bredsandsudden.

Vid Tärnudden i sydost är stranden flack med kustdyner men icke desto mindre utsatt för en betydande, österut riktad erosion med motsvarande ackumulation i Franska bukten framemot Kyrkudden. Runt udden förefaller kustkonturen att ha utflackats vid en jämförelse med den knappt hundraåriga generalstabskartan samt flygbilderna från år 1934. Den år 1883 anlagda fyrstationen, vilken revs då de automatiska fyrarna vid Hamnudden resp. Kyrkudden färdigställdes år 1914, var enligt gamla foton belägen ett hundratal meter från stranden men den gamla husgrunden ligger nu i bränningarna. Den helt vegetationslösa rasbranten vid Höga land tyder även på en kustreträtt längs sydstranden. Ett säkert kriterium på detta förhållande är de ovannämnda fossila strandrevlarna, vilka vid brantens krön är avskurna med nästan rät vinkel. Om vallarnas riktning extrapoleras tillsammans med de vallar som löper i NE-SW innanför Tärnudden visar det sig att den ursprungliga ön måste ha sträckt sig minst två kilometer söderut. Vid denna tid bör ön ha varit triangelformad med spetsen söder om en punkt mellan Höga land och Hamnudden (jfr idéskisserna i Mörner 1977). En omläggning av kusterosionen till en mera västligare riktning måste där- efter ha ägt rum.

Inom det västra avsnittet av den södra stranden, mellan Hamnudden och St Anna, förekommer som nämnts mäktig recent klapper. Denna klapper är, åtmin-



Fig. 14. Stranden vid Arnagrop, riktning västerut mot Säludden



Fig. 15. Recent ackumulation av klappervallar ytterst vid Hamnudden



Fig. 16. Fyren vid Hamnudden år 1957. Observera kustklintens läge.
Foto Anders Martinsson



Fig. 17. Hamnuddens fyr mot NW med provtagningsplatsen (fig. 2 och 4) i förgrunden)

stone i sin östra del, synbarligen uppbyggd något hundratal meter ut från en äldre erosionsklint och täckt med mängder av bråte. Denna bråte, som av besökare på platsen i regel antagits härröra från ett antal vid Hamnudden förlista skepp, är i själva verket inget annat än resterna av den lastbrygga för timmer som under 1920- och 30-talen fanns vid Hamnudden. Detta faktum, bekräftat bl.a. av den järnvägsräls som ingår i bråten, är en god indikation på ostlig materialtransport, i detta fall icke bara genom vågor och strömmar utan säkerligen också genom havsisen. Den gamla fiskarstugan i St Anna, nu flera tiotal meter från stranden, ligger på en teckning av Albert Engström (1926, sid. 51) alldeles vid stranden. Flera av Engströms teckningar i hans stora arbete om Gotska Sandön, t.ex. avbildningarna från Höga land på sid. 56-59, utgör en mycket värdefull dokumentation av landskapets förändringar sedan mitten av 1920-talet. I sina teckningar har E. i flera fall, förmodligen omedveten härom, framhävt detaljer av geologiskt intresse.

Nästan ända fram till spetsen av Hamnudden syns påbyggnad av recent klapper, bildande sned vinkel mot äldre, avskurna klappervallar. Dock har betydande erosion ägt rum längst i väster, där 1957 års borrhälsplats var belägen. Borrningen utfördes uppe på den äldre, gräsbevuxna klappern (fig. 18) men det kvarlämnade foderröret står nu ute i den recenta klapperzonen (fig. 19). Utanför Hamnudden ser man vid kraftig vind hur vågfronter från söder och väster interfererar i ett vackert mönster.

Uppenbarligen är det de, enligt SMHI:s statistik dominerande, sydvästliga vindarna som betingar kustprocesserna runt Gotska Sandön (jfr Munthe 1924, sid. 43). I bukterna vandrar förmodligen materialet fram och åter men i stort sett dominerar materialtransporten mot öster och NE med Hamnudden och Kyrkudden som skiljemärken. Observationerna från Hamnudden, Bredsand och Säludden tyder på att erosionen västerifrån kommit att dominera först under de senaste decennierna. Kuststräckan från Hamnudden norrut ungefär till i höjd med Gamla gården och från St Anna förbi Höga land till bortom Tärnudden retirerar förmodligen uppemot någon meter per år. Atminstone vid Bredsand och St Anna sker dock en tillväxt av motsvarande storleksordning. Det har dock icke gått att få fram någon klar tendens i öns storleksvariation, främst beroende på att kartmaterialet från olika år ej utan vidare kan jämföras.

4. EOLISKA SEDIMENT OCH PROCESSER

Öns norra del överkorsas av den mäktiga inlandsdynen Höga åsen (fig. 1), vilken höjer sig maximalt 20-25 meter över den omgivande inre slätten. Dynens sträckning är mycket oregelbunden och loberad mot söder där den stupar med rasvinkel. Höga åsen synes icke vara betingad av något topografiskt hinder utan den skulle kunna liknas vid en kedja av vandringsdyner som anhopats genom materialtransport norrifrån. En orsak till denna materialtransport kan vara den rikliga ackumulation av strandsand längs öns norra kust som betingats av erosionen på sydsidan. Dynsandens är väl sorterad med en kornstorleksfördelning nästan identisk med den marina sanden (fig. 6 c). Höga åsen är i stort sett skogklädd men i talrika sår fortgår nedbrytningen, så t.ex. vid öns högsta punkt som under detta sekel sänkts drygt två meter. Därnäst i mäktighet bland inlandsdynerna är den i öns östra del belägna, nästan cirkelrunda och branta Höga revarn, som når ca 30 m ö h. Till skillnad från Höga åsen förefaller Höga revarn vara uppbyggd av de dominerande vindarna från söder och sydväst eftersom sydslutningen är en kal deflationsyta medan den med tät skog bevuxna nordsidan stupar med rasvinkel.

De övriga inlandsdynerna; Bourgströms dyn och Albert Engströms dyn parallella med västra stranden, Biskopsbacken m.fl. dyner innanför Tärnudden i sydost samt Norra slyngdynen innanför Arnagrop i NE (fig. 1) förefaller genom sin i stort sett kustparallella sträckning vara uppbyggda ovanpå de revlar som beskrivits i föregående avsnitt. Ofta omsluter inlandsdynerna väl avgränsade lövskogar med ek, asp, hassel m.fl. ädla lövträd; Kapellänget, St. Idemoren, Sälbo lövskog m.fl. (fig. 21). Genom den ovan nämnda frånvaron av organisk sedimentation är det svårt att fastställa om dessa lövskogsområden utgör lämningar av en äldre, hela ön täckande lövskog. Sannolikt är dock lövskogarnas lokalisering betingad av dräneringsförhållandena, d.v.s. av den fuktigare miljön i sänkorna mellan dynerna (jfr nedan angående randdynen). Föga kan sägas om inlandsdynernas ålder. Frånvaron av död sanddränkt skog i deras närhet tyder på att de åtminstone under det senaste seklet varit stationära. På den i fig. 7 avbildade lantmäterikartan från år 1772 har Höga åsen och Höga revarn i stort sett sin nuvarande form. Förmodligen började de inre dynerna anläggas redan omedelbart efter landhöjningen men den huvudsakliga ackumulationen torde i tiden i huvudsak ha sammanfallit med, eller omedelbart föregått, bildningen av den nedan beskrivna randdynen.

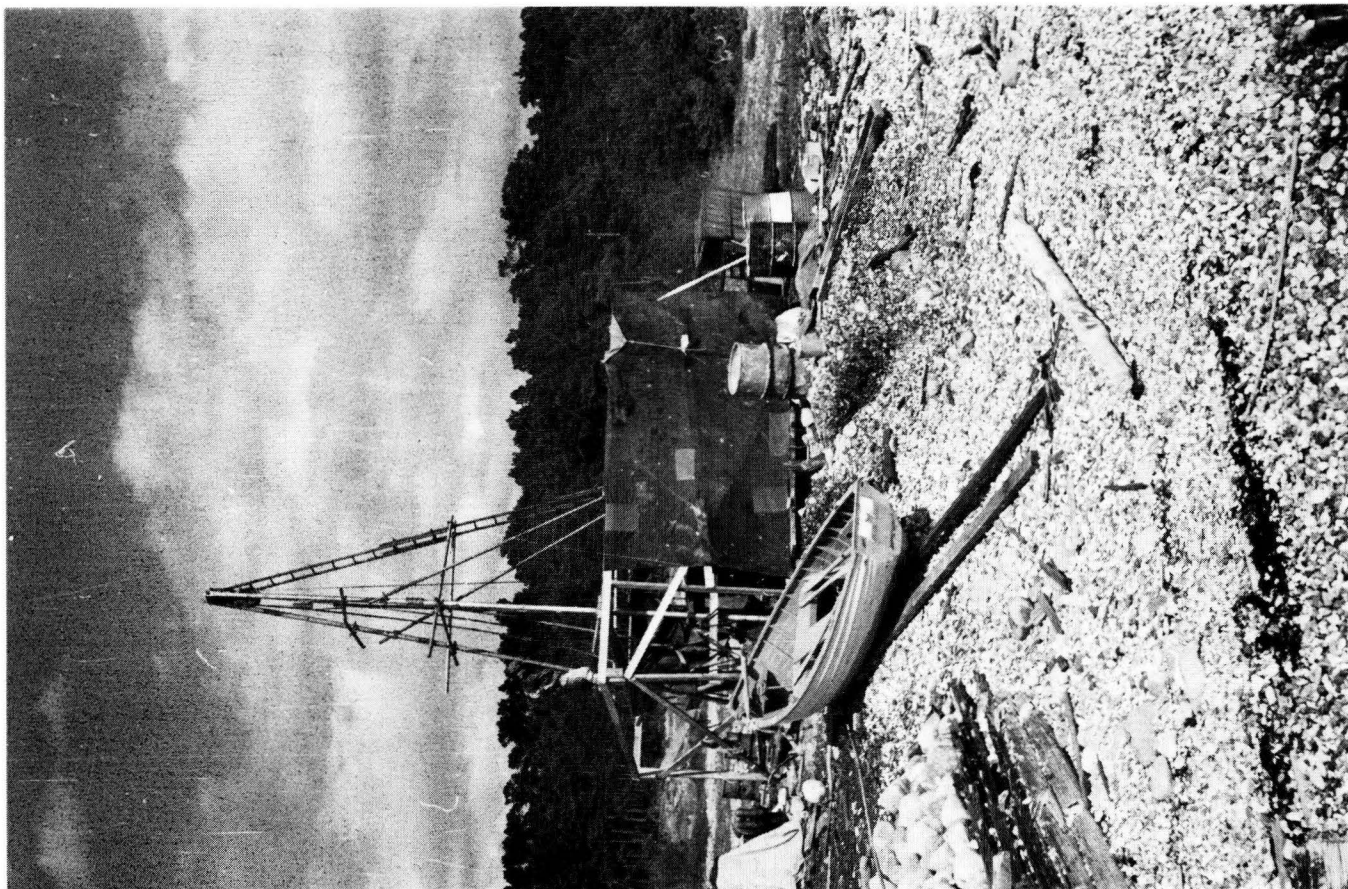


Fig. 18. Borrplatsen vid Hamnudden år 1957. Foto Anders Martinsson

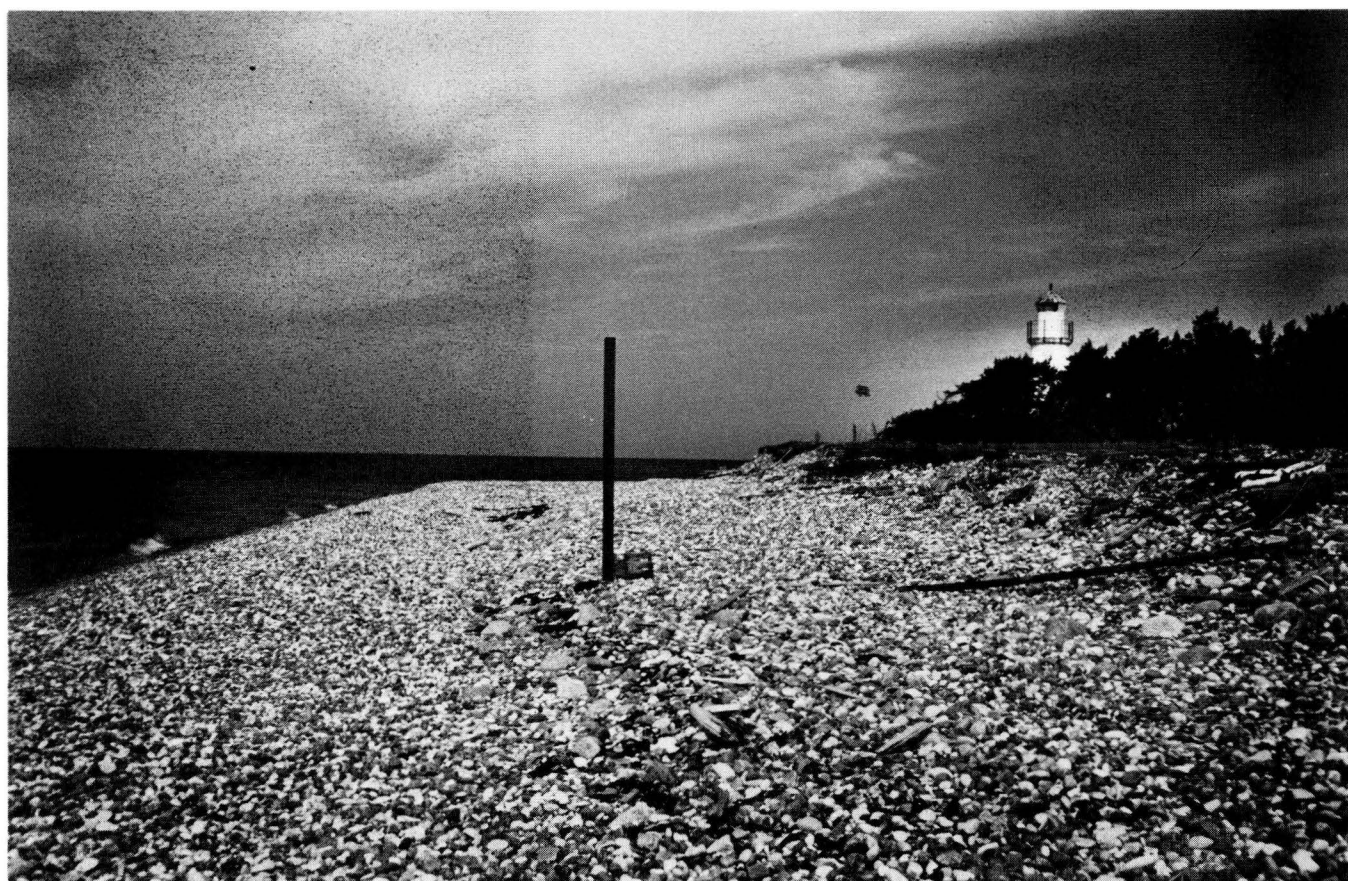


Fig. 19. Borrplatsen vid Hamnudden år 1980. Foderröret står ute i den recenta klappern.



Fig. 20. Säluddens östra sida år 1957. Notera den ökade sandackumulationen på fig. 10. Foto Anders Martinsson



Fig. 21. Ett avsnitt av Kapellänget längs vägen mot Tärnuddan

Det mest dominerande formelementet bland Gotska Sandöns dyner är randdynen, vilken omsluter öns inre med undantag för klint- och klapperkusten i sydväst samt ett kortare avsnitt längs den norra stranden. Den något tiotal meter höga randdynen har ett starkt loberat förlopp med rasvinkel mot den inre slätten. Utanför inbuktningarna, "svagen", ligger de kalblåsta "burg"-områdena med en i ytan genom deflation anrikad stenhalt med vacker vindslipning, ungefär som ett kullerstenstorg (fig. 22, jfr fig. 13). Dessa områden skiljs från sandstranden av en låg kustdyn. Kustdynfält av större utbredning finns vid Bredsand och vid Tärnudden, där de utan gräns övergår i randdynen. Medan kustdynerna i regel endast är bevuxna med strandråg täcks "burgen" av en gles ung tallskog med spridda, av flygsanden dränkta och dödade torrfuror. Randdynen är i regel bevuxen med en låg och gles tallskog med spridda sanddränkta torrträd och med undantag för spridda kalblåsta ytor på vindsidan är markytan täckt av lavar. Omedelbart vid randdynens inre kant dominerar ibland en fuktighetsälskande vegetation (lövskog), vilken skarpt kontrasterar mot den inre slättens torra tallhed, t.ex. innanför Franska bukten i SE. Den fuktiga miljön har uppkommit då avrinningen från inre slätten hejdats mot randdynen. På ovannämnda plats är humuslagrets mäktighet omkring en halvmeter, således snarast ett tunt torvtäcke, och möjligen skulle en pollenanalys av detta material kunna klarlägga lövskogens åldersställning. Den klassiska tvärprofilen över kustzonen har återgivits i ett flertal arbeten från Gotska Sandön, allt ifrån Fegraeus' skrift av år 1886, men då alltid som en icke skalenlig idéskiss. Figur 5 visar en med syftspegel och måttband uppmätt profil från stranden över randdynen till inre slätten vid Fiskmåshaiden mellan Arnagrop och Kyrkudden i NE, ett avsnitt där kustzonens formelement är tydligt utbildade om än med mindre dimensioner än normalt runt ön.

På fotografier från slutet av 1800-talet och fram till 1920-talet syns dynfronten mot inre slätten helt naken och på vandring in mot ön liksom talrik död skog i det kala deflationsområdet på vindsidan. Enligt Fegraeus (1886, sid. 515) och Munthe (1924, sid. 40) vandrade randdynen ställvis in mot ön med en hastighet av flera meter per år. Från 1920-talets slut synes denna process nästan helt ha avstannat och den heltäckande lavvegetationen indikerar att detta i huvudsak skett utan mänsklig påverkan (fig. 23). Endast runt den år 1859 anlagda fyrstationen i NW har skyddsplanteringar m.fl. åtgärder utförts (Nilsson 1905). Den ökade skogsväxten, såväl på randdynen som på deflationsområdet där utanför, syns tydligt genom jämförelse med gamla foton, på flygbilderna från år

1934 resp. 1974 och inom vissa avsnitt (Bredsand och Arnagrop) t.o.m. sedan mitt första besök på ön för tio år sedan. Dessa nyligen frilagda markytor är nämligen genom sitt innehåll av ovittrade kalkfragment näringsrikare än inlandet. Skogen inom huvuddelen av den inre slätten uppvisar således en extremt dålig återväxt och träden torde trots sina blygsamma dimensioner i regel vara av mycket hög ålder. Detta gjorde de skogsavverkningar som förekom från 1840-talet och något sekel framåt till synnerligen förlustbringande företag. Östra delen av ön brann av år 1880 och stora arealer intas här av tät, låg och risig skog, utvisande den långsamma återväxten inom öns inre delar.

Endast vid det största av "svagen", Arnagrop i NE, är randdynen f.n. under förflyttning mot öns inre. I Bendalen i områdets sydöstra hörn, där dynkrönet når över 25 m ö h, ligger "Döda skogen", Gotska Sandöns kanske mest kända motiv (fig. 24). Här har t.o.m. fingrus blåst upp nästan ända till krönet av den endast med strandråg bevuxna randdynen. Dynfronten mot inre slätten är ofullständigt bunden och nyligen sanddränkta och dödade tallar visar att den avancerat i mycket sen tid. Det vore av stort intresse att genom dendrokronologi söka datera dessa torrträd och därmed även dynfrontens framryckningshastighet. Mycket talar nämligen för att flygsanddriften på ön är en geologiskt sett mycket ung företeelse. Munthe (1924, sid. 42) anser att den bör ha startat i tidig medeltid, detta med stöd av översandade boplatslämningar vid Säludden. Troligen skulle en närmare utredning, här liksom på andra platser i Sydsverige, avslöja skilda perioder med eolisk aktivitet. Således förefaller det som om det sena 1800-talets flygsanddrift föregåtts av en stagnationsperiod liknande den nuvarande (Högbom 1894).

5. GRUNDVATTEN

Genom sina permeabla jordlager med stor magasinskapacitet borde Gotska Sandön uppvisa den klassiska bilden av en kudde med sött vatten vilande på salt/bräckt grundvatten. F.n. finns tyvärr endast tre observationspunkter; brunnarna vid fyrplatsen i NW, vid St Anna i söder och vid Höga åsen i öns inre. Tidigare har brunnar funnits i Kapellänget, vid Gården (enligt uppgift 18 meter djup), vid Tärnuddens f.d. fyrplats samt vid Tomtebo W om Arnagrop (fig. 1). Ytvattensamlingar saknas helt men grundvattnet går ofta nära markytan och sötvatten påträffas ibland i laguner nära stranden, t.ex. vid Bredsand och Tärnudden. Någon nivåkarta över grundvattenytan kan inte sammanställas från det befintliga materialet.



Fig. 22. Frieroderad deflationsyta under flygsand vid Tärnudden



Fig. 23. Randdynens front mot Inre slätten väster om Arnagrop



Fig. 24. Döda skogen i Bendalen, Arnagrop



Fig. 25. Den västra av brunnarna vid St Anna

En översiktlig kartläggning av grundvattenytans läge på ön torde kunna åstadkommas genom två korsande seismiska profiler, eller eventuellt med georadar, varvid befintliga markvägar kan följas vid profildragningen.

Öns största vattentäkt ligger vid fyrplatsen i öns nordvästra hörn. Denna brunn, som grävdes i samband med fyrstationens tillkomst år 1859, ligger 12 m ö h enligt spegelavvägning till den närbelägna fixpunkten 11,66. Vattenytan låg 10,5 - 11 meter under markytan, d.v.s. 1-1,5 m ö h med förvånansvärt små dygnsvariationer. Förmodligen var vattenytan permanent avsänkt under mätperioden eftersom vattentäkten nyttjas även av den närbelägna turistförläggningen (jfr nedan ang. grundvattenytan vid Höga åsen). Den ca 15 meter djupa brunnen pumpas enligt fyrpersonalen ibland tom men någon provpumpning har aldrig utförts.

Den för ca 25 år sedan av militären anlagda brunnen norr invid Höga åsen ligger i en bågformad kitteldal, uppskattningsvis ca 15 m ö h. I den 10 meter djupa brunnen, där något uttag f.n. ej sker, ligger grundvattenytan endast 4 meter under markytan; en brant gradient till den endast någon kilometer avlägsna norra stranden.

Vid St Anna öster om Hamnudden finns två brunnar med ca 200 meters inbördes avstånd, vardera belägen ca 3 m ö h på 30 resp. 50 meters avstånd från stranden. Båda brunnarna är grävda kring sekelskiftet som vattenförsörjning åt en del fiskestugor. Vid den mätning av grundvattennivån som företogs med en felmarginal på ca 0,1 meter kunde någon gradient i förhållande till havsytan icke uppmätas, men vattnet var inte bräckt. Den västra brunnen är mycket grund med rutten träfodring som ger ett gult och illasmakande vatten (fig. 25). Den östra brunnen är klädd med betongringar och ger ett friskt vatten, men även denna brunn är endast några meter djup och kapaciteten är förmodligen ringa.

Vattenprov från de tre brunnarna (i St Anna från den östra brunnen) har analyserats med avseende på klorid, sulfat, ledningsförmåga, pH och hårdhet. I denna miljö vore avvikelser från normalvärdena med avseende på klorid- och kalkhalt (hårdhet) samt pH att vänta. Som framgår av tabellen håller sig dock samtliga värden inom normalvariationerna. Vid fortsatt grundvattenuttag på ön bör särskilt uppmärksammas den föroreningskälla i form av sopor och latrin som den ökade turisttrafiken ger upphov till. För närvarande finns på ön inget område reserverat för avfallsdeponering och det har t.o.m. diskuterats att transportera avfallet med båt till Gotland.

Tabell över grundvattenanalyser

Lokal:	Cl ⁻ ppm	SO ₄ ²⁻ ppm	Ohm ⁻¹ cm ⁻¹	pH	Ca ppm
Fyrplatsen	24	27	0,6086 x 10 ⁻³	7,6	81,7
Höga åsen	3	12	0,4032 "	7,6	82,4
St Anna	17	33	0,4336 "	7,8	70,0

6. SUMMARY: THE QUATERNARY GEOLOGY OF THE ISLAND OF GOTSKA SANDÖN
IN THE BALTIC

The Quaternary deposits on the island of Gotska Sandön in the central part of the Baltic were surveyed during the summer of 1980 in order to secure background information for prospecting for marine sand and gravel in this part of the Baltic. The island, the position of which is shown in Fig. 1, is entirely built up of glacial and postglacial sand and gravel deposits with an area of c. 36 km² and a maximum height of c. 40 m a.s.l. A general geological survey of the island was carried out during the geological mapping in the 1920s (Munthe 1924).

The Quaternary deposits, which have a thickness of nearly 100 m, rest on Ordovician limestone, as appeared from a deep drilling carried out at Hamnudden in 1957 (Thorslund 1958). Till and sub-till clay occur in the basal part of the core, but the main part consists of glaciofluvial, stony sand, which is also exposed in erosion cliffs in the south and south-west (Figs. 8 and 9). The spits along the northern shore consist of boulders, which are probably cores of glaciofluvial deposits (Fig. 10). In the boulder material, the Archaean crystalline bedrock predominates but Ordovician limestone, Jotnian sandstone, porphyry and dolerite from the seabed north of the island are also fairly frequently found (Figs. 3, 4 and 11).

The main part of the island was built up as a complex of submarine bars of stony, gravelly sand, suspended on the cores of glacial deposits. The constant level of these ridges, 10-20 m a.s.l., indicates an origin during the late Litorna age, some thousands of years B.C. (Figs. 12 and 13). The lack of organic sedimentation makes a dating of the shore-level displacement impossible. The recent coast is subject to erosion from the south-west, causing a retreat of the cliffs in the south-west and a growth of the shores in the north (Figs. 14-20 and 10). Human objects dating from the last century make exact determinations of the recent coastal changes possible.

Wind-blown sand covers large areas on the island. The inland dunes are mainly built up along the bar systems and the largest of them, Höga åsen (the high ridge), forms the highest part of the island. The limited areas of deciduous forest are probably due to the wet conditions in the hollows bordered by the dunes. The main part of the pine-covered inland plain is surrounded by the rim dune, which is probably a fairly young geological feature. This dune was moving rapidly inland at the end of the 19th century but is now almost entirely covered with vegetation. Outside the rim dune, vast areas are covered with a wind-blasted stone pavement, giving the false impression of cobble walls (Figs. 13 and 22). These areas, with pine-woods drowned in the sand (Fig. 24), have in the last few decades been invaded by young pines, indicating a decrease in the eolian activity.

The ground-water situation was investigated and it was shown that the island is a good aquifer, with ground water near the surface over the whole area, also near the shore (Fig. 25). The lack of wells makes it impossible to sketch a map of the ground-water situation. The chemical composition of the ground water shows no extreme values.

It is the author's intention to make further investigations on the island and to issue a publication treating the scientific problems of the island in more detail than is possible in this brief report.

Explanation to the illustrations

1. Map of the island of Gotska Sandön, showing the sites mentioned in the text.
2. The orientation of elongated pebbles in glaciofluvial material at Höga land and in littoral material at Hamnudden (the same localities as in fig. 4, n = 100).
3. The bedrock distribution in small boulders at Kyrkudden and Beckrevet and in large boulders at Säludden.
4. The bedrock distribution in the fine stone and fine gravel in sub-recent littoral material at Hamnudden and in supposedly glaciofluvial material at Höga land (n = 200, symbols explained in Fig. 3).
5. Profile across the coastal zone in the north-eastern part of the island (east of Arnagrop). No vertical enlargement.
6. Grain-size distribution of material measuring less than 20 mm; from the left, glaciofluvial sand at Höga land, littoral sand at Bredsand and wind-

blown sand at Höga åsen.

7. The 1772 land-survey map of Gotska Sandön, preserved in the archives of the National Land Survey Board in Gävle.
8. The erosion cliff at Höga land, looking east.
9. Stony sand in the basal part of the slope at Höga land.
10. A large boulder on the eastern side of Säludden, (cf. Fig. 20).
11. Boulders at Säludden with a boulder of Ordovician limestone in the centre.
12. Fossil beach ridges on the inland plain in the north-eastern part of the island.
13. Beach ridges on the Bredsand peninsula, stone-covered through deflation in the surface.
14. The shore at Arnagrop in the north-east.
15. Recent cobble walls on the Hamnudden spit in the south-west.
16. The lighthouse at Hamnudden in 1957. Note the position of the cliff. Photograph taken by Anders Martinsson.
17. The lighthouse at Hamnudden, looking north-west, with the sampling site (Figs. 2 and 4) in the foreground.
18. The drilling site at Hamnudden in 1957. Photograph taken by Anders Martinsson.
19. The drilling site at Hamnudden in 1980, now in the zone of recent cobbles.
20. The eastern part of Säludden in 1957. Note the increased deposition of sand in Fig. 10. Photograph taken by Anders Martinsson.
21. The deciduous forest at Kapellänget in the north-western part of the island.
22. Wind-blasted, cobble surface below wind-blown sand at Tärnudden.
23. The slope of the rim dune towards the inland plain along the northern shore.
24. The sand-drowned pine-wood at Bendalen in Arnagrop in the north-east.
25. A well situated near the shore at St Anna in the south-west.

LITTERATUR

- Engström, A., 1926: Gotska Sandön. Stockholm 1926, 182 sid.
- Fegraeus, T., 1886: Sandslipade stenar från Gotska Sandön. Geol. Fören. Stockh. Förh., vol. 8, sid. 514-518
- Flodén, T., 1977: Avsnittet "Berggrunden". Sid. 6-11 i "Gotska Sandön, en tvärfacklig beskrivning", utgiven av Föreningen Natur och Samhälle i Norden

- Flodén, T., 1980: Seismic stratigraphy and bedrock geology of the central Baltic. Stockh. Contr. Geol., vol. XXXV, 240 sid.
- Hedström, H., 1895: Om block af postarkäiska eruptiva östersjöbergarter från Gotska Sandön. Geol. Fören. Stockh. Förh., vol. 17, sid. 74-78
- Högbom, A.G., 1894: Mötesreferat den 10 maj 1894. Geol. Fören. Stockh. Förh. vol. 16, sid. 387-389
- Martinsson, A., 1958: The Submarine Morphology of the Baltic Cambro-Silurian Area ("Deep boring on Gotska Sandön I"). Bull. Geol. Instn. Univ. Ups., vol. XXXVIII, sid. 11-35
- Milthers, V., 1933: Leitgeschiebe auf Gotland und Gotska Sandön sowie Die Heimat der Ostseeporphyre. Geol. Fören. Stockh. Förh., vol. 55, sid. 19-28
- Munthe, H., 1923: Dagbok till geologiska kartbladet Gotska Sandön. Handskrift i Sveriges geologiska undersöknings arkiv, Uppsala
- Munthe, H., 1924: Beskrivning till kartbladet Gotska Sandön. Sver. Geol. Unders., ser. Aa nr 161, 51 sid. + karta 1:50 000
- Mörner, N. A. et al. 1973: Late Weichselian Deglaciation of the Baltic. Baltica vol. 6, sid. 33-51
- Mörner, N. A., 1977: Avsnittet "Från istid till nutid". Sid. 12-15 i "Gotska Sandön, en tvärfacklig beskrivning", utgiven av Föreningen Natur och Samhälle i Norden
- Nilsson, A., 1905: Anteckningar om svenska flygsandsfält. Geol. Fören. Stockh. Förh., vol. 27, sid. 326-327 (avsnittet om Gotska Sandön)
- Pettersson, B., 1961: Gotska Sandön. I Domänverkets serie "Sveriges Nationalparker", 24 sid.
- Svensson, P., 1961: Kvartärgeologiska studier på Gotska Sandön. Opublicerad trebetygsuppsats i kvartärgeologi vid Uppsala universitet, 34 sid. (original hos prof. Anders Martinsson, Paleobiol. avd., Uppsala universitet)
- Thorslund, P., 1958: Djupborrningen på Gotska Sandön (A preliminary report on a boring at Hamnudden on the island of Gotska Sandön). Geol. Fören. Stockh. Förh., vol. 80, sid. 190-197
- Grus och sand på land och i hav. Utredning från Statens Industriverk 1980:1, 418 sid.

I SGU:s serie Rapporter och meddelanden har tidigare utgivits:

- * 1. Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning 1–2. 1931.
- * 2. **Sahlström, K.E.** Sveriges lodade sjöar. 1945.
- * 3. **Ödman, O.H.** Rapport över manganmalmsletningen i Jokkmokks socken 1940–48.
4. **Stålhös, G.** Bidrag till kännedom om den radioaktiva strålningens fördelning inom den svenska berggrunden. 1959.
5. **Johansson, H.G., och Ericsson, B.** Grusutredning -74. Översiktlig inventering av sand- och grusförekomster – Försöksverksamhet. 1976.
6. **Knutsson, G., m fl.** Grustillgångarna i Östersundsområdet. Del 1 inventering. 1976.
7. **Ericsson, B.** Svallgrustillgångar längs Kilsbergen, Örebro län. 1977.
8. **Gustafsson, O., och De Geer, J.** Skånes större grundvattentillgångar. 1977.
9. **Knutsson, G., och Fagerlind, T.** Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
10. **Modig, S., Knutsson, G., Nordberg, L., och Persson, G.** Särtryck ur Ymer 1978 – Bebyggelsen och vattnet. 1978.
11. **Guy-Ohlson, D.** Jurassic biostratigraphy of three borings in NW Scania. (A Brief palynological report) 1978.
12. **Gustafsson, O., Andersson, J.E., och De Geer, J.** Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadsslätten. 1979.
13. **Hörnsten, Å.** Sand och övriga jordarter i Öresund. Kommentarer till SGU:s maringeologiska karta över Öresund. (Under tryckning).
14. Hydrogeologi vid SGU. Särutgåva av Vannet i Norden. 1979.
15. **Knutsson, G., Lindén, A., och Rudmark, L.** Grus- och moräntillgångar i Nyboregionen. 1979.
16. **Wilson, M.R., och Sundin, N.O.** Isotopic age determinations on rocks and minerals from Sweden. 1960–1978.
17. **Karlqvist, L., och Qvarfort, U.** Gruvhanteringens inverkan på Bersboområdet, Åtvidabergs kommun. 1980.
19. **Wilson, M.R., och Åkerblom, G.** Uranium enriched granites in Sweden. 1980.
20. **Cato, I., och Engdahl, M.** Beskrivning till temakartor utvisande var särskild uppmärksamhet av stabilitetsförhållanden erfordras inom vissa bebyggda eller detaljplanerade områden med lerjord. (Under tryckning.)
21. **Olsson, T.** Ground-water-level fluctuations as a measure of the effective porosity and ground-water recharge. 1980.
22. **Bergström, J., och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kristianstads län. Projekt i länsplanering 1980. 1980.
23. **Lilja, A.** Störning av berggrundens temperaturförhållanden vid hammarboring. 1981.

* Utgången

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Biblioteket
Box 670, 751 28 UPPSALA
Telefon 018–15 52 80

Cirkapris 30 kr inkl moms

Offsetcenter ab, Uppsala 1981

ISSN 0349-2176
ISBN 91-7158-228-2