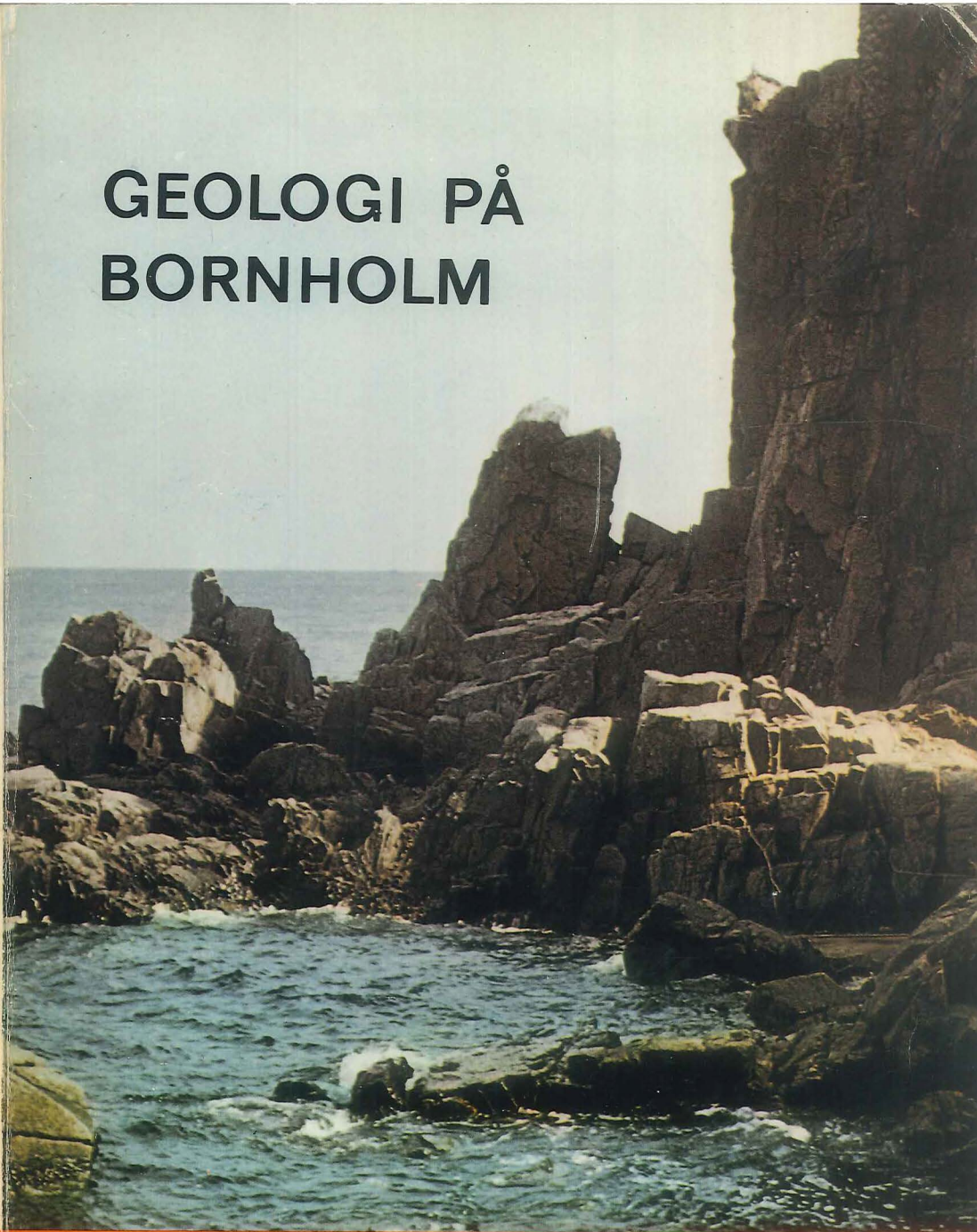


GEOLOGI PÅ BORNHOLM

GEOLOGI PÅ BORNHOLM



VARV

EKSKURSIONSFØRER NR.1

VAPV 1077

GEOLOGI PÅ BORNHOLM

VARV EKSURSIONSFØRER NR. 1.

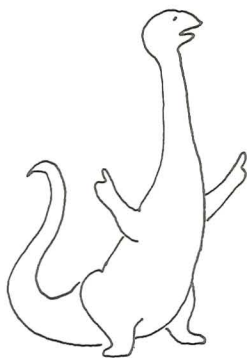
2. oplag.

Jens Bruun-Petersen
Peter Gravesen
Helge Gry
Tommy Jørgart
Valdemar Poulsen
Flemming Rolle
Steen Sjørring



Redaktion: Mona Hansen
Valdemar Poulsen

København 1977



Kortene over Bornholm er tegnet af Christian Rasmussen. Når ikke andet er angivet er fotografierne taget af forfatterne.

Trykt hos Fair-Print, Roskilde. Stregoptagelser: J.Wessel Westli. Reproarbejde: Scan-Lith. Offset lay out: Mona Hansen.

Pris: 35 kroner (frit tilsendt).

ISBN 87-87624-05-2

Mekanisk, fotografisk eller anden gengivelse af dette hefte eller dele deraf er ikke tilladt i følge lov nr. 158 af 31. maj 1961 om ophavsret.

© Tidsskriftet VARV, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K.

Forsidebilledet viser klipperne ved Sorte Gryde, Helligdomsklipperne.
Se side 92. Fotograferet af Mona Hansen.

FORORD

Bornholm er det eneste sted i Danmark, hvor man kan finde lag og dannelser fra de ældre tidsafsnit af Jordens historie. Her forekommer de ældgamle (Prækambriske) krystallinske bjergarter, granit og gnejs - de forsteningsførende sandsten, skifre og kalksten fra Jordens oldtid og middelalder (Palæozoikum og Mesozoikum).

Mange lokaliteter ligger på privat grund, så vi må som gæster tage hensyn til ejernes interesser og ejendom, og vi må værne om lokaliteterne - også dem der ikke er fredede. Fremtidige besøgende skulle gerne kunne få glæde af dem.

Geologi på Bornholm er i den foreliggende 2'den udgave blevet udvidet en hel del, og desuden er den bevarede tekst fra 1'ste udgave ført ajour på en række punkter. Skrivemåde for formationer og andre enheder i lagsøjlen er bragt i overensstemmelse med de internationale regler, og i de tilfælde, hvor dette ikke har været muligt er de gamle ukorrekte betegnelser anført i citationstegn.

Ønsker man yderligere oplysninger om Bornholm kan henvises til: "Danmarks Natur", bind 1, Landskabernes Opståen (Politiken 1967) eller H. Wienberg Rasmussen: Danmarks geologi (Gjellerup 1975). "Sten i farver" (Politiken 1973) giver udmærkede beskrivelser og billeder af vigtige mineraler og bjergarter.

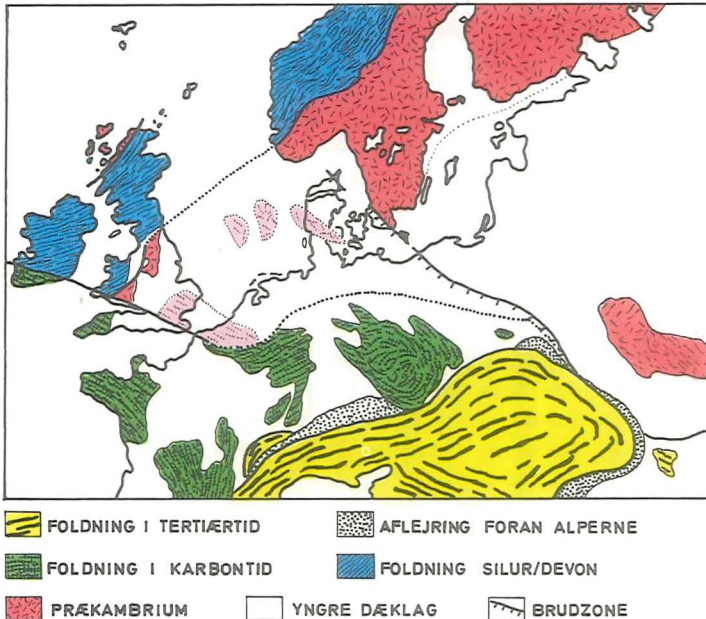
Da lokalitetskortet, side 6-7, let lader sig sammenligne med det mere detalje-rige Turistkort over Bornholm (1:60.000) vil turistkortet være være en god hjælp til lettere at finde frem til lokaliteterne.

INDHOLDSFORTEGNELSE

REJSEN TIL BORNHOLM	side 1
Stratigrafisk skema	- 3
Geologisk kort over Bornholm	- 4
Lokalitetskort	- 6
PRÆKAMBRIUM	- 8
lokaliteter 1 - 17	- 16
NEDRE KAMBRIUM	- 33
lokaliteter 18 - 22	- 34
MELLEM OG ØVRE KAMBRIUM	- 40
ORDOVICIUM	- 42
SILUR	- 44
lokaliteter 23 - 29 (Mellem Kambrium)	- 45
lokaliteter 30 - 31 (Ordovicium)	- 50
lokaliteter 32 - 33 (Silur)	- 53
MESOZOIKUM	- 55
lokalitet 34 (Øvre Trias)	- 56
lokaliteter 35 - 40 (Jura)	- 58
lokalitet 40 (Nedre Kridt)	- 79
DET MARINE KRIDT	- 82
lokaliteter 41 - 43	- 84
KVARTÆR	- 90
lokalitet 44	- 93
ORDLISTE	- 94

Turistbrochurernes beskrivelse af de "maleriske klippeformationer" på Bornholm lyder straks fremmedartet set i forhold til det øvrige Danmark, og øens geologiske historie har da også et særpræg.

Før vi tager hul på en gennemgang af Bornholms geologi, er det hensigtsmæssigt at placere øen og resten af Danmark i en større europæisk sammenhæng - se kortet.



I alt fire store strukturer har været bestemmende for den geologiske udvikling i det vestlige Europa. En stor brudzone løber med en nordvest-sydøstlig retning gennem Skåne, forbi Bornholm og langt ned i Europa. Områderne vest for denne brudzone er sunket ned, således at gamle bjergarter som granit og gnejs fra Prækambrium nu ligger i dybder helt ned til 6000 meter - dog rager enkelte partier, som for eksempel den såkaldte jysk-fynske højderyg, højere op, så den Prækambriske granit og gnejs her allerede nås i en dybde af godt 1000 meter under overfladen. Nedsynken af områderne vest for den omtalte brudzone gennem Skåne er foregået gennem mange år millioner, og det derved fremkomne bassin er siden Prækambrisk tid blevet udfyldt af kilometertykke aflejringer, der sammen med istidsaflejringerne opbygger det egentlige Danmark, som ikke skal omtales nærmere her.

Øst for brudzonen ligger de gamle dannelser højt som et skjold, og jordoverfladen her består direkte af de Prækambriske graniter og gnejsler - eller er i det højeste kun skjult af et tyndt tæppe af yngre aflejringer. Brudzonen går lige forbi Bornholm, som generelt hører med til den østlige blok, mens specielle træk i øens historie må ses i relation til justeringsbevægelser i den tilstødende brudzone.

En anden betydningsfuld struktur er en foldet bjergkæde, der løber nordøst-sydvest gennem Norge og Skotland (se kortet). Denne foldekæde opstod på overgangen mellem Silur- og Devontid, og foldningen greb ind i den danske udvikling - idet store arealer uden om bjergkæden blev hævet med op, således at havet trak sig tilbage fra alle danske områder. Derfor mangler på Bornholm aflejringer fra Devon-, Karbon- og Permtid.

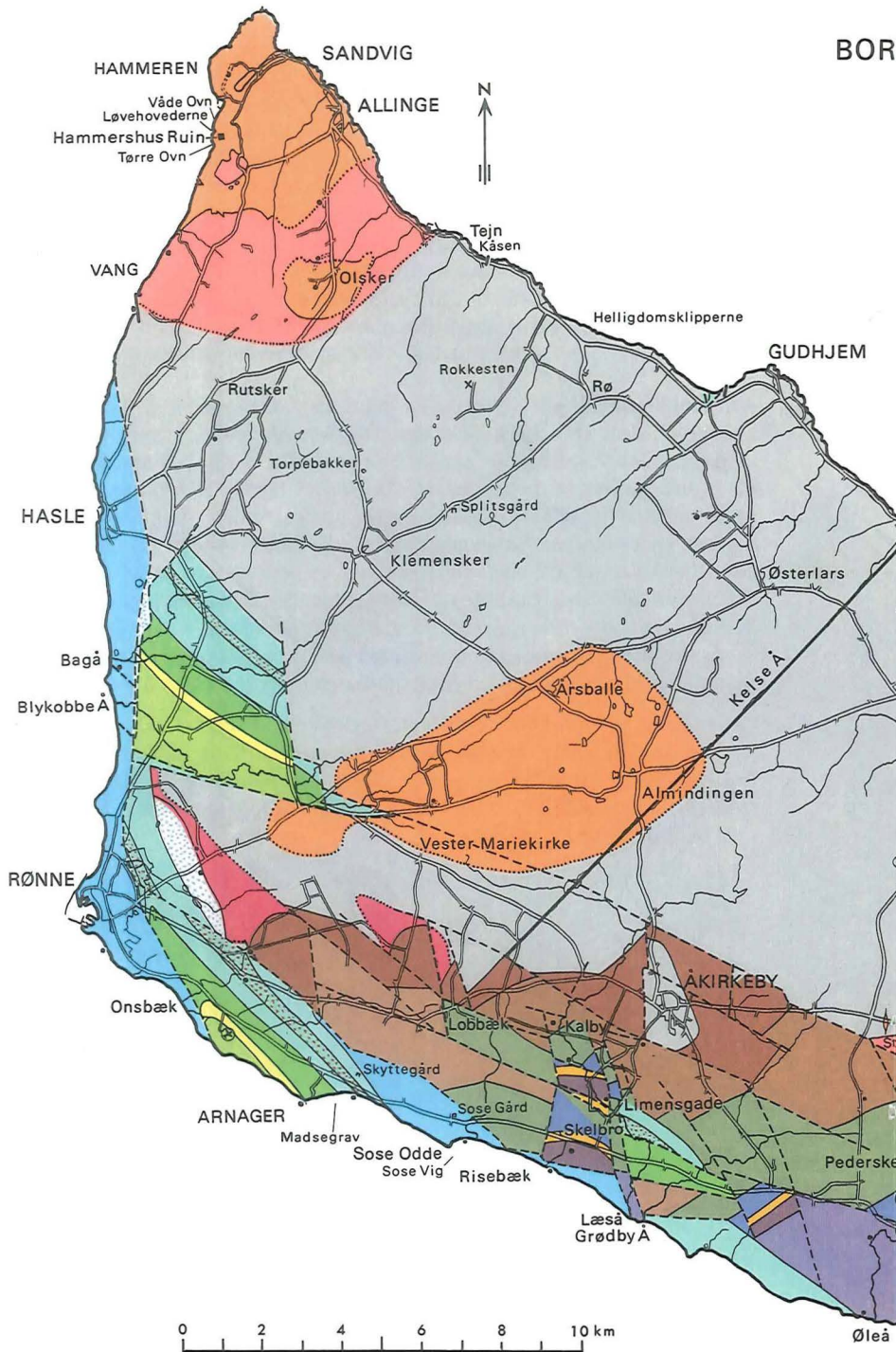
Den næste større begivenhed med indflydelse i Danmark var en ny bjergkædefoldning øst-vest gennem det centrale Europa. Foldningen foregik i Karbon, og følgevirkninger var blandt andet, at den stive blok nord for reagerede på trykpåvirkningerne gennem forskellige bruddannelser og indsynkning. Derved opstod to aflejringsbassiner i Vestdanmark, adskilt af den tidligere nævnte jysk-fynske højderyg. Virkninger kan ikke umiddelbart spores på Bornholm, men det er sandsynligt, at justeringer langs den store brudzone tvang Bornholm i vejret som en lille blok i det store spil. Måske har der også været en brudaktivitet inden for selve øen.

En fortsat indsynkning medførte imidlertid, at også Bornholm ved slutningen af Triastid blev et bassinområde med aflejringer, og denne udvikling fortsattes gennem Jura- og Kridttid, således at der enten skete aflejring på land i floder og søbassiner, eller i havet på lavt vand nær kysten.

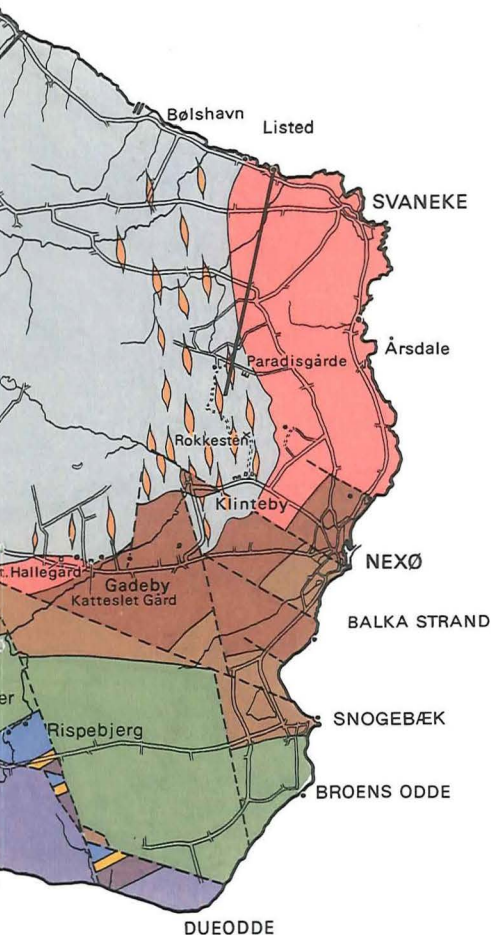
Den sidste større begivenhed fandt sted i ældre Tertiær i form af en bjergkædefoldning øst-vest gennem Middelhavsområdet. Fjernvirkningerne kan for Bornholms vedkommende tænkes at ligge dels i en hævnning, idet Tertiære aflejringer mangler, og dels i en fornyelse af forkastningsaktiviteten, da forkastninger ses at skære gennem de yngste Kridttidsaflejringer. Den endelige udformning af Bornholm som en mosaik af forkastningsblokke skete formentlig på denne tid.

Endelig kan tilføjes, at senest har Kvartærtidens ismasser i bogstavelig forstand bevirket en overfladisk udjævning og tilsløring af den forudgående geologiske historie.

Tid		Bjergart / Proces	Lok.	Side	
Kvartær		MORÆNE, FLODSAND, ISSØLER	44	93	
Tertiær					
Kridt	Øvre	BAVNODDE GRØNSAND	43	88	
		ARNAGER KALK	42	86	
		ARNAGER GRØNSAND	41	84	
	Nedre	JYDEGÅRD LER OG SAND	39-40	73, 79	
Jura	Øvre	RABEKKE LER, ROBBEDALE SAND	38-40	71, 73, 79	
	Mellem				
		LER, SAND, KUL (BAGÅ)	37	69	
	Nedre	MARIN SANDSTEN, SAND, LER LER, SAND, KUL (GALLØKKEN)	35-36	58-62	
Trias	Øvre	LER, SANDSTEN (RISEBÆK)	34	56	
	Mellem				
	Nedre				
Devon-Karbon-Perm					
Silur	Yngre	'CYRTOGRAPTUS SKIFER'	33	54	
	Ældre	'RASTRITES SKIFER'	32	53	
Ordovicium	Øvre	'TRETASPIS SKIFER'	29	49	
	Mellem	DICELLOGRAPTUS SKIFER	29	49	
	Nedre	'ORTHO CERATIT KALK'	28, 31	48, 51	
'DICTYONEMA SKIFER'		30	50		
Kambrium	Øvre	'OLENID SKIFER'	ØVRE ALUNSKI- FER	27	47
		ØVRE ALUNSKIFER		26	47
		Mellem	ANDRARUM KALK OG ANTRAKONIT	26	46
	NEDRE ALUNSKIFER		26	46	
	'EXSULANS KALK' (ELLER LER)		26	46	
	Nedre	RISPEBJERG SANDSTEN	25	45	
		'GRØNNE SKIFRE'	22-24	39	
		BALKA SANDSTEN	21	37	
NEXØ SANDSTEN		19-20	35		
Prækambrium		NEDBRYDNING	17-18	32	
		BEVÆGELSER, DIABASGANGE	15-16	31	
		GNEJS, GRANIT, LEUKOSOM	1-14	16	



NHOLMS UNDERGRUND



MESOZOIKUM

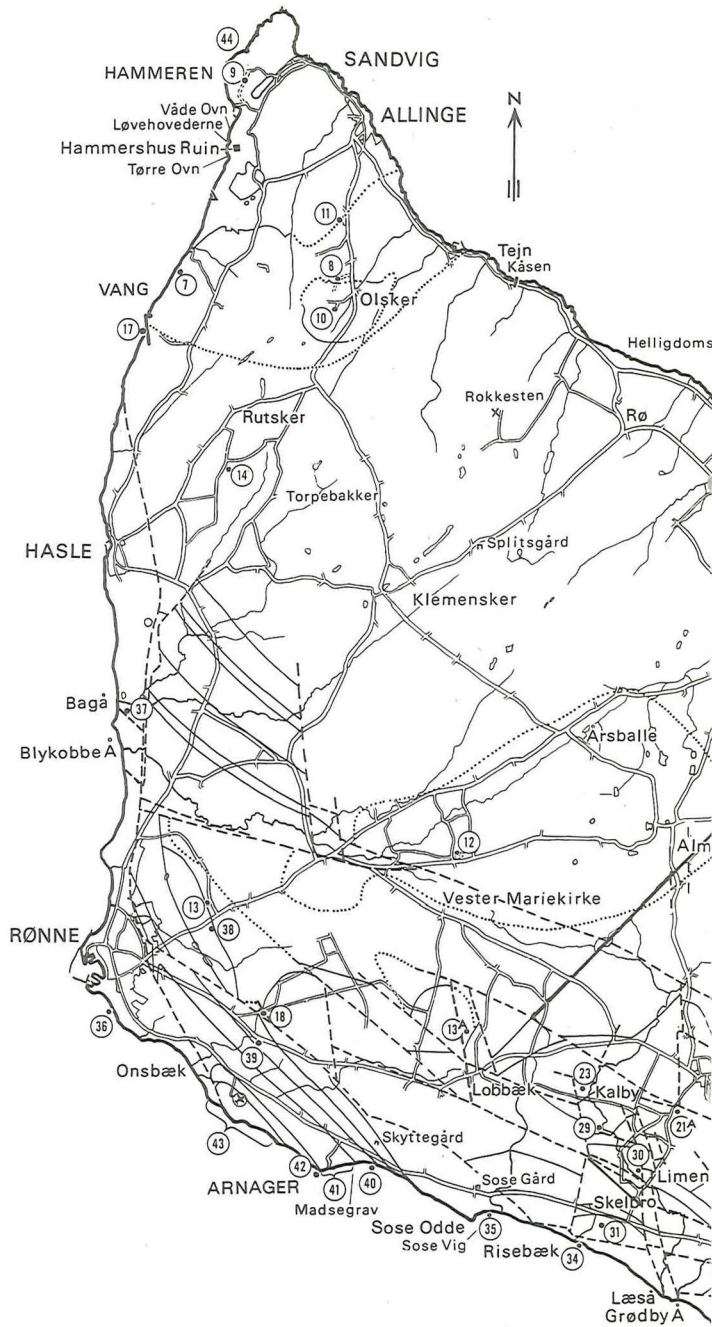
-  Bavnodde Grønsand
-  Arnager Kalk
-  Arnager Grønsand
-  Jydegård Ler og Sand
Robbedale Sand
Rabekke Ler
-  Trias og kulførende Jura
-  Kaolin

PALÆOZOIKUM

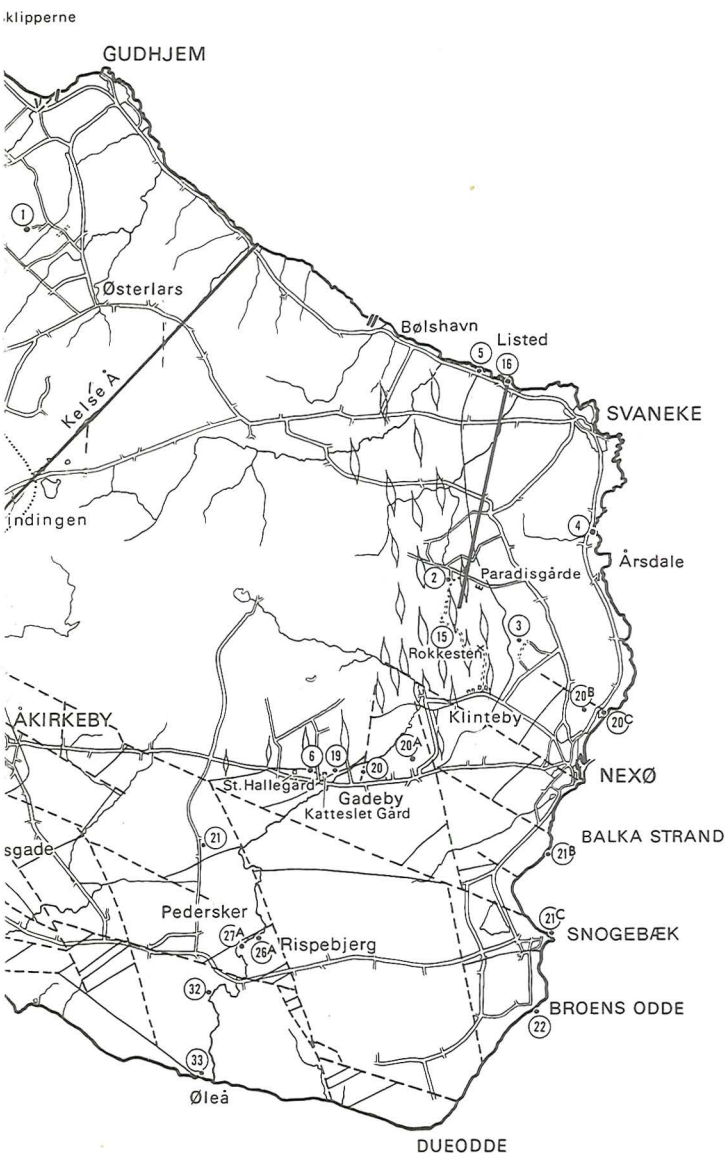
- 'Cyrtograptus-og Rastrifes Skifer'
- 'Dalmanitina-, Tretaspis- og Dicellograptus Skifer'
-  Komstad Kalk
-  Alunskifer
-  Grønne Skifre
-  Balka Sandsten
-  Neksø Sandsten

PRÆKAMBRIMUM

-  Større diabasgang
 -  Rønne granit
 -  Hammer granit og Almindingen granit
 -  Vang granit og Svaneke granit
 -  Migmatitisk gnejs
 -  Gnejs inklusive mindre forekomster af granit
- Sikker, skarp kontakt mellem grundfjeldsbergarter samt sedimentære laggrænser
- Usikker eller gradvis kontakt mellem grundfjeldsbergarter
- > Forkastninger



NAVNE OG LOKALITETER



OM GRANIT OG BJER GKÆDEDANNELSE

Prækambrium er betegnelsen for Jordens urtid, et tidsafsnit, der strækker sig fra Jordens dannelse for 4500 millioner år siden til cirka 600 millioner år før vor tid. Det krystallinske grundfjeld på Bornholm, der er cirka 1400 millioner år gammelt, stammer fra dette tidsafsnit.

Det bornholmske grundfjeld udgøres næsten udelukkende af granitiske bjergarter, det vil sige sådanne, som har feldspat og kvarts som hovedmineraller. Andre steder i verden er grundfjeldet også opbygget af granitiske bjergarter og selv de steder, hvor kilometer-tykkede yngre jordlag skjuler grundfjeldet, kan man regne ud, at de krystallinske bjergarter under kontinentet har granitisk sammensætning ned til omkring 30 km's dybde. Granit er således det vigtigste byggemateriale i kontinentets skorpe.

Kontinentets skorpes og dermed granitisk bjergarters dannelse hænger sammen med bjergkædefoldning og andre store hændelser i Jordens geologiske udvikling. Ved studier over hele Jorden har man fundet ud af, at Jordens yderste (cirka 100 km tykke) skal i dag er opdelt i 6 store (og flere mindre) plader, der forskyder sig i forhold til hinanden. Nogle plader omfatter både kontinent- og oceanområder. Hvor et kontinent fra én plade støder sammen med et oceanområde tilhørende en anden plade, bevæger oceanpladen sig ned under kontinentet. På grund af den udviklede gnidningsvarme smelter den underskudte oceanbund og de udviklede, til dels granitiske smeltemasser (magma) trænger opeft og opbygger en vulkansk kæde på kontinentet. På grænsen mellem oceanpladen og kontinentet fører oceanpladens nedadgående bevægelse til dannelsen af et dybt bassin. Også på landsiden af den vulkanske kæde anlægges et stort bassin. I disse bassiner aflejres erosionsprodukter fra kontinentet og den vulkanske kæde, og desuden trænger vulkanske smelter direkte ind i de aflejringslag eller vælter ud oven på dem. På grund af de øvre lags isolerende effekt vil de nedre dele af de mægtige lagpakker blive opvarmet, idet både henfald af naturligt forekommende radioaktive grundstoffer og indtrængen af varm smelte nedefra vil kunne medvirke til opvarmningen. Opvarmningen vil i sin yderste konsekvens medføre, at aflejringerne i bassinet smelter. Disse smeltemasser vil senere overvejende størkne som granit. Dannelsen af bjergkæden afsluttes, når pladebevægelserne ophører. I så fald afløses bassinernes indsynkning af en afsluttende hævnning.

Kontinenternes altovervejende granitiske sammensætning også uden for de unge foldestrøg tolkes ved, at jordskorpen har gennemløbet en år-milliard-lang udvikling med gentagen bjergkædedannelse. Herunder blev den ene bjergkæde efter den anden svejset sammen med ældre bjergkæder,

indtil de kom til at udgøre et helt kontinent. Sporene fra de ældste hændelser er ofte blevet næsten helt udslettet under senere tildragelser, og derfor kan det være vanskeligt at "bevise", at det Prækambriske grundfjeld blev dannet ved pladeforskydninger på samme måde som nutidens bjergkæder. Bornholms grundfjeld, som "først" blev færdigdannet for cirka 1400 millioner år siden, afslører heller ikke umiddelbart sin tilblivelseshistorie. Øen er ikke særlig stor, og grundfjeldet er de fleste steder, når der ses bort fra kysterne og stenbruddene, dækket af yngre aflejringer, især istidens jordlag. De oplysninger, geologen kan indsamle, er derfor begrænsede, og den tolkning, der til en bestemt tid gives af disse iagttagelser vil oftest være påvirket af tidens teorier om andre grundfjeldsområders udvikling og om granitdannelse i almindelighed.

Fælles for alle opfattelser er imidlertid, at det bornholmske grundfjeld repræsenterer et dybt niveau i en gammel bjergkæde, hvis øverste dele forlængst er blevet eroderet bort. Der er ikke mange spor efter oprindelige havaflejringer som i nutidens bjergkæder. Alligevel kan man undertiden være heldig at finde rester af bjergarter, som blev dannet ved Jordens overflade, enten som sedimenter eller som vulkanske udbrudsprodukter. De kan findes som små indeslutninger i gnejs eller granit.

DE ÆLDSTE BJERGARTER

I den bornholmske gnejs er således bevaret rester af omkrystalliseret kvartssandsten, der findes som mere eller mindre udtværede og foldede linser af kvartsit (se figur 5 og 7). Der findes også enkelte partier af gnejsen, der er opbygget af bandede lag (figur 6). Det drejer sig sandsynligvis om sedimenter, der har undgået ødelæggelse af den oprindelige lagdeling. I graniterne findes fortrinsvis kantede eller runde brudstykker af feldspathoidige sandsten og lavabjergarter. Disse kendes ikke fra gnejsen i denne helt udeformede form.

Alle disse ældre bjergarter, der er bevarede som indeslutninger, er omkrystalliserede, det vil sige, de oprindeligt aflejrede eller udkrystalliserede korn er blevet erstattet med andre.

Forfatteren har gjort hvad han kunne for at undgå, at for mange geologiske fagudtryk skal gøre læsningen vanskelig. Når han har foretrukket fagudtryk er det på grund af deres præcise betydning, som kun i få tilfælde ville bevares ved oversættelse til dansk.

Ordforklaringer er i reglen anført første gang et fagudtryk forekommer i teksten. I ordlisten bag i bogen gives også forklaringer på den geologiske betydning af nogle almindelige ord.

GENEJS OG GRANIT

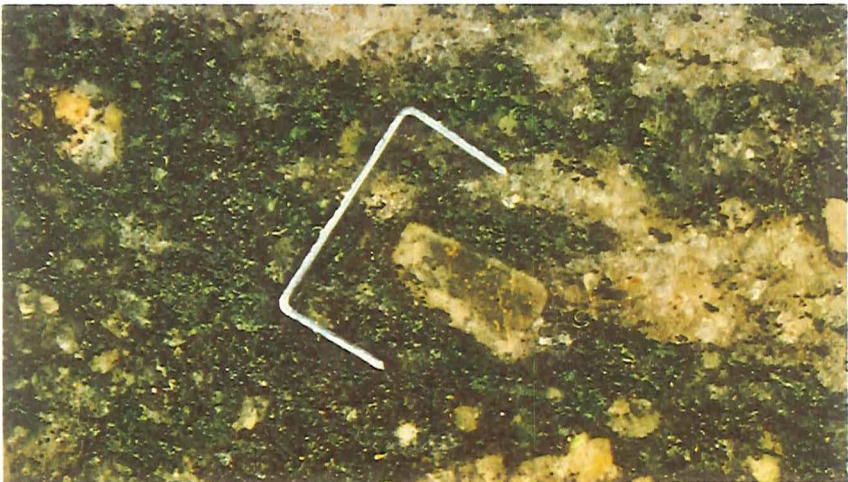
De almindelige bjergarter i det bornholmske grundfjeld, gnejs og granit, tænkes at være dannet ud fra de ældre bjergarter ved en mere in-

tens omdannelse, hvorunder deformation og opsmeltning har spillet en vigtig rolle. De oprindelige sedimentære eller vulkanske strukturer kan derfor ikke længere erkendes. Stribningen i den almindelige gnejs (der også kaldes sribet granit eller gnejsgranit) har således næppe nogen simpel relation til oprindelige lagflader, men skyldes en deformation, der har udtværet de mørke mineraler.

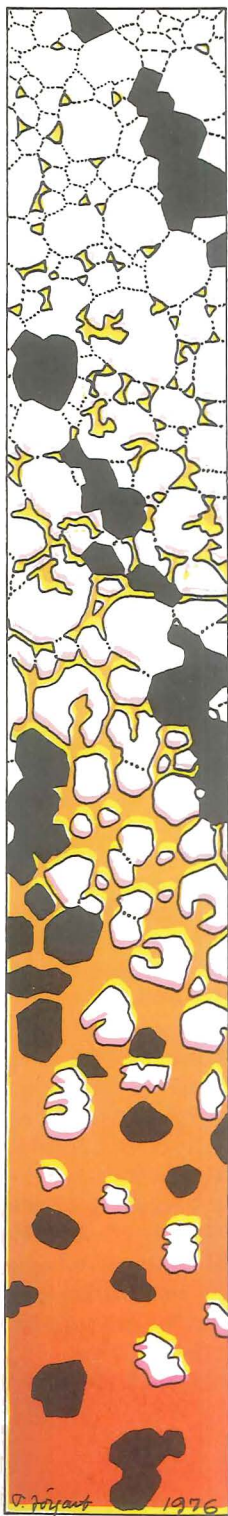
De egentlige graniter, som adskiller sig fra gnejsen ved at mangle bånding eller sribning samt ved at være grovere end denne, indeholder de samme mineraler som gnejsen, nemlig den kødrøde eller grå kalifeldspat, den grågrønne plagioklas (natrium-kalcium-feldspat), den klare kvarts, den mørke glimmer (biotit) og den sorte hornblende. Alle disse mineraler er i hvert fald i graniterne synlige med det blotte øje. Derudover forekommer nogle mineraler, der kun kan ses i mikroskop.

De nævnte mineraler indgår i forskellig mængde i de forskellige bornholmske grundfjeldsbergarter. Gnejsens sammensætning varierer ikke så meget fra det ene sted til det andet, omend der findes både mørke og lyse typer. Anderledes med graniterne. Nogle af disse indeholder et overskud af plagioklas og mørke mineraler i forhold til gnejsen (mørke graniter), medens andre er beriget på kalifeldspat og kvarts (lyse graniter). Atter andre har samme sammensætning som gnejsen (intermediære graniter).

Der er gode grunde til at antage, at både gnejs og granit er dannet ved, at bjergarter fra jordens overflade førtes ned i dybder, hvor tem-



Figur 1. Plagioklas-korn visende uregelmæssig zonaritet. Foto af poleret Paradisbakke-gnejs. Som målestok er anvendt en hæfteklamme. Man ser klart de to karakteristiske zoner i plagioklas-krystallen. (Fotograferet af Preben Nielsen).



peraturen var så høj, at de begyndte at smelte. Opsmeltingen kan tydeligst demonstreres ved sin indflydelse på opbygningen af plagioklaskornene. Plagioklasen er nemlig opbygget af to hovedzoner, en calciumrig centralzone og en natriumrig yderzone adskilt fra hinanden med en uregelmæssig grænse. Den calciumrige centralzone er en rest af et ældre korn, som ikke er blevet helt smeltet, medens den natriumrige yderzone er afsat af den størknende smelte. Alle bornholmske graniter og gnejsjer indeholder sådan "uregelmæssig zonar plagioklas", som et sikkert tegn på, at opsmeltning har fundet sted. Det er desværre kun sjældent, denne interessante struktur kan iagttages i håndstykke (figur 1).

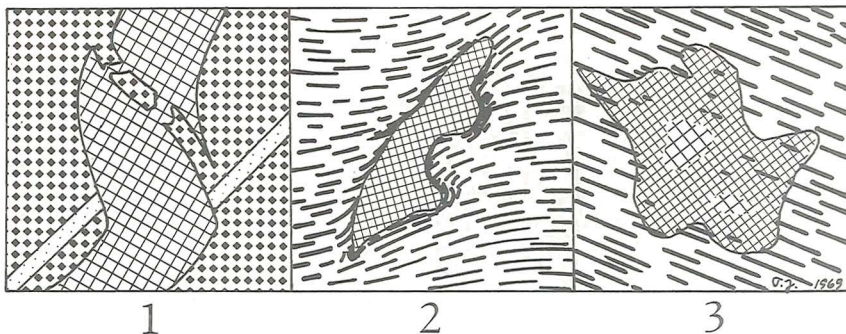
At dømmе efter forholdet mellem centralzone og yderzone i uregelmæssig zonar plagioklas har opsmeltningen i granitene været mere frem-skreden end i gnejsen. Al bornholmsk gnejs synes dog at have været i det mindste lidt smeltet. Man må imidlertid forestille sig, at smelten ikke har udgjort nogen stor andel i gnejsen. Gnejsen har derfor aldrig været flydende og den har derfor kunnet beholde sin sammenhæng under den udtværing, der førte til stribningen. I granitene, som har været mere smeltet, har krystallerne derimod haft en vis bevægelsesfrihed. Resultatet blev en opløsning af udgangsbjergarternes oprindelige struktur. En vigtig iagttagelse er, at den deformation, der er hovedansvarlig for gnejsens stribning, ikke formåede at sætte sig særlig iøjnefaldende spor i granitene (og disses indeslutninger). Dette må skyldes, at deformationen indtraf, medens granitene endnu kunne flyde. Forholdet mellem granit og gnejs er vist skematisk på figur 2. Den skitserede model åbner mulighed for både skarpe og gradvise overgange mellem granit og gnejs. Begge dele kendes fra det bornholmske grundfjeld.

Figur 2. Skematiseret profil på tværs af en granit-gnejs kontakt under opsmeltningens maximum. Profilet må tænkes at være kilometer-langt, selvsgat dog uden at kornstørrelsen forstørres tilsvarende op. Gnejsen ligger øverst, graniten nederst - nærmest varmen. Kontakten cirka i midten. For klarheds skyld skelner figuren kun mellem lyse mineraler (grå), mørke mineraler (sort) og smelten (farvet). Den gule smelte har leukogranitisk, den røde smelte mere normal granitisk sammensætning.

Gnejsen og de forskellige egentlige graniters indbyrdes aldre ved man kun lidt om. Det er forståeligt, at de graniter, som opstår af gnejsen ved opsmeltning, og som i nogle tilfælde direkte ses at skære gnejsens stribning, er blevet tolket som yngre end denne. Dette er ikke helt forkert, da graniten må være størknet sidst. Det bør imidlertid endnu en gang understreges, at gnejsen i sin nuværende form helt eller delvist er dannet under påvirkning af den samme opvarmning, som kulminerede med den stærke opsmeltning i de dele af grundfjeldet, der siden størknede til granit. Om de forskellige graniter smeltede op samtidig eller på forskellige tidspunkter er et spørgsmål, der ikke er mange holdepunkter for at besvare. Det er dog sikkert, at Hammer-graniten i det mindste er klart yngre end Vang-graniten, som den stedvis skærer ud i kantede blokke. Vang-graniten på sin side er selv jævaldrende med eller yngre end gnejsen (se lokalitet 7). De andre yngre graniters aldre indbyrdes eller i forhold til disse to graniter kan ikke afgøres på forsvarlig vis. Der er ikke noget i vejen for, at alle graniterne kan være nogenlunde samtidige, og hvis det er tilfældet, opnår man yderligere den fordel, at en sammenhængende teori for deres dannelse kan opstilles.

DANNELSESMÅDEN

Teorien hviler på det ved laboratorieforsøg viste forhold, at opsmeltningen af grundfjeldsbjergarter til at begynde med så godt som udelukkende rammer de lyse mineraler, kvarts og feldspat. Hvis smelten ved preset under bjergkædefoldningen tvinges ud af den delvis smeltede bjergart som vandet af en svamp, vil den tilbageblevne del af bjergarten have en større andel af mørke mineraler. Af denne del vil der kunne opstå en mørkere granit. Den frigjorte smelte vil på den anden side kunne størkne til en helt lys granit, som efter kornstørrelsen vil kunne kaldes pegmatit (meget grov), leukogranit (almindelig granitisk kornstørrelse) eller leukoaplit (finkornet). Alle disse bjergarter, som tilsammen betegnes leukosom, findes i det bornholmske grundfjeld i små legemer og gange. Leukosomets sammensætning svarer netop til den smeltesammensætning, man har frembragt ved delvis smeltning af granitiske bjergarter i laboratoriet. Beregningerne viser, at nogle af de mørke graniter i det bornholmske grundfjeld virkelig må kunne dannes ved subtraktion af en passende mængde leukosom-materiale fra en almindelig bornholmsk gnejs. Ligeledes kan de lyse graniters sammensætning opfattes som en blanding af gnejs og leukosommateriale. Det er dog mere rimeligt at forklare dette forhold ved at opsmeltningen her er gået noget videre end til leukosomstadiet, hvorved smelten har optaget en del af de mørke mineraler i opløsning og derefter isoleret sig fra resten.



Signaturer: Stribet: gnejs - sorte kvadrater: granit - prikker: aplit - kvadratnet: leukogranit og pegmatit.

Figur 3. Bornholmsk leukosom. De tre hovedtyper.

Type 1: dannet ved dilatation. De to sider af pegmatitgangen passer til hinanden som to brikker i et puslespil.

Type 2: dannet ved differentiation samtidig med stribningen. De mørke mineraler, som før hørte hjemme i det volumen som leukograniten nu indtager, er samlet i den basiske front.

Type 3: dannet ved replacering før stribningen. Gnejsens stribning fortsætter uændret igennem leukograniten, hvilket tyder på at denne er størket før stribningen blev dannet.

LEUKOSOMET

På mange lokaliteter er der gode muligheder for at studere leukosomet og dets forhold til sidestenen. Selv om det må regnes for sikkert, at bjergarts materialet i leukosomet er den udkrystalliserede lyse smeltetmasse, er legemerne ikke dannet på helt samme måde. Strukturernes viser dette (se figur 3). Der kan udskilles tre hovedtyper. Type 1 er dannet ved dilatation, det vil sige åbning og udvidelse af en sprække, hvor det smeltede leukosom-materiale kan sive ind. Type 2 er dannet ved differentiation, det vil sige opdeling af udgangsbjergarten i en lys (leukogranitisk) og en mørk bestanddel, fortrinsvis således, at den mørke del koncentrerer sig umiddelbart op ad det leukogranitiske legeme som en såkaldt basisk front. Type 3's dannelse er ikke opklaret i detaljer, idet legemerne indtager et volumen i graniten tilsyneladende uden at forstyrre ældre eller yngre strukturer (stribningen). De mørke mineraler er blevet erstattet (replaceret) af de lyse, uden at det er muligt at afgøre, hvor de mørke mineraler er ført hen.

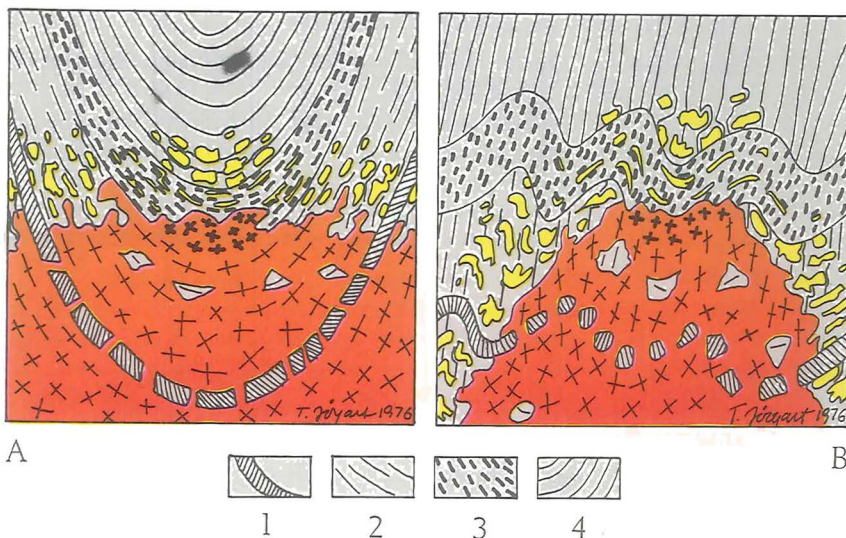
Forskellen på de tre typer leukosom ligger formentlig udelukkende i dannelses-tidspunktet i forhold til udviklingen i det omgivende grundfjeld. Den drivende kraft er i alle tilfælde, at den leukogranitiske smelte søger

at samle sig på steder, hvor trykket er lavere end i resten af bjergarten. Det er let at forstå, at der kan være undertryk under åbning af en spalte, som når type 1 dannes. For type 2 og 3 gælder det samme imidlertid, idet disse fortrinsvis er anlagt i zoner med bøjning og strækning, netop i sådanne zoner opstår nemlig undertryk.

Type 1 er almindeligst i de mørke og intermediære graniter, i hvilke leukosomet ofte er udviklet som en zonar pegmatit med kvarts i midten og feldspat i randen (se figur 14). Type 2 og 3 forekommer hyppigst i gnejsen.

EN REGIONAL MODEL

Figur 4 sammenfatter de mange iagttagelser i en regional model.



Figur 4. Meget skematisk fremstilling af granitdannelse i en lagpakke. Farverne i denne figur er anvendt med samme betydning som på kortet.

A. Her ses et snit i et bassin omfattende fire forskellige udgangsbergarter (1-4), der er udsat for opsmeltning. Opsmeltningen fører til dannelsen af en leukosomrig zone, en såkaldt migmatit (gul), der adskiller den ikke eller kun lidt smeltede gnejs (grå) fra den stærkt smeltede granit (rød). Allerede på dette tidspunkt har graniten næsten helt mistet sin oprindelige struktur.

B. Det hævede og foldede bassin. Det er let at genfinde de fire udgangsbergarter fra A, idet signaturerne er de samme selv om, der er vist en ny næsten lodret stribning. På denne måde er det antydnet, at deformationen,

der udtværer de mørke mineraler står i forbindelse med hævnningen. Kun den dybest beliggende granit er tegnet uden parallel-struktur. På denne måde er det tilkendegivet, at hævnningen tænkes at finde sted, inden denne granit størkner. Hændelsesforløbet, som figuren skildrer er utvivlsomt langt, langt mere kompliceret i virkeligheden.

SENE BEVÆGELSER LEDSAGET AF MAGMATISK VIRKSOMHED

Længe efter størkningen af de sidste graniter trådte det bornholmske grundfjeld ind i en ny fase, hvor grundfjeldet, under hævnning mod jordoverfladen, blev udsat for store spændinger. Herved gik det i stykker i kilometer-store blokke, der forskød sig lidt (op til nogle få hundrede meter) i forhold til hinanden. Bevægelserne foregik langs plane flader, bevægelseszoner, hovedsagelig med retninger mellem nord-syd og nordøst-sydvest. I bevægelses-zonerne blev det stive grundfjeld knust. Det knuste materiale er siden ved forvitring og erosion ført bort i vid udstrækning. Således har isen under de Kvartære nedisninger udmodelleret de bredere bevægelses-zoner til de såkaldte sprækkedale. Ikke alle bornholmske sprækkedale er dannet efter et helt så simpelt mønster. I nogle tilfælde blev dannelsen af bevægelses-zoner nemlig fulgt op af helt andre begivenheder. Dette skete, når bevægelses-zonerne under deres dannelse fik forbindelse med områder i dybet, hvor mørke smeltmasser, i sammensætning svarende til den vulkanske bjergart basalt, befandt sig. I så fald brød basalten ind i bevægelses-zonerne og spulede det knuste grundfjeld væk. En del af den smeltede basalt trængte muligvis helt op på jordoverfladen og størknede der. En anden del nåede aldrig længere end til tilførselskanalerne, det vil sige de tidligere bevægelseszoner. Her størknede smelten til en bjergart, der er grovere end basalt. Fra gammel tid har man kaldt en sådan bjergart for diabas, men betegnelsen dolerit bruges af mange geologer.

I det bornholmske grundfjeld findes op til 30 meter brede diabas-gange. Diabas-gangene forvitrer ofte lettere end granit og gnejs og en del af de bornholmske sprækkedale er udskrabede diabasgange. De sidste diabas-rester kan stedvis ses i dalenes sider.

Ikke alle sprækker og bevægelses-zoner er fra Prækambrium (jævnfør side 32 og 90). De yngre sprækker har gennemgående en anden retning end de prækambriske.

Indtrængningen af diabasen er den sidste Prækambriske begivenhed man har kendskab til. Nexø Sandstenen, der er aflejret oven på grundfjeldet, henføres til Nedre Kambrium.

Da de Prækambriske bjergarters tidsfølge er enkel: 1) gnejs, 2) granit, 3) sprækker og diabas, sker der ikke nogen større skade ved, at man tilrettelægger sit turprogram ud fra hensynet til, at ruten skal være kortest mulig.

Lokalitet 1: KNARREGÅRD

Stenbrud i gnejs med leukosom.

Tilkørslen til bruddet kan forceres af små biler, men udragende vegetation og sumpet underlag kan være en hindring. Busser må holde på bivejen, hvorfra der er cirka 300 meter til bruddet.

Selvom brydningen er ophørt i dette brud er det nok den lokalitet, hvor frisk gnejs bedst kan studeres. I modsætning til gnejsen i overfladen, som på grund af forvitring har en rødlig farvetone, er den friske gnejs ren grå. Knarregård-gnejsen tilhører den lyse gnejsvarietet, der forekommer udbredt på det nordlige Bornholm. Gnejsen er her tydeligt stribet, fordi den indeholder mørke mineraler, der er samlet i flade og aflange hobe, som er parallelt ordnet. Ligesom i hovedparten af det bornholmske gnejs-område hælder stribningsplanerne gennemgående mod nord.

De friske vægge i bruddet giver usædvanlig gode muligheder for at studere leukosomet og dets forhold til gnejsen. Det er hovedsagelig små legemer af leukogranit og pegmatit opstået ved differentiation og replacement (se figur 3). Man observerer, at leukosomet fortrinsvis ligger i zoner, hvor stribningen er bukket eller på anden måde deformeret. Opsmeltningen, som er nødvendig for dannelsen af leukosomet, er åbenbart samtidig med deformationen. Basiske fronter er ofte tydelige. Stærkt småfoldede leukoaplit-gange ses i bruddet.

Knarregård-gnejsen indeslutter ofte linseformede legemer af en mørkegrå, finkornet bjergart næsten uden stribning. Der er måske tale om rester af bjergarter fra før gnejsens dannelselse.

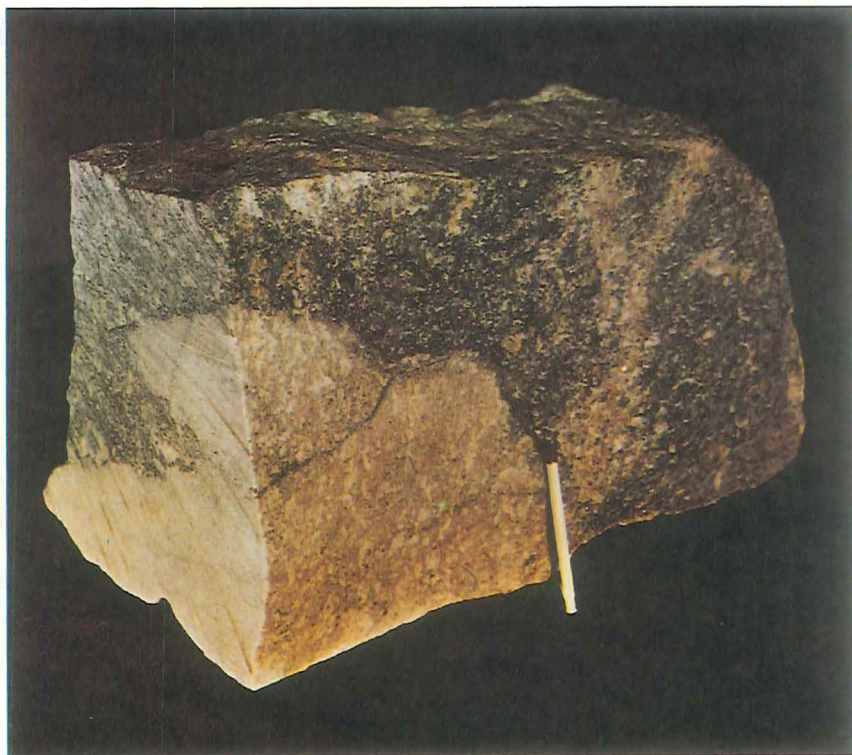
Lokalitet 2: PRÆSTEBØ

Stenbrud i Paradisbakke-gnejs (-migmatit).

200 meter syd for bivejen nord for Paradisbakkerne, 700 meter vest for Paradisgårde. Parkering på bivejen.

Paradisbakke-gnejsen består af to komponenter: en mørk, finkornet, oftest stribet hovedmasse og et lyst leukosom, der udgør cirka 20%. Leukosomet består af talrige tætliggende korte parallelle årer af leukogranit, hvilket giver bjergarten et særpræget flammende udseende. En sådan bjergart, der ser ud som om den er blandet af to forskellige bjergarter, betegnes en migmatit, hvorfor Paradisbakke-gnejsen i vore dage oftest kaldes Paradisbakke-migmatiten. Næsten al bornholmsk gnejs er migmatitisk (jævnfør lokalitet 1), men kun Paradisbakke-gnejsen er det i udpræget grad.

Beregninger sandsynliggør, at Paradisbakke-gnejsens migmatitiske karakter er opstået ved differentiation af en mørk gnejs (jfr. side 12). Man må tænke sig, at den leukogranitiske smelte har samlet sig i årerne på grund af et undertryk her (bøj eller vrid et gammelt viskelæder eller en klump ler, så opstår der revner af lignende form som årerne i Paradisbakke-gnejsen). Opsmeltingen i Paradisbakkerne har ikke været tilstrækkelig til at forhindre eller destruere stribningen (jfr. side 11). Længere øst på har varmetilførslen imidlertid været stor nok til at, dette er sket. Her dannedes så Svaneke-graniten.



Figur 5. Præstebo stenbrud. Billedet viser en kvartsitindeslutning, der tidligere sad på toppen af det "forbjerg", hvor vraget af kranen endnu står.

Lagdelingen i indeslutningen tyder på, at det drejer sig om en tidligere sandsten aflejret i havet eller på land. Der kan endnu ses lidt af denne indeslutning i kanten af sprænghullet foran de sørgelige rester af kranen.

Lokalitet 3: HELLETSGÅRD

Stenbrud i Svaneke-granit.

Alle biler må parkere på bivejen. Indkørsel er ikke tilladt på den private vej til gården. Af de mange veje bag gården, er det den, der går op ad bakken lige bag søen, der fører til stenbruddet. Det henstilles til ledere af større ekskursionsgrupper, at tilladelse indhentes forlods hos gårdens ejer.

Svaneke-granit er Bornholms groveste granit med en korntørrelse på op til 2 cm. Blandt de store korn dominerer den kødrøde kalifeldspat, der herved præger granitens farve og øvrige udseende i ganske særlig grad. På denne lokalitet kan Svaneke-graniten være noget stribet, men dette ændrer ivoøvrigt ikke dens udseende ret meget, og den ligner aldrig gnejsen, da denne er langt mere finkornet. Stribningen i Svaneke-graniten bøjer uden om de store kalifeldspatkorn og får derved et bølgende forløb.

Der findes pegmatitgange og indeslutninger af mørke bjergarter i bruddet.

Lokalitet 4: ÅRSDALE

Kyst med Svaneke-granit, der forvitrer til Årsdale-grus.

Umiddelbart nord for Årsdale. Parkering i siden af den gamle landevej.

Den smuldrende Svaneke-granit efterlader store kugleformede klipperester, der rager op, medens gruset falder i lavningerne. Smuldringen er en følge af de mindre bestandige mørke mineralers forvitring. Denne fremmes antagelig af, at forkløftninger i graniten tillader fri passage af det ødelæggende vand. Omlejret Årsdale-grus findes i store grusgrave langs landevejen mellem Årsdale og Svaneke.

I de faststående kystklipper ses talrige pegmatitgange og indeslutninger af mørk gnejs.

Lokalitet 5: STRANDEN VEST FOR LISTED

Grænse mellem Svaneke-granit og gnejs.

Parker ved Listed havn. Følg stranden cirka 500 meter mod vest til lokaliteten.

Den grovkornede Svaneke-granit med de afrundede kystklipper afløses mod vest af gnejsens mere skarpe, fladtbænkede kystterræn. Overgangen fra granit til gnejs sker inden for få cm eller dm. En overgangszone med lyse bjergarter (leukosom) findes langs kontakten. Leukosomet sender tunger ind i gnejsen.



Figur 6. Stranden vest for Listed. Foldet båndet gnejs umiddelbart vest for en lille kløft hvori der ligger et par store løse blokke, cirka 20-30 meter vest for kontakten.

Svaneke-graniten har omtrent samme sammensætning som gnejsen og er derfor antagelig opstået ved opsmeltning på stedet (anatexis). Leukosomet i grænsen er en isoleret rest af det smeltede materiale, muligvis koncentreret her som følge af de særlige spændingsforhold mellem de to mekanisk forskellige bjergarter.

Gnejsen vest for kontakten er ikke den almindelige bornholmske gnejs, da den i stedet for at være sribet er båndet, det vil sige opbygget af cm-tykkede lag af skiftende sammensætning. Man kan stedvis følge båndene i liggende folder (se figur 6). Det ligger nær at tolke disse bandede gnejsere som de deformerede og omkrystalliserede havaflejringer. Andre rester af primære bjergarter er foldet kvartsit, fundet flere steder vest for kontakten (se figur 7). Det er i dag ikke muligt at give nogen forklaring på, hvorfor ældre træk i gnejsen skulle være blevet bevaret netop her klods op af grænsen til Svaneke-granit.



Figur 7. Stranden vest for Listed. Foldet kvartsit cirka 50 meter vest for kontakten.

Lokalitet 6: KATTESLET BAKKE

Grænse mellem Hallegård-granit og gnejs.

Bakkens østskråning 200 meter nord for landevejen. Lokaliteten er vanskelig at finde og noget uoverskuelig og kan derfor kun anbefales til særligt interesserede. Parkering på landevejen for busser, små biler kan køre op ad bivejen mod nord og parkere umiddelbart vest for tilkørslen til Katteslet gård. Gå stik nordvest til bakkens stejle blottede skråning. Opsøg den itusprængte blotning oven for skråningen.

Lokaliteten er trods sin tilstand taget med, idet den er velundersøgt og fordi den sammen med andre lokaliteter i Hallegård-området har haft stor betydning for forståelsen af de granitdannende processer i det bornholmske grundfjeld. Hallegård-graniten er en rødlig granit, der minder en del om Svaneke-granit (lokalitet 3, 4 og 5) og som sydligst i sit

udbredelsesområde er lige så grov som denne, det vil sige med cm- store korn. I Katteslet Bakke er den noget finere som følge af sin nærhed mod gnejsen. I håndstykker ses den grårøde kalifeldspat, den grågrønne til gråbrune plagioklas og de præcist afgrænsede klumper af mørke mineraler. Gnejsen nord for kontakten er finkornet og mørk, men stribningen er ikke særlig udpræget før et stykke fra kontakten. Undersøgelser har vist, at graniten har omtrent samme sammensætning som gnejsen, og gnejsens mørkere farve er derfor et optisk fænomen som følge af den ringere kornstørrelse. Den ensartede sammensætning på begge sider af kontakten støtter den antagelse, at graniten er dannet på stedet ved en omorganisering af gnejsens mineraler. Det var her i Hallegård-området, man første gang nåede frem til den opfattelse, at denne omorganisering er sket som følge af opsmeltning (anatexis). Grænsen mellem graniten og gnejsen er oftest så skarp, at den kan udpeges med en blyant. Dette gælder for eksempel i den sprængte blotning (se figur 8). Andre steder i bakkens skræning er kontakten mere gradvis eller markeret af en leukogranitisk åre.



Figur 8. Prøve, der viser den skarpe grænse mellem granit og gnejs. Sådanne helt friske prøver kan oftest kun fås ved sprængninger i op til en halv meters dybde.



Figur 9. Ringebakke bruddet. Et transportbånd førte den knuste granit fra bruddet direkte ombord på skibene.

Lokalitet 7: RINGEBAKKER (eller VANG HAVN).

Stenbrud i Vang-granit. Produktionen er standset, og det er uvist om den genoptages.

Fra bivejen mod Vang havn følges hjulsporet ind i Ringedalen (vejskilt). Skiltningen sørger for den videre færd mod stenbruddet. Kommer man spadserende ad strandstien vil det være mere praktisk at besøge det gamle brud, som ligger lige ved kysten få minutters gang syd for Vang havn.

Vang-graniten er en rødlig granit, i hvilken de mørke mineraler er samlet i præcist afgrænsede klumper. I de to brud syd for Vang indeholder graniten flere mørke mineraler end sædvanligt. Vang-granitens sammensætning svarer i gennemsnit til gnejsens. På grundlag af dette, og af forholdet mellem centralzone og yderzone i uregelmæssig zonar plagioklas (se side 10-11) må Vang-graniten være dannet ved opsmeltning (anatexis) af det samme materiale som gav ophav til gnejsen. Overgangen mellem granit og gnejs er gradvis. Vang-graniten skæres af den yngre Hammer-granit (se lokalitet 11).

I Ringebakke-bruddet er fundet mange forskellige bjergarter, hvis relation til Vang-graniten ikke altid er lige klar. Mest bemærkelsesværdigt er nogle finkornede knusningszoner, der indeholder pegmatitgange og store krystaller af kalifeldspat samt en Hammer-granitlignende bjergart med gradvis overgang til Vang-granit. Dertil kommer de mere almindeligt forekommende kantede og afrundede indeslutninger af mørkere og lysere grå finkornede bjergarter. Endnu er ingen af disse bjergarter blevet undersøgt nærmere.

I bruddet syd for Vang havn ses særlig mange aplit- og pegmatitgange, hvilket harmonerer med, at kontakten til Hammer-graniten må findes i ringe dybde under stenbruddets bund. Netop i et granitlegemes randzone og nærmeste omgivelser udvikles leukosombjergarter særlig godt. Desuden forekommer kantede indeslutninger af en mørk bjergart. Også diabasgange findes.

Udseendet af graniterne varierer en hel del inden for deres udbredelsesområde (se kortet). Variationen kan for eksempel illustreres af, at man inden for Hallegård-området finder nogle graniter, der minder om Svaneke-graniten fra Årsdale og andre, der ligner graniten fra Vang.

Lokalitet 8: OLSKER BRANDDAM

Vang-granit med aplit- og pegmatitgange.

Tilkørselsvejen ligger næsten lige overfor 200 m stenen, der angiver, at vi befinder os 20,2 km fra Rønne. Eventuelt er et skilt med påskriften: Branddam blevet genopsat. Busser må holde på landevejen, men små biler kan køre til dammen og gøre holdt lige foran den. Lokaliteten ligger 50 meter nord for dammen.

Den afrømmede, bølgende grundfjeldsoverflade er udformet af indlandsisen under de Kvartære nedisninger. Her ses skurestriber og andre iserosions-fænomener (se figur 10). På de ispolerede flader ses grundfjelds-bjergarternes strukturer med stor tydelighed.

Det særlig interessante ved denne lokalitet er de talrige leukoaplit- og pegmatitgange, der skærer graniten, som er en noget sribet Vang-granit (sammenlign lokalitet 7). Gangene er dannet ved dilatation (se figur 3). Pegmatitgangene er yngst, idet de skærer aplitgangene, men da apliterne ofte har en pegmatitisk kerne, er aldersforskellen nok ikke så stor. I nogle af pegmatitgangene kan ses kamstruktur, det vil sige parallelle, tæstillede, lange krystaller, der fra pegmatitens væg vokser vinkelret ind i pegmatitgangen. Pegmatiterne på stedet indeholder foruden de almindelige granitmineraller op til cm-store sorte krystaller af magnetjærsten.

I lokalitetens nordvestlige del ses en cirka halv meter tyk diabasgang løbende nordøst-sydvest. Samme retning har den 75-100 meter brede sprækkedal, der ligger nordvest for lokaliteten. I dalens vægge et stykke sydvest for lokaliteten kan grænsezonen mellem Vang-graniten og Hammergraniten, der ligger underst, ses.



Figur 10. Skurestriber og seglformede brud i aplit ved Olsker Branddam. Pilene, som er 10 cm lange, viser isens bevægelsesretning. Fotograferet af Steen Sjørring.

Billeder af håndstykker af de fleste bornholmske graniter kan ses i K.Callisen og H.Gry's: Sten i farver, Politiken 1973.

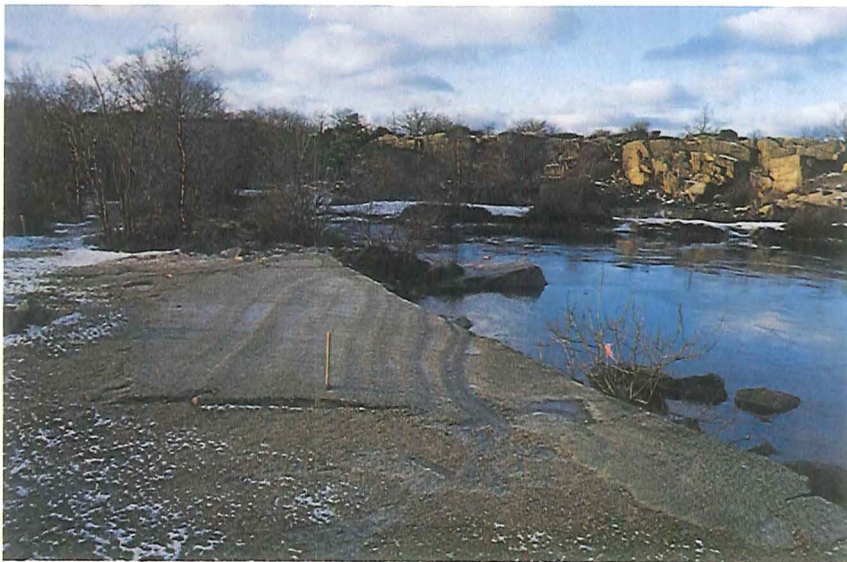
Lokalitet 9: STEJLEBJERG (KRYSTALSØERNE)

Typisk Hammer-granit.

Det store Hammerens granitbrud er blevet omdannet til parklandskab og fremtræder i dag uden gode blotninger og skærvebunker. Man bør i stedet besøge det gamle, men friske granitbrud på toppen af Stejlebjerg, bakken nord for Hammer-bruddet. Sti fra fyret, hvortil man kan køre i små biler, eller fra Hammer-havnen. Hvis man ikke kan afse tid til at besøge Stejlebjerg bruddet, er der gode helt friske vejblotninger i Hammer-granit på vejen mellem Højlyngen og Allinge.

Hammer-granit er Bornholms lyseste granitvarietet. I håndstykke ser det ud, som om den er oversået med blanke røde pletter. Disse består antagelig af en jernholdig substans, der findes som overtræk på granitens korn. Graniten er meget ensartet udviklet overalt i dette brud.

Hammer-graniten skærer Vang-graniten (se lokalitet 11) og er derfor yngre end denne. Da Vang-graniten muligvis er jævnaldrende med de øvrige anatexis-graniter, Hallegård-granit og Svaneke-granit, er Hammer-graniten måske den yngste af de bornholmske graniter. Dette stemmer overens med, hvad man kender fra andre grundfjeldsområder, hvor de lyseste graniter oftest er de yngste.



Figur 11. Motiv fra Stejlebjerg bruddet.

Da Hammer-graniten er lysere end Vang-graniten, kan den ikke være opstået fra denne ved en opsmeltning uden materialetransport. Beregninger viser, at Hammer-graniten i sammensætning ligger nogenlunde midt imellem Vang-granit og leukogranit. Forklaringen herpå må være, at et materiale med en sammensætning som Vang-granit (eller gnejs) smeltede op på en sådan måde at smelten, som i begyndelsen var leukogranitisk ved øget opsmeltning optog nogle mørke mineraler i opløsning (se side 12). Derefter isolerede smelten sig ved at trænge sig vej opåder. Herved kan man let forklare de skarpe, og oftest stejle kontakter (se lokalitet 11).

Graniten i Stejlebjerget-bruddet, der ligger et stykke inde i Hammer-granit-legemet, skæres kun af få leukoaplit- og pegmatitgange. Dette er, hvad man kunne forvente, idet leukosom-bjergarter fortrinsvis udvikles i et granit-legemes randzone og omgivelser (sammenlign med rigdommen af pegmatiter i Vang-graniten ved Vang havn og Olsker Branddam (lokalitet 7 og 8).

Lokalitet 10: DALEGÅRD, OLSKER



Figur 12. Dalegård stenbrud. Uregelmæssigt pegmatitlegeme.

Stenbrud i Hammer-granit med pegmatit med sjældne mineraler. Fra Olsker by, nord for kirken, følges bivejen mod Vang. 400 meter fremme umiddelbart efter en drejning af vejen findes nedkørslsen til bruddet. Hvis vejen ikke er spærret, kan man køre helt ned i bruddet.

Hammer-graniten ved Olsker er i terrænet omgivet af Vang-granit på alle sider (se kortet). Et nærmere studium af feltforholdene (omfattende blandt andet lokalitet 8) viser, at Hammer-graniten stikker op gennem Vang-graniten som en kuppel. Måske har Hammer-graniten ligefrem presset sig op i Vang-graniten. Dette kunne forklare nogle af de egenskaber, Hammer-graniten har i dette brud.

Hammer-graniten her er meget uensartet med mellemkornede, finkornede og stribede varieteter, der forekommer i skarpt afgrænsede partier. Leuko-aplitgange ses også i bruddet. Nogle af strukturerne er overrevne, forskudte og atter helede, endnu mens graniten var delvis smeltet.

I bruddets nordvestlige del, under nedkørslsen, ses et stort uregelmæssigt pegmatitlegeme (figur 12). De almindelige lyse granitmineraler og mørk glimmer er her udviklet i meget store krystaller. Desuden findes typpiske pegmatitmineraler som lys glimmer, violet flusspat, magnetjernsten (omdannet til en rød blød substans) og et sjældent, sort, radioaktivt mineral: gadolinit. Sidstnævnte mineral er omgivet af radierende sprækker, der kan gå 10-20 cm ud i graniten. Dette skyldes mineralets radioaktive henfald, der får det til at udvide sig, så graniten omkring slår revner.

Lokalitet 11: SJELLE (SJÆLE) MOSE

Forladt skovbevokset stenbrud, hvor grænsen mellem Hammer- og Vang-granit kan ses.

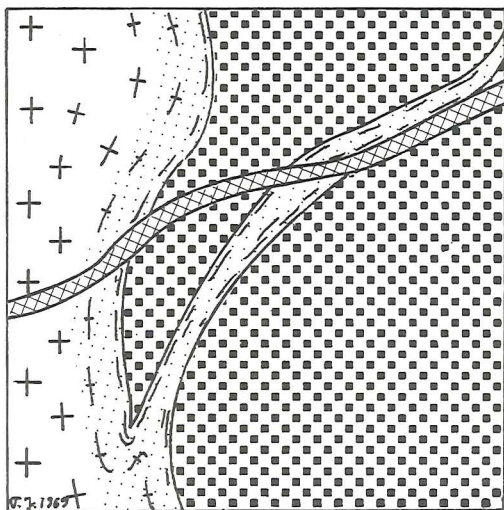
Busser må parkere på bivejen 200 meter nord for mosen (søen). Små biler kan følge hjulsporet langs vestsiden af denne.

Da brydningen i stenbruddet forlængst er afbrudt, har man de sidste mange år kunnet se de samme snit på tværs af grænsen mellem den lyse Hammer-granit og den lidt mørkere Vang-granit. Kontakten har et kantet forløb således, at Vang-graniten er omgivet af Hammer-granit på tre sider: øst, vest og undersiden.

Kontaktforholdene i et parti af nordvæggen er vist skematisk på figur 13. Hammer-graniten bliver få meter fra grænsen mere finkornet, men indeholder stadig en del større korn (strøkorn), som dog forsvinder helt i kontaktzonen, den såkaldte randaplit. Randaplit er ingen leukoaplit, men en særlig finkornet udgave af Hammer-graniten. Både her og i den nærmeste Hammer-granit er de mørke mineraler grupperet, så de giver bjerg-

arterne en sribning parallel med grænsen. Fra Hammer-graniten sendes der en udløber, der på alle måder ligner randapliten, ind i Vang-graniten. Vang-graniten på sin side bevarer stedvis sit typiske udseende helt ind til kontakten med Hammer-granitens randaplit. Det almindeligste er dog, at Vang-granitens hobe af mørke mineraler tæt ved grænsen er bøjet parallel med denne. Som forholdene er på denne lokalitet kan der ikke være tvivl om, at Hammer-graniten er yngre end Vang-graniten. Randapliten fine korn vidner om, at den smeltede Hammer-granit er blevet hurtigt afkølet mod den koldere Vang-granit. Hammer-granitens dannelse er diskuteret under lokalitet 9.

Både Hammer-graniten, Vang-graniten og randapliten skæres af pegmatitgange dannet ved en kombination af dilatation og replacering.



Figur 13. Kontakten mellem Hammer-granit og Vang-granit i et cirka $4 \times 4 \text{ m}^2$ stort udsnit af nordvæggen i Sjelle mose stenbrud. Hammer-graniten sender en udløber ind i Vang-graniten, hvilket viser, at Hammer-graniten er yngst.

Signaturer:

kvadratnet: pegmatit

prikker: finkornet Hammer-granit

streger: sribet Hammer-granit

krydser: Hammer-granit

sorte kvadrater: Vang-granit

Lokalitet 12: BJERGEBAKKE

Stenbrud i Alminding-granit.

Små biler kan køre ind i bruddet. Busser må parkere ude på bivejen.

Alminding-graniten er en af Bornholms lyseste graniter. Den ligner Hammer-graniten, men er altid noget sribet. Den er meget grovere end gnejsen i hvert fald i dette brud. Man kender for lidt til forholdene til at kunne gøre rede for Alminding-granitens dannelse i detaljer.

På lokaliteten indeslutter Alminding-graniten linseformede, mørke glimmerrige legemer. Sprækkeflader i graniten kan være beklædt med det grønne mineral epidot.

Lokalitet 13: KLIPPELØKKE

Stenbrud i Rønne-granit med zonare pegmatitgange.

Tilladelse til besøg i bruddet opnås ved henvendelse hos formanden i det røde skur. Parkering ved stendiget. Hvis arbejde i bruddet umuliggør besøg kan man tage til stenbruddet i Lobbæk (lokalitet 13a på kortet).

Rønne-graniten er den eneste af de mørke graniter, der har større udbredelse. De øvrige mørke bjergarter i det bornholmske grundfjeld er ikke Rønne-granit, selv om den opfattelse af og til har været fremme. Den mikroskopiske undersøgelse viser, at Rønne-granit er langt mere grovkornet end disse og har en anden struktur.

Rønne-granit er i frisk tilstand meget mørk, hvilket skyldes, at de lyse mineraler er klare og tillader de mørke mineraler at dominere håndstykkernes farve. I forvitrede overfladeprøver af Rønne-granit fås et rigtigere indtryk af fordelingen af de lyse og mørke mineraler. Det er dog åbenbart, at Rønne-graniten er mørkere end flertallet af de bornholmske granitvarieteteter. Indholdet af plagioklas synes at overstige mængden af kalifeldspat. Nogle geologer kalder en sådan sammensætning granodioritisk og taler altså om Rønne-granodiorit, men de fleste er enige om kun at kalde bjergarter, der har mindst dobbelt så meget plagioklas som kalifeldspat for granodiorit. Så meget plagioklas har ingen bornholmsk bjergart.

Rønne-graniten kan opfattes som en rest efterladt af en udpresset smelte (jfr. side 12). Denne smelte er muligvis steget til vejrs og er udkrystalliseret som en lys granit, en slags Hammer-granit, der forlængst er eroderet bort.

Pegmatitgange, dannet under dilatation, kan studeres i Klippeløkke-bruddet. Pegmatitterne består hovedsagelig af granitens almindelige lyse mineraler og små mængder af blandt andet mørk glimmer (biotit), fluspat, svovlkis, molybdænglans og blyglans.

Pegmatitgangenes tykkelse varierer fra få mm til cirka 1 meter. De tykke gange er zonare, det vil sige opbygget af zoner med forskelligt mineralindhold (figur 14). Mest karakteristisk er kvartskernen, men en zone med skrift-granit (sammenvokset kvarts og feldspat) ses gerne et lille stykke fra pegmatitens væg.

Små kantede eller afrundede indeslutninger af bjergarter, der er mørkere end Rønne-graniten ses i bruddet. Strukturen i nogle af dem peger på, at der er tale om rester af en ældre meget mørk lava.

Nogle få mere eller mindre omdannede diabasgange i bruddet stryger cirka nord-syd.

I en smal zone mellem den gamle og den nye grav er overjorden ryddet til side. Her ses granitoverfladen som isen efterlod den med talrige små og store rundklipper, med tydelig stød- og læside.



Figur 14. Gennemsavet pegmatitgang. I midten kvartszonen, der er omgivet af feldspat. Det kødrøde mineral er kalifeldspat, det grønne er plagioklas. I kanten ses Rønne-granit.

Lokalitet 14: MAEGÅRD

Pyroxen-granit.

Graniten findes i en enkelt stor blotning, der stikker op af marken lige øst for vejen.

Maegård-graniten er en mørk, meget hård, finkornet bjergart. Plagioklas-indholdet er stort og overstiger kalifeldspat-indholdet, men ikke så

meget, at bjergarten er granodioritisk efter den terminologi, der her benyttes (se lokalitet 13). Mægård-graniten er en repræsentant for de mørkeste grundfjeldsgraniter, som findes i adskillige små områder, men ingen rolle spiller arealmæssigt. Mægård-graniten fører pyroxen i små mængder. Pyroxener er mørke mineraler, der ligner hornblende i sammensætningen, men som i modsætning til hornblende ikke indeholder vand. Dette kan støtte den opfattelse, at Mægård-graniten er en rest der er blevet tilbage af en oprindelig gnejs efter, at denne er berøvet sin smeltede del (se side 12). Forsøg viser nemlig, at en bjergarts-smelte vil erobre vand, fra de vandholdige mineraler og medtage vandet når den presses ud.

Lokalitet 15: PARADISBAKKERNE

Sprækkedale i Paradisbakke-gnejs.

Det foreslås at tage en vandretur i Paradisbakkerne med udgangspunkt i Præstebo (lokalitet 2) eller parkeringspladsen i Klinteby. Skoleklasser i bus kan starte fra det ene sted og lade sig afhente det andet. Turistkortet har et del-kort over Paradisbakkerne i målestokken 1:20000 på bagsiden.

Klippeterrænet opbygges af Paradisbakke-gnejs. På nordskråningen af Skottedal ses ved stien, der fører til Gamleborg, indeslutninger af en mørk hornblenderig bjergart, en såkaldt amfibolit.

Et stort antal parallelle sprækkedale gennemskærer Paradisbakkerne i retningen mellem nord-nordøst og nordøst. Et mindre antal går i retningen cirka vinkelret herpå. Særlig smukke er Grydedal og Majdal. Sprækkedalene er hovedsagelig udmodelleret af indlandsisen, der har fjernet de knuste gnejsrester i bevægelses-zonerne (se side 15).

Lokalitet 16: GULE HALD

Diabasgang.

En lille halvø cirka 200 meter øst for Listed Havn. Parkering på strandvejen eller ved havnen.

En cirka 30 meter tyk diabasgang (doleritgang) skærer Svaneke-graniten. Gangen er grovest i midten, mens kontaktzonen er mere finkornet på grund af den hurtigere afkøling og krystallisation nær den kolde granit. Nogle store plagioklaskrystaller, alene eller nogle få sammen, findes hyppigt i kontaktzonen. De er imidlertid ikke udkrystalliseret fra diabasmelten, men er løstrevet fra den omgivende Svaneke-granit. Dette frem-

går foruden af den store kornstørrelse også af plagioklasens kemiske sammensætning. Nogle store kvartskorn i diabasen stammer også fra graniten. Diabasen selv består hovedsagelig af calciumrig plagioklas og pyroxen.

Både diabasen og graniten gennemskæres af cirka 1-25 cm tykke øst-vest gående sandstensgange, som er sandfyldte revner i grundfjeldet. De er meget yngre og kan være samtidige med Balka-sandstenen.

Lokalitet 17: JONS KAPEL

Strandklipper med ovn.

Parker ved hotellet. Hvis tiden tillader det, bør man spadsere herfra ad strandstien mod nord og rundt om Hammer-knuden. Skoleklasser i bus kan eventuelt afhentes i Sandvig.

Vejen ned til stranden går gennem en kløft med lodrette vægge opstået ved forvitring af en diabasgang. Den forvitrede diabas ses langs trappen. Ovn, som er en dyb hule på sydsiden af strandklippen, er ligesom denne udformet af bølgeslaget.

På turen ad strandstien ses mange former for geologisk virksomhed repræsenteret, heriblandt sprækkedale, strandklipper (Løvehovederne) og ovne (nord og syd for Hammershus ruin). Lokalitet 7 og 9 ligger næsten på ruten.



Jons kapel. Fotograferet af Mona Hansen.

Efter de voldsomme begivenheder i Prækambrium, hvor graniten og gnejsen opstod og senere blev gennemskåret af brudzoner (lejlighedsvis udfyldt af diabas), indtrådte mod slutningen af Prækambrium en mere rolig fase i Bornholms udvikling. Landområdet i og omkring Danmark var på det tidspunkt forvitret langt ned, og de ældre bjergarter fra dybet var kommet op til overfladen og blev nu påvirket af atmosfærens nedbrydende kræfter. Det nedbrudte materiale blev af vandløb ført til sænkingsområder og aflejredes som tykke lag af forskellige sandsten.

De ældste aflejringer i Nedre Kambrium er Nexø Sandsten, der er mørkerøde og lyserøde sandsten uden fossiler. Forskellige strukturer (krydslejring, udtørringssprækker) i de nederste 70 meter af den 100 meter tykke formation tyder på aflejring i et flodslettemiljø, mens de øverste 30 meter synes at være aflejret i en lagune eller tilsvarende flodmundingsmiljø. I de øverste lag ses stedvis det grønne mineral glaukonit, som er dannet i havet. I dette flodslettemiljø har flodarmene ofte skiftet leje - derved er de gamle løb blevet sedimentfyldt, og samtidig blev der mulighed for, at flodaflejringerne kunne få en stor horisontal udbredelse. Her og der er lejlighedsvis opstået lavvandede søer - eventuelt med en algevegetation. Flodsletten har næppe ligget højt over havniveau, og da havet endelig trængte ind, var det en blid proces. Skiftet til et havmiljø er kun markeret af enkelte niveauer med det grønne mineral glaukonit samt af enkelte strukturer, som måske er spor efter organismer.

Med jævn overgang kommer derefter Balka Sandsten, der er hvide, grå eller sorte kvartssandsten. Den 60 meter tykke formation, med de ældste spor af organismer i Danmark, ligner meget nutidige marine sandaflejringer afsat nær kysten. Nogle forskere mener nu, at Balka Sandstenen blev dannet samtidig med og i samme aflejningsbassin som Hardeberga Sandstenen i Skåne, og foreslår at alle disse sandsten benævnes Hardeberga Sandsten, eftersom dette formationsnavn blev opstillet først.

Efter et lille ophold i sedimentationen fulgte derefter 100 meter 'Grønne Skifre', der har deres farve fra blandt andet glaukonit. Bjergarten er overvejende siltsten, det vil sige er så finkornet, at de enkelte partikler næppe kan skelnes. I nogle horisonter findes rigtige fossiler bevaret, men i mange niveauer ses krybespor og gravegange. De 'Grønne Skifre' må efter kornstørrelsen være afsat på noget dybere vand end Balka Sandstenen.

De Nedre Kambriske aflejringer slutter med den 3 meter tykke Rispebjerg Sandsten, en kvartssandsten, der viser en kortvarig lavvandet fase inden havet ved overgangen til Mellem Kambrium for et længere tidsrum trak sig tilbage fra Bornholm.

De første forsteninger i Østersø området, kendt fra en parallel til Balka Sandstenen, hører ikke blandt de ældste, og da Nexø Sandstenen ikke synes at være meget ældre end Balka Sandstenen, må Nexø Sandstenen idag antages at tilhøre Nedre Kambrium (var tidligere placeret i yngste Prækambrium).

Lokalitet 18: ONSBÆK

Sen-Prækambrisk landoverflade.

Syd for bivej til Blemmelyng, lige ved vejkaffel - vanskelige parkeringsforhold.

I selve bæklejet og i østbrinken ses smuldrende, rødforvitret gnejs. Her og der optræder lyse partier, der er forvitret pegmatit (bedes venligst skånet).

Denne lokalitet viser, hvorledes den bornholmske landoverflade kan have set ud sidst i Prækambrium, inden Nexø Sandstenen blev aflejret. Der var endnu ikke planter på landjorden, bortset fra mulige primitive alger, og området var derfor principielt en ørken, selvom der nok var nogenlunde regelmæssig nedbør. Forvittringsprocesserne var domineret af iltning af jernholdige mineraler med samtidig optagelse af vand. Derved opstod det rustbrune mineral limonit, og ved senere afvanding under tørre forhold blev limoniten omdannet til rød hæmatit, som derefter har holdt sig stabil til idag.



Figur 15. Forvitrede grundfjeldsbergarter ved Onsbæk. Den lyse stribe er en pegmatitgang.

Lokalitet 19: GADEBY

Grænsen mellem gnejs og Nexø Sandsten.

Øleå lige nord for landevejen. Gå ud fra nordlige bivejs skæring med åen og fortsæt til fods langs Øleå til landevejen. Dårlige parkeringsforhold.

Denne strækning af Øleå ligger lige ved grænsen mellem gnejs og Nexø Sandstens bundlag. Hvis der ikke er for meget vand i åen, vil man i ålejet længst borte fra landevejen kunne se den forvitrede gnejs - karakteriseret af de modstandsdygtige, skarpkantede kvartskorn, mens feldspaten og de mørke mineraler (hornblende og biotit) er stærkt forvitrede. Længere nede ad åen ses sandstens bundlag, som her udgøres af rød sandsten af vekslende kornstørrelse - men altid med velafrundede kvartskorn tydende på en betydelig transportlængde og gentagen omlejring af forvitningsmaterialet. Sandstenen kan indeholde en del feldspat.

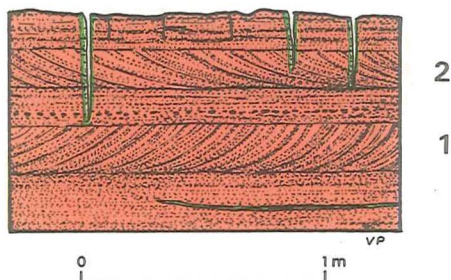
Lokalitet 20: GADEBY

Nedre Kambrisk Nexø Sandsten

200 meter nord for landevej, øst for bivejen til Bodilsker Plantage.

Her er to stenbrud anlagt i den nedre del af Nexø Sandsten et stykke over bundlaget. I de to brud ses sandsten i tykke bænke vekslende med tynde ofte glimmerrige siltlag. Sandstenen er velsorteret, pænt lagdelte og med gråligtrøde til lyserøde farver. De tynde, finkornede lag er mørkt gråtrøde eller grønne. De røde farver skyldes det jernholdige mineral hæmatit, der i de mørke sandsten udgør en betydelig del af grundmassen mellem sandkornene. I de lyserøde sandsten findes hæmatiten kun som en tynd hinde på kvartskornenes overflade, mens grundmassen er lys. Ved brydningen dukker der af og til lagflader op med strømrubber eller tørkesprækker, fine eksempler er ofte opstillet på iøjnefaldende steder ved indgangen til stenbruddene. Sådanne strukturer samt krydslejring (se figur 16) tyder på aflejring i strømmende vand.

Hvor overjorden er fjernet, ses ofte skurestriber, afsat af den Kvar-tære is, i retning østsydøst til vestnordvest.



Figur 16. Skematisk snit i Nexø Sandsten. 1 og 2 krydslejrede lag afsat af strømmende vand fra henholdsvis højre og venstre.

Sandstenen ved Gadeby har et feldspatindhold fra 10–20 %, og kan derfor betegnes som en arkose, selv om feldspaten strengt taget skulle udgøre over 25 %. Sandstenen består hovedsagelig af kvartskorn i en grundmasse af lermineraller. Den røde farve skyldes hæmatit (se tekst til lokalitet 18). Langt senere har nedsivende, surt grundvand fra den kaoliniserede landoverflade i Jura-tid (se side 72) stedvis opløst og fjernet størstedelen af hæmatiten.

Lokalitet 20 C: FREDERIKS STENBRUD

Nexø Sandsten

2 km nord for Nexø, mellem Svanekevejen og havet.

Bornholms ældste sandstensbrud fra 1754, nu vandfyldt og ikke tilgængeligt. Kun de øverste dele af Nexø Sandstenen er blottet her. Nærmest vejen ses tykke lag af krydslejlrede røde sandsten, og nær nedkørslen ses et snit i en glaukonitholdig, hvid Nexø Sandsten, der er omgivet af normal rød sandsten med et betydeligt indhold af feldspat.



Figur 17. Øvre Nexø Sandsten mellem Balka og Langeskanse.

Andre brud i den ialt 100 meter tykke Nexø Sandsten ved Bodilsker sydvest for Slamrebjerg (lokalitet 20a) og i den nordlige udkant af Nexø, vest for Stenbrudsvej (lokalitet 20b) viser nogenlunde det samme som Gadeby-bruddene.

Lokalitet 21: PEDERSKER SANDSTENSBRUD

Balka Sandsten fra Nedre Kambrium

2 km nord for Pedersker, lige øst for bivej, der forbinder Søndre landevej og Rønne-Nexø landevej.

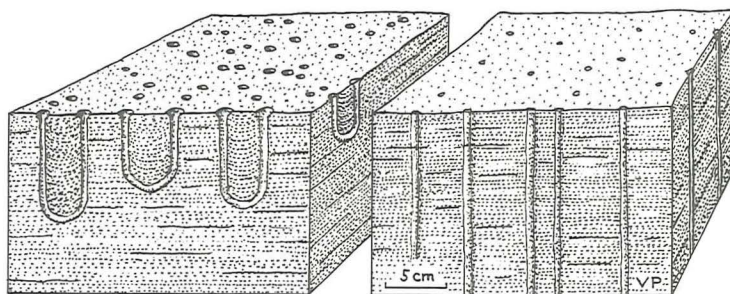
Her brud i Balka Sandsten fra Nedre Kambrium. I lavere niveauer på andre lokaliteter indeholder Balka Sandstenen korn af det grønne mineral glaukonit, som kun kan dannes i havet, og undergrænsen for Kambrium er netop defineret ved havets første indtrængen over Bornholm. I den lyse Balka Sandsten findes de første tegn på liv i form af krybespor på lagfladerne. I bruddet ses her og der flere revler, der sammen med bølgeribber viser, at aflejringen har fundet sted på lave havdybder. På grund af lævirkningen kan der mellem revlerne være aflejret finkornet materiale, der nu ses som tynde lag af mørk, glimmerrig skifer. Revleoverfladerne viser gerne bølgeribber og krybespor, som vi kender det fra nutidens havbund. Nogle revler har senere i Balka Sandstens tid fået toppen skåret af som følge af ændrede aflejningsbetingelser (se figur 18). Hvor den fritstående



Figur 18. Revle i Balka Sandsten, Pedersker (lokalitet 21). V.P. fot.

revle dækkes af ikke-fjernet sandsten ses i vestvæggen samt i bruddets sydvæg, at enkelte revlestrukturer er fremhævet af en tynd sprække, hvis sider har en iøjnefaldende nubret struktur. Det skyldes en senere opløsning af kvartskornene i denne horisont. Noget af den opløste kvarts kan være blevet genafsat i det løse Balka Sand, som derved blev til en hård sandsten. Netop på denne måde opstår hærtnede aflejringer, men det er kun sjældent, at man har lejlighed til at se, hvor bindemidlet kommer fra.

Andre seværdige lokaliteter med den ialt 60 meter tykke Balka Sandsten er: STRØBY sandstensbrud (lokalitet 21a, 1 km sydvest for Åkirkeby). Her støder Balka Sandstenen langs en forkastning lige op til den bornholmske gnejs, der hæver sig mod nord. På lagflader ses bølgeribber, og i brudvæggene viser tynde skiferlag i sandstenen variationer i materialetilførsel. BALKA STRAND (lokalitet 21b, 2,5 km sydvest for Nexø). Her ses igen revledannelse. I Balka Sandstenens bundlag ses meget glaukonit. SNOGEBÆK (lokalitet 21c, helt ude ved kysten). Her ses nord for broen der fører ud til havnen, lige enkelte beboelsesgange Skolithos, og syd for broen ses talrige U-formede gange med tragtformede mundingar i lagfladerne Diplocraterion. I begge tilfælde er det fristende at sige "ormerør", men vi ved intet om de mere end 500 millioner år gamle indboere, der ikke er kendt som egentlige forsteninger.



Figur 19. Diplocraterion- og Skolithosrør i Balka Sandsten fra Nedre Kambrium.

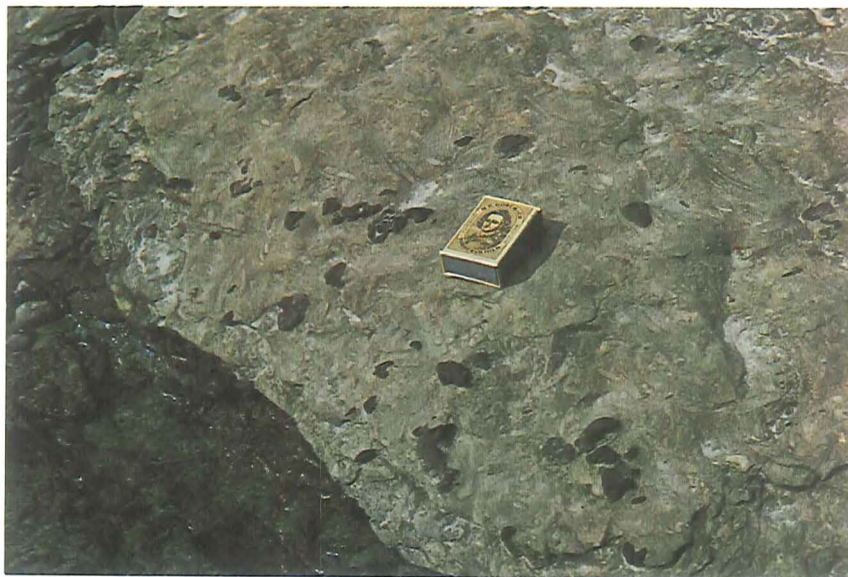
Lokalitet 22: BROENS ODDE

'Grønne Skifre' fra Nedre Kambrium.

Ved kysten 1,5 km syd for Snogebæk. Ikke indkørsel på plantagevejen for busser med over 12 personer.

De 'Grønne Skifre' er gennemsat af gravegange i alle retninger. På lagfladerne er der mange krybespor af forskellige typer og størrelser. Desuden ses talrige små sorte knolde, der er konkretioner af fosforit - forsteninger er uhyre sjældne her.

Efter et kortvarigt sedimentationsophold på grænsen mellem Balka Sandsten og 'Grønne Skifre' fortsætter sedimentationen igen, men nu med siltsten og finkornede, dårligt sorterede sandsten, med mange sporfossiler, hvilket vidner om et rigt dyreliv. Sedimenterne er gennemgravet på kryds og tværs, således at lagdelingen næsten er forsvundet. Fosforitknoldene findes et stykke oppe i den 100 meter mægtige serie og tyder på, at sedimentationen var gået i stå på dette tidspunkt. Inde i nogle af fosforitknoldene kan man finde små fossiler, der viser, at fosforiten oprindelig kan være udfældet omkring organismerester, som i forvejen indeholdt noget fosfatisk materiale. Fossilerne angiver en Nedre Kambrisk alder. Bjergarten er mørkegrå med et grønligt skær, der skyldes dels glaukonit, dels grønligde lerminerale fra klorit-gruppen.



Figur 20. 'Grønne Skifre' ved Broens Odde - gennemsat af gravegange. Desuden ses sorte fosforitknolde. V.P. fot.

Tendensen i den skitserede udvikling gennem Nedre Kambrium - nedbrydning af et højereliggende granit/gnejsopland og aflejring af det nedbrudte materiale som grove sandsten gående over i mere finkornede siltsten (de 'Grønne Skifre') - fortsattes gennem Mellem og Øvre Kambrium ind i Nedre Ordovicium. Det er fristende at sige, at havdybden ganske enkelt øgedes i dette tidsrum, idet de altdominerende finkornede bjergarter (lersten) meget vel kunne antyde et aflejningsmiljø i betydelig afstand af kysten. På den anden side har områdets tektoniske stabilitet ført til, at oplandet var blevet tæret langt ned og dybt forvitret, således at kun finere partikler af "dovne" vandløb blev fragtet ud i havbassinet, og i flere niveauer kan ses strukturer, der antyder, at havdybden ikke var så stor endda.

I tidsrummet Mellem Kambrium til ind i Nedre Ordovicium aflejres for det meste fine lerpartikler sammen med organisk materiale. Senere blev dyndet under vægten af de overlejrende lag presset sammen til en fint spaltende skifer - den sorte alunskifer. Navnet alunskifer stammer fra en tidligere udvinding af alun (kalium/aluminiumsulfat) ved ristning og udvanding. Men det er nu den sorte farve, som er det mest ejendommelige. Farven skyldes et indhold af godt 10 % delvis omdannet organisk materiale og ligeledes 10 % fint fordelt svovlkis, der er en forbindelse af svovl og ikke-iltet jern - de resterende 80 % af alunskiferen er da lerpartikler.

Alunskiferens sammensætning giver en entydig information om dannelsesmiljøet. I havvand med et normalt indhold af ilt vil jern udfældes i forskellige forbindelser i iltet tilstand, og samtidig vil organisk materiale fra døde organismer totalt forrådnede og hovedsagelig danne vand og kuldioxid (CO_2), der forsvinder i opløsning. Med et underskud af ilt, eller totalt fravær af ilt, udfældes reducerede jernforbindelser, og forrådnelsen af organisk stof kan ikke løbe til ende, derfor vil der opstå bituminøse stoffer bestående især af kulstof og brint.

Heraf kan man slutte, at fra Mellem Kambrium til ind i Nedre Ordovicium var Bornholm dækket af et iltfattigt hav - det vil sige i mere end 50 millioner år. Man må da straks spørge, hvorledes et sådant iltfattigt miljø kan opstå og opretholdes gennem så lang tid. Det er ikke bare et lokalt bornholmsk anliggende, for ganske jævnaldrende og tilsvarende sorte alunskifer kendes i det vestlige Danmark (dybdeboring ved Slagelse), det øvrige Skandinavien og det baltiske område, samt i den øvrige verden.

I nutiden kendes adskillige områder med sort bundslam, netop forårsaget af iltfattigt miljø, som med tiden udmærket kunne blive til alunskifer. For det meste er der tale om et mere snævert afgrænset havbassin, hvor en opragende tærskel spærrer på en sådan måde, at der nok kan strømme iltigt vand ind ved havoverfladen, mens "returvandet" på større dybde,

hvor ilten er delvis opbrugt, ikke kan strømme ud. Der kan derfor ikke ske en udskiftning af bundvandet, ilten slipper hurtigt helt op - især ved forrådnelsesprocesserne - og bunddyrene forsvinder. Et nærliggende eksempel er en del vestnorske fjorde, hvor den spærrende tærskel er en under-søisk randmoræne fra Kvartærtiden.

Den store udbredelse af alunskifer i Skandinavien og i adskillige andre områder i Kambrisk tid passer ikke rigtig sammen med en "tærskel-model" - og en anden model, som også kendes idag, lyder mere sandsynlig.

Områder af Lillebælt og dele af Østersøen har idag et bundmiljø uden ilt og med et bundslam, der svarer til det første trin på vejen mod alunskifer. Vi er selv delvis ansvarlige for den tilstand takket være det store tilskud til havet af affald fra bysamfundene. Affaldet, der strømmer ud fra kloaksystemerne, har et meget højt indhold af organisk stof - langt mere end den naturlige tilførsel af ilt til havvandet kan hamle op med, og atter bliver det livløse sorte bundslam det efterladte vidnesbyrd om det specielle miljø.

"Overskudsmodellen" synes at passe bedre ind i det Kambriske billede end "tærskelmodellen", og tilbage bliver spørgsmålet - hvor kom "overskuddet" fra? Kemiske analyser af alunskiferen viser et påfaldende stort indhold af grundstoffet jod, som er karakteristisk for alger, og det er sandsynligt, at store algemasser i form af tang drev omkring i havoverfladen dengang, og at det organiske overskud stammer herfra. Med hensyn til det lange tidsrum domineret af det iltfattige miljø mener mange geologer, at da det iltfattige bundslam først havde fået en betydelig udbredelse blev det "selvregulerende" - således at der skulle større ydre ændringer til for at bringe tilstanden til ophør. Det skete ved, at havet et stykke ind i Ordovicium trak sig helt tilbage fra området.

Foruden den altdominerende alunskifer ses kun underordnede lag af kalksten ('Exsulans Kalk', lok. 26a - Andrarum Kalk, lok. 27a).

Endnu en forskel fra de Nedre Kambriske lag er de mere almindeligt forekommende forsteninger - især trilobiter, som er en nu uddød led-dyrgruppe. De havde normalt mange ens kropsled (hver med et par lemmer), mens leddene fortil og bagtil var smeltet sammen til et større hoved- og haleskjold. Forstenede hele trilobiter er sjældne at finde, men de karakteristiske hoveder og haler er almindelige og repræsenterer de splittede hudpanse fra trilobiternes hudskifter. Foruden trilobiter findes navnlig de adskilte skaller af små brachiopoder - en dyregruppe, der lever endnu idag. Brachiopoder er to-skallede dyr, der i det ydre kan minde lidt om muslinger, men som har en helt afvigende indre opbygning.

Mange trilobiter og brachiopoder levede ved og på havbunden - trilobiterne svømmende og kravlende, og brachiopoderne fasthæftet ved en stilk. Nogle trilobiter, for eksempel agnostiderne med kun to kropsled og næsten ens hoved- og haleskjold, menes dog at have levet i de øvre vand-

masser. Det er kendt, at organismer i havets øvre vandmasser gennem havstrømme kan få en meget stor udbredelse, og netop de agnostide trilobiter havde en verdensomspændende udbredelse i modsætning til flertallet af de øvrige trilobiter.

De før omtalte iltfattige miljøforhold, afspejlet i den sorte alunskifer, måtte naturligvis få følger for den samtidige dyreverden. Et bundliv kunne ikke trives, og i alunskiferen kan ikke findes de ellers normale grævegange lavet af orme og andre dyr, som holder til i havbunden.

Man må derfor slutte, at de trilobiter og brachiopoder, som findes spredt i alunskiferen, må have levet i de øvre vandmasser, hvor iltindholdet har været større end ved bunden. De drivende tangbælter kunne være et udmærket tilflugtssted, og her kunne brachiopoderne også sidde fast med deres stilk.

ORDOVICIUM

Efter den Kambriske periode følger Ordoviciet. I mange tilfælde vil grænsen mellem to perioder være markeret af tydelige sedimentationsafbrydelser og skifte til andre bjergarter - men det gælder ikke for Bornholm, hvor sedimentationen foregik ubrudt over grænsen Kambrium/Ordoviciet. Alligevel er grænsen let at fastlægge for i Ordoviciet ankommer de første repræsentanter for en ny dyregruppe - graptolitterne. Det var små kolonidannende dyr, hvis individer sad i små bægre eller rør langs koloniskeletets grene. Nu ses resterne som grafit-skinne hider på skiferens lagflader. Til trods for et primitivt udseende har graptolitterne været en højststående dyregruppe - det fremgår af nulevende fjerne slægtninge, der står nær hvirveldyrene.

De første graptoliter på Bornholm tilhører slægten *Dictyonema* (figur 27, 1), der dannede mange-grenede, klokkeformede kolonier, som drev rundt i havoverfladen fæstnet til alger.

Efter aflejring af 2,5 meter 'Dictyonema Skifer' trak havet sig tilbage, og der opstod et betydeligt hul i lagserien. Da havet atter skyllede ind var de sorte skifers tid forbi, og i stedet aflejredes den grå Nedre Ordoviciet Kalk i en tykkelse af 5 meter.

De forstenede trilobiter (figur 28) viser, at 'Orthoceratit Kalken' ikke er en "sammenhængende" aflejring, men repræsenterer flere tidsafsnit adskilt af betydelige sedimentationsophold. Vekslende aflejningsbetingelser fremgår af enkelte centimeter tykke skiferlag mellem nogle af kalkstenslagene. Nogle af lagfladerne har en iøjnefaldende grubet struktur, lejlighedsvis med en tynd beklædning af sort fosforit. Mange af de grubede flader repræsenterer opløsningsflader frembragt under havoverfladen i tidsrum, hvor der ikke skete aflejring (figur 29). Opløsningsperioderne har været betydeligt længere end aflejningsperioderne - for strukturen i de en-

kelte kalkstenslag viser en nogenlunde hurtig aflejring, mens en beregning af den gennemsnitlige aflejringshastighed for hele 'Orthoceratit Kalken' giver 2 mm på 1000 år. Det er talstørrelser man kunne vente i dybhavet - men 'Orthoceratit Kalken' er ikke afsat på større dybder - de lave sedimentationshastigheder fremkom ved, at faser uden aflejring og med opløsning af allerede aflejret kalk var helt dominerende.

Efter aflejring af 'Orthoceratit Kalken' fulgte atter et betydeligt ophold ved havets tilbagetrækning - men da området endnu en gang blev havdækket, kom der gennem resten af Ordovicium og ældre Silur kun mere ubetydelige huller i lagserien.

Mellem og Øvre Ordovicium på Bornholm omfatter 12 - 15 meter 'Dicellograptus Skifer' (navn efter graptolit, figur 26,3) og 3 meter 'Tretaspis Skifer' (navn efter trilobit, figur 26,6).

Miljøet havde da ændret sig noget og lerskiferne er generelt noget lysere end den Kambrisk-Ordoviciske alunskifer - idet indholdet af organisk materiale og svovlkis er noget mindre. Det er derfor rimeligt at tro, at havvandet på det tidspunkt havde et noget større iltindhold. Alligevel er den forstenede fauna domineret af organismer fra de øvre vandmasser.

Graptoliterne havde siden begyndelsen af Ordovicium gennemgået en karakteristisk udvikling - fra koloniskeletter med mange grene og mange individer gik det i retning af færre grene med færre individer. Hos nogle (for eksempel Dicellograptus) blev kun to grene tilbage, og i den videre udvikling klappede de to grene sammen, så der fremkom toradede former (Dicranograptus, Diplograptus, Climacograptus figur 26: 2-5).

Nogle niveauer inden for 'Dicellograptus Skiferen' indeholder en vrimmel af den lille brachiopod Paterula (figur 26,1) - den har formentlig været fæstnet til drivende algebælter. Forstenede bundlevende dyr skal man ikke regne med at finde, men lejlighedsvis ses korte gravegange (diameter omkring 2 mm) ned i 'Dicellograptus Skiferen'. Gravegangene er ofte fremhævet ved en senere imprægnering af guldskindende svovlkis.

Enkelte niveauer består af lyst hvidlig-gråt ler, som under mikroskop afslører små mineraler og strukturer, der klart viser, at leret er omdannet vulkansk aske (bentonit). Tilsvarende bentonitlag har en betydelig udbredelse i Norge, Sverige og et stykke ind i Estland. Det buede forløb af grænserne for bentonitens forekomst i det baltiske område antyder, at asken kan stamme fra vulkaner, der lå nordvest for Danmark, men foreløbig er kun askelagene kendt, og vulkansk aske kan blive ført viden om.

'Tretaspis Skiferen' er gerne lidt brunlig og har lidt mere uregelmæssige lagflader end 'Dicellograptus Skiferen'. Den indeholder en række forskellige trilobitslægter, men de er ligesom graptoliterne, temmelig sjældne. Fragmenter af trilobiterne har ofte en lys rustbrun farve.

Overgangen mellem Ordovicium og Silur er ikke blottet, men er kendt fra en boring, som viser en nogenlunde jævn overgang uden væsentlige ophør i sedimentationen.

SILUR

De ældste blottede lag fra Silur perioden har næsten samme karakter som den Ordoviciske 'Dicellograptus Skifer' - det vil sige, grå-sorte lerskifer med graptoliter, men nu domineret af nye typer. Det karakteristiske "bortfald" af kolonigræne (og dermed af beboelseskæder) kulminerede med fremkomsten af én-radede former som *Monograptus* og dens nære slægtning *Rastrites* (se figur 31: 1-3).

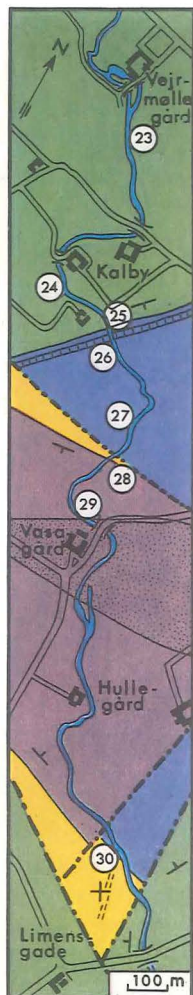
Den Silure lagserie omfatter ialt små 150 meter lerskifer med et varierende indhold af graptoliter, og selve skiferen varierer også fra lyse grå skifer med et indhold af kalkstenslag og -boller til rent sorte skifer mindende om alunskiferen fra Kambrium og Ordovicium. Den sorte skifer må være opstået i samme miljø som alunskiferen, og karakteristisk er fraværet af bundlevende organismer, mens gravegange i den lysere skifer vidner om perioder med et højere iltindhold.

Vulkanske askelag (bentonit) ses også i den Silure lerskifer - det fortæller sammen med den varierende skifer om jordskorpeuro og manglende stabilitet i området. Ved slutningen af Silurperioden indtraf en bjergkædefoldning, som ramte den skandinaviske halvø, men inden da var betydelige områder udenom blevet hævet over havniveau - Bornholm og det øvrige Danmark blev en del af det nordeuropæiske kontinent, og fra resten af den Palæozoiske Æra (perioderne Devon, Karbon og Perm) kendes ingen aflejringer på øen. Nedbrydning og borttransport af de ældre dannelser må have været den dominerende proces. På et senere tidspunkt - måske begyndende i Permtid - er dannelserne blevet forsat langs forkastninger, der har delt det sydlige Bornholm op i en kompliceret mosaik af blokke (se kortet side 4-5). Ved forskydningerne fik flertallet af blokkene en svag sydlig hældning, og det bevirker, at man, stort set, kommer til stedse yngre lag ved at gå mod syd.

Bornholms kyster i dag følger også gamle forkastningsretninger, og opskyllede løse skifersten fra havbunden udenfor viser, at lag fra yngste Silur kan have været aflejret på Bornholm. På sydkysten findes, dog ikke almindeligt, blokke af en sandsten med ung-Silure graptoliter, og sandstenen med de parallelle, strømorienteerede graptoliter viser en aftagende havdybde mod slutningen af Silur.

Lokalitet 23-29: LÆSÅ MELLE M VEJRMØLLEGÅRD OG
VASAGÅRD

Nedre Kambrium - Øvre Ordovicium
2,5 km sydvest for Åkirkeby - se specialkort figur 21.



Her følges Læså-stien - afmærket med grønne skilte - over en længere strækning med vekslende geologi. Motoriserede besøgende må disponere deres kørsel - bilkørsel er forbudt på Kalbyvej (privat). Besøgende i bus kan sættes af ved Vejrmøllegård, hvor Læså skærer bivejen fra Strøby til Lobbæk. Buserne kan derefter vente ved Vasagård, hvor Læså skærer bivej 0,5 km sydøst for Kalby. Andre motoriserede besøgende kan overspringe strækningen Vejrmøllegård - Kalby og parkere på bivej, der når landevejen 1 km vest for Åkirkeby. Efter besøg på lokalitet 24-26 køres til Vasagård, og Læsåstien følges tilbage til lokalitet 26 (godt 5 minutters gang).

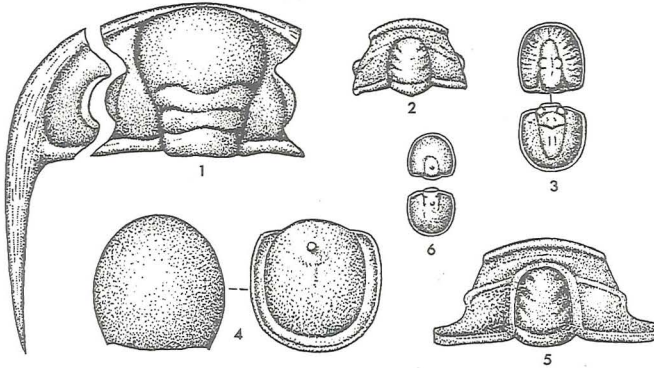
På strækningen Vejrmøllegård til syd for Lille Kalbygård (lok. 23-25) ses de varierende 'Grønne Skifre' fra Nedre Kambrium (se oversigtsskema side 3). Den noget uregelmæssige lagdeling viser, at det overvejende er siltsten, hvis kornstørrelse ligger mellem sand og ler, idet silten ikke har kunnet presses sammen i samme grad som lerindholdet. Forstæringer skal man ikke regne med at finde her. Når man nærmer sig Kalbygård ses, at der kommer flere og flere 10-25 cm tykke sandstenslag mellem siltstenslagene - det tyder på en aftagende havdybde mod slutningen af Nedre Kambrium, som afsluttes af den 3 meter tykke, grå-hvide Rispebjerg Sandsten, der udgør det lave "vandfald" i selve ålejet (lok. 25).

Derefter trak havet sig tilbage i rum tid, for sammenlignet med beslægtede områder, for eksempel Skåne, ses at toppen af Nedre Kambrium og en god del af ældre Mellem Kambrium mangler på Bornholm.

Figur 21. Læså fra Vejrmøllegård til Limensgade. Lagserien fra Nedre Kambrium til Øvre Ordovicium omfatter: 'Grønne Skifre' (23-24), Rispebjerg Sandsten (25), nedre alunskifer og Andrarum Kalk (26), 'Olenid Skifre' (27), 'Dictyonema Skifre' og 'Orthoceratit Kalk' (30), 'Dicellograptus Skifre' og 'Tretaspis Skifre' (29).

Da havet vendte tilbage, blev den nedbrudte landoverflade af Rispebjerg Sandsten (imprægneret af sort fosforit) omlejret, og de indledende Mellem Kambriske lag fik følgende karakter af et konglomerat bestående af omlejrede rullesten fra underlaget i en grundmasse af anden art.

Rispebjerg Sandstenen overlejres ved lokalitet 26 af 5-25 cm gråt, kalkholdigt ler med sorte, op til valnødde-store rullesten af Rispebjerg Sandsten. Leret er i reglen ikke synligt. Ved Øleå (lok. 26a) ses en næsten jævnaldrende dannelse, 'Exsulans Kalken', der her blot er en hård kalksten med forskellige trilobiter (figur 22: 1-2) og brachiopoder.



Figur 22. Mellem Kambriske trilobiter fra Bornholm. 1: Paradoxides ('Exsulans Kalk'), 2: Jincella ('Exsulans Kalk'), 3: Ptychagnostus (nedre alunskifer), 4: Grandagnostus (Andrarum Kalk), 5: Jincella (Andrarum Kalk), 6: Lejopyge (øvre alunskifer).

Leret ved Læså og 'Exsulans Kalken' ved Øleå synes at være aflejret på ganske lavt vand nær kysten, og den rige forstenede fauna viser, at iltindholdet indledningsvis var stort nok til et normalt bundliv. Over leret ved Læså (og kalkstenen ved Øleå) følger godt 1,5 meter sort alunskifer - en bjergart som derefter prægede billedet helt ind i Ordovicium.

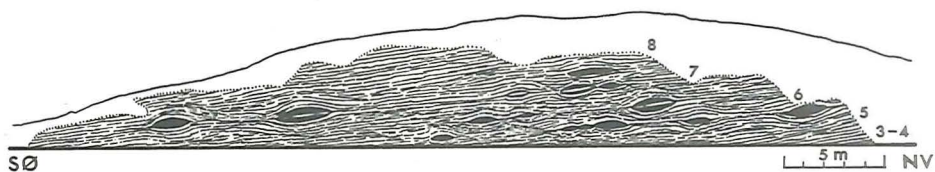
Ved lokalitet 26, lige før blotningen holder op mod syd, ses den eneste væsentlige afbrydelse af den monotone alunskifer i form af den knapt 1 meter tykke Andrarum Kalk (navn efter lokalitet i Skåne). Både over og under den gråsorte kalksten er efter aflejringen udfældet sort krystallinsk kalk (antrakonit) - halvlinseformede konkretioner, der ikke har kunnet vokse ind i kalkstenen, som altså må have været hærdnet til en hård kalksten inden da.

Alle besøgende anmodes om at lade hamrene hvile og nøjes med at se på kalkstenen. Blotningen er meget lille og kan let lide ubodelig skade.

Umiddelbart under selve Andrarum Kalken ses i vandkanten et sammenhængende antrakonitlag, hvori der optræder mange ærtestore, runde rullesten af fosforit - altså et konglomerat. Det tyder på lavt vand, og selve Andrarum Kalken har - set under mikroskop - et uventet stort indhold af kvartskorn, der også rimer med aflejring på ringe dybde. Da den nedre alunskifer på begge sider omgives af kalksten (eller ler) afsat på lavt vand, må det med al rimelighed også gælde for alunskiferen.

Efter Andrarum Kalken følger den øvre alunskifer, hvis nederste 2 meter stadig tilhører Mellem Kambrium, som det fremgår af den sjældne agnostide trilobit *Leioptyge* (se figur 22.6).

Hele Øvre Kambrium på Bornholm er ren alunskifer, og på grund af en ret ringe modstandskraft over for de nedbrydende kræfter er større sammenhængende blotninger fåtallige, og først 200 meter længere nede ad åen (følg stien) kommer lokalitet 27, som er et mere end 40 meter langt og 5 meter højt snit gennem en del af den Øvre Kambriske del af alunskiferen - den totale Øvre Kambriske lagtykkelse er 21 meter.

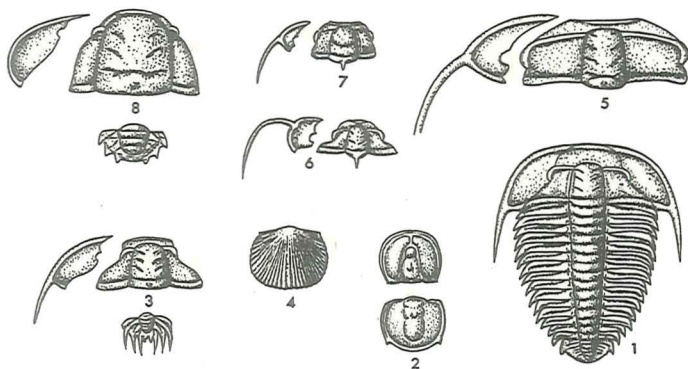


Figur 23. Profil i 'Olenid Skiferen' (Øvre Kambrium) ved lokalitet 27, Læså.

Alunskiferen ved lokalitet 27 indeholder små guldskindende, tenformede krystaller af mineralet svovlkis. I profilet i vestbrinken ses rækker af op til meterstore, linseformede antrakonitboller (se figur 23). De er dannet som konkretioner af bituminøs kalk, der er udfældet i det oprindelige bløde dynd i niveauer, hvor der i forvejen var en vis koncentration af kalkslam. Ved senere sammenpresning blev dyndet til skifer, hvis lag da kom til at bøje rundt om antrakonitbollerne, der ikke lod sig presse sammen. Kun skiferlaget midt gennem bollerne er uforstyrret - visende at bollerne er vokset op og ned fra midterlaget.

På lokalitet 27 kan findes en del forsteninger (se figur 23 og 24) - de findes lettest i nedfaldne skifer- og antrakonitstykker. I antrakoniten kan trilobitresterne være bevaret i oprindeligt relief, mens de er klemt flade i skiferen. Foruden repræsentanter for en enkelt trilobitfamilie - oleniderne, som har givet navn til den Øvre Kambriske del af alunskiferen - kan man nederst i profilets nordende være heldig at finde den lille brachiopod *Orusia* figur 24,4).

Det kan ikke betale sig at lede efter forsteninger i selve profilvæggens skifer og antrakonit, for de er koncentreret i få smalle bånd adskilt af helt forsteningløse skiferlag. Man kan forestille sig, at de helt livløse afsnit svarer til perioder, hvor iltmanglen slog igennem helt op til vandoverfladen, og den giftige svovlbrinte, som opstod ved den begrænsede omsætning af organisk stof, har i de pågældende faser helt fordrevet dyrelivet.



Figur 24. Trilobiter fra 'Olenid Skiferen'. 1: Olenus (Øleå), 2: Agnostus (Øleå), 3: Parabolina, 4: Orusia, 5: Eurycare, 6: Ctenopyge, 7: Sphaerophthalmus, 8: Peltura.

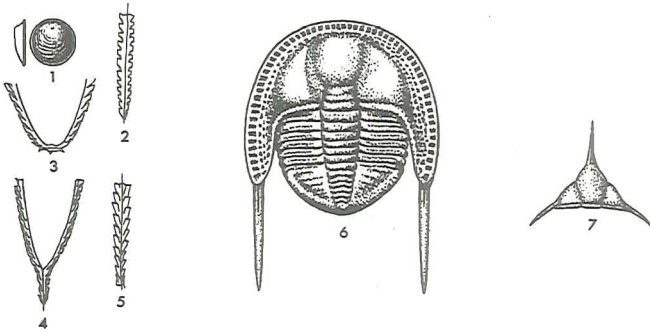
(Den Øvre Kambriske alunskifer kan også ses på lokalitet 27a ved Øleå nordvest og vest for Rispebjerg. Man kan parkere på Søndre landevej øst for Øleå ved Bjerpegård i vestsiden af Rispebjerg, hvorefter man kommer til lokalitet 27a ved at gå op langs gården mod Ringborgen. Lidt oppe ad åen, ud for Borregård, består åbunden af Rispebjerg Sandsten, der overlejres af 'Exsulans Kalk' (navn efter trilobiten *Ctenocephalus exsulans*). Derefter følger alunskifer, Andrarum Kalk og igen alunskifer (Mellem og Øvre Kambrium). Følger man selve åen tilbage til landevejen, kan man ved passende lav vandstand træffe spredte små blotninger af 'Olenid Skifer' - men forekomsterne ved Læså er langt at foretrække).

Tilbage til Læså - ved at gå videre ned ad Læsåstien mod syd fra lokalitet 27 ses den sidste del af 'Olenid Skiferen' lige før den lille bro over åen - i selve åbunden ses store, faststående antrakonitboller svarende til de øverste lag ved lokalitet 27. Derefter skulle man vente at se Nedre Ordovicisk alunskifer - 'Dictyonema Skifer', men lige fremme på venstre hånd, ses lokalitet 28, et forladt, nu vandfyldt brud i 'Orthoceratit Kalcken', der følger efter 'Dictyonema Skiferen'. Man kan beregne, at der simpelthen ikke er plads til 'Dictyonema Skiferen', og omtrent ved den lille bro må en forkastning da skære lagserien (se kortet, figur 21).



Figur 25. Antrakonitboller i 'Olenid Skiferen' ved lokalitet 27. Skiferen gennemsat af skråtløbende sprækker. Det gule overtræk på skiferbrudflader og antrakonitboller er udskilt kalium-jernsulfat.

Ved at gå godt 100 meter længere ned langs åen ser man et højt profil (lok. 29) i den sydlige åbrink - omfattende næsten hele 'Dicellograptus Skiferen' (12-15 meter i tykkelse). Her kan let findes forskellige graptoliter og en lille brachiopod - se figur 26: 1-5. På grund af skredfare skal man lade være med at kravle op i profilet - lige så gode prøver kan samles i den nedfaldne skifer. I profilets vestende ses 2 lerlag



Figur 26. Fossiler fra 'Dicellograptus Skifer' (1-5) og 'Tretaspis Skifer' (6-7). 1: Paterula (brachiopod), 2: Climacograptus, 3: Dicellograptus, 4: Dicanograptus, 5: Diplograptus, 6: Tretaspis, 7: Lonchodomas.

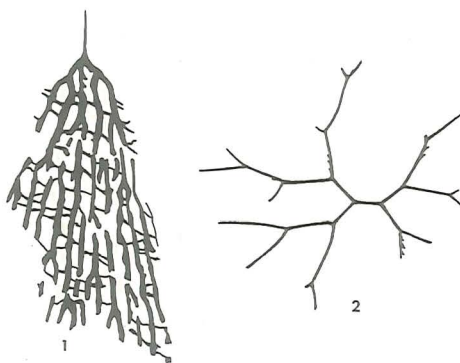
(cirka 1 cm og 8 cm tykke), som er forvitret vulkansk aske (bentonit). Det tykke bentonitlag sidder over nåhøjde i vestenden af profilet. Længere fremme - direkte under Vasagård - ses 3 meter 'Tretaspis Skifer' af brunlig farve. Få rustfarvede aftryk af trilobiter kan findes i de løse stykker. Toppen af den Ordoviciske lagserie mangler her (høvlet af af Kwartærtidens is) men er kendt fra en enkelt boring.

Lokalitet 30: LÆSÅ VED LIMENSGADE

Nedre Ordovicium.

3 km sydvest for Åkirkeby. Man kan parkere lige syd for broen over Læså. Lokaliteten er et forladt kalkstensbrud, som man kommer til ved at gå 100 meter mod vest i kanten af marken lige syd for åen.

Her ses nederst i sydbrinken de øverste lag af alunskiferen i form af 2,5 meter 'Dictyonema Skifer' (navn efter graptolit, figur 27,1). Her og der ses små knolde af antrakonit. I den øverste halve meter skifer kan findes - dog sjældent - en anden graptolitform (Clonograptus, figur 27,2). I alunskiferen er de oprindeligt klokkeformede kolonier af Dictyonema klemt sammen til flade vifter - koncentreret i enkelte niveauer ganske som de olenide trilobiter i den Øvre Kambriske del.



Figur 27. Graptoliter fra 'Dictyonema Skifer' (Ældste Ordovicium).
1: Dictyonema, 2: Clonograptus.

Den øverste del af brinken består af den overlejrende 'Orthoceratit Kalk', som her for en stor del er fjernet ved den tidligere brydning. Det er ikke nogen god lokalitet for indsamling af forsteninger fra 'Orthoceratit Kalken' - i stedet kan man se nærmere på overgangen mellem alunskifer

og kalksten. Her findes et overgangslag på lidt over 10 cm tykkelse, et konglomerat bestående af opbrudte alunskiferstykker i en grundmasse af grå kalksten. Et sådant konglomerat er en typisk dannelse, hvor der har været ophør i aflejringen, og ved sammenligning med det øvrige Skandinavien konstateres, at der i dette niveau mangler en betydelig lagserie, således at der var et langvarigt ophør i sedimentationen.

Selve 'Orthoceratit Kalken' består af to enheder - nederst Skelbro Kalken (cirka 30 cm), som har en konglomeratisk natur på grund af et indhold af fosforitimpregnerede skiferbrudstykker stammende fra de underlejrende lag. Denne del af 'Orthoceratit Kalken' har ikke haft praktisk anvendelse, og ved brydning oppefra har man ladet Skelbro Kalken blive tilbage. Derimod er det meste af den overlejrende, mere "rene" Komstad Kalk brudt, hvorfor denne enhed bedre ses ved lokalitet 31.

På grund af brydningsforholdene følger bunden af det gamle kalkbrud en karakteristisk submarin opløsningsflade med et bikage-agtigt udseende. Den lave stejlvæg udenom bunden af bruddet er Komstad Kalk.

Lokalitet 31: SKELBRO VED RISEBÆK

Nedre Ordovicium.

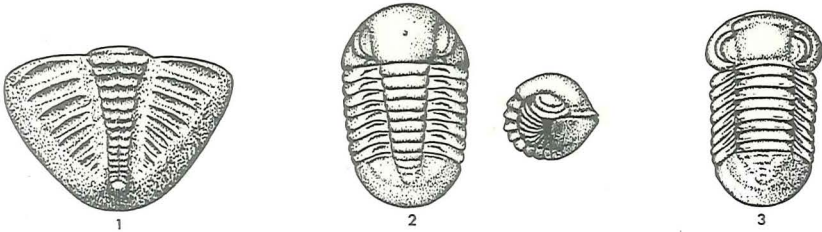
Lige syd for Søndre landevej, offentlig parkeringsplads ud for kalkbruddet.

Lokaliteten er et gammelt kalkbrud i 'Orthoceratit Kalk'. Bjergarten har navn efter orthoceratiter - de svagt kegleformede, 10-20 cm lange, kammerdelte skaller af blæksprutter, som er fjerne slægtninge til nutidens nautiler. Overfladen af kalkstenen er præget af fine skurestriber fra Kvartertidens isdække, og isen har frembragt fine længdesnit gennem orthoceratiter - man anmodes om at nøjes med at se på orthoceratiterne - de kan ikke hamres ud af kalkstenen.

Ønsker man at samle forsteninger, kan man - bedst i de løse stykker - finde en del trilobiter (se figur 28) og enkelte blæksprutter.

'Orthoceratit Kalken' har dels været brudt som bygningssten (Åkirke, Hammershus) og dels til cementfremstilling. Ved brænding fås en naturcement på grund af kalkstenens betydelige indhold af ler. Det er muligt, at aflejring af lerpartikler er foregået på samme måde og med samme hastighed som i Kambrium og Ældre Ordovicium - den store forskel i udseende mellem lerskifer og kalksten skyldes måske her blot en ændring i havvandets surhedsgrad, således at kalk kunne blive aflejret sammen med lerpartiklerne. De talrige niveauer med submarine opløsningsflader repræsenterer da en periodisk tilbagevenden til større surhedsgrad, hvorved allerede aflejret kalk gik i opløsning.

De enkelte meget tynde skiferlag er måske ikke aflejret som lerskifer - de er knyttet til opløsningsfladerne og kan muligvis betragtes som en "syreest" efter opløsning af et kalkstenslag.



Figur 28. Trilobiter fra 'Orthoceratit Kalken' - alle i halv størrelse. 1: Megistaspis (hale), 2: Symphysurus (udstrakt og sammenrullet), 3: Nileus.

Går man tæt ind på vestvæggen og ser på de lodrette brudflader gennem kalkstenen, opdager man en serie småbølgede laggrenser fremhævet af en rustfarvning. Det er ligeledes niveauer, hvor opløsning har fundet sted - men efter aflejring af hele 'Orthoceratit Kalken', og frembragt af gennemsvivende grundvand. Det kan være vanskeligt at afgøre, om opløsningsniveauer hører til aflejningsfasen eller er dannet senere, og det spiller afgørende ind ved en detaljeret tolkning af hele den lokale udviklingshistorie.

Man ser her kun den øvre del af 'Orthoceratit Kalken' - Komstad Kalk, som ikke er konglomeratisk. Den underlejrende Skelbro Kalk er nu skjult af tilgroning og fyldt af løse stykker 'Orthoceratit Kalk'. Blandt de løse blokke i bunden af bruddet ses jævnligt Skelbro Kalk, som let kendes på indholdet af skiferstykker.

'Orthoceratit Kalken' ved Skelbro har en svag hældning mod syd og må derfor i sydlig retning være overlejret af den yngre 'Dicellograptus Skifer'. Over et langt stykke af Risebæk er blotningerne dog ringe. 'Dicellograptus Skiferen' træder atter smukt frem ude ved kysten og kan beses senere ved besøg på lokalitet 36.

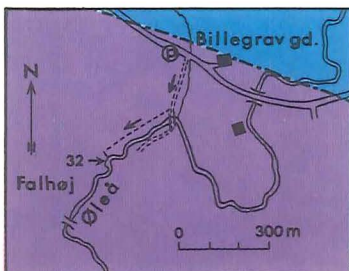


Figur 29. Opløsningsgruber i overfladen af et lag 'Orthoceratit Kalk'. Sorte partier skyldes udskilt fosforit, og rustfarver stammer fra forvitret svovlkis.

Lokalitet 32: ØLEÅ SYD FOR SØNDRE LANDEVEJ

Ældre Silur.

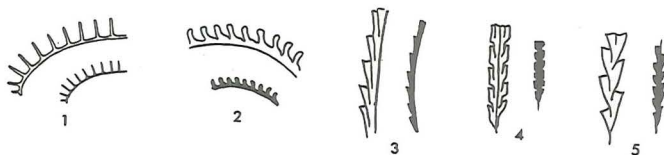
Der parkeres på landevejen lidt vest for Øleå, og man tager gummistøvler på og går 200 meter mod syd ad lille markvej 300 meter vest for Øleå's skæring med landevejen. Forlad markvej og gå 250 meter mod syd i kant af mark vest for åen. Sørg ned til åen, hvor et højt og langt profil findes i vestlig åslyngning - se specialkort, figur 30.



Figur 30. 'Rastrites Skifer' (Silur) ved lokalitet 32, Øleå.

I profilvæggen ses en grå lerskifer med 2 tynde bentonitlag. Her kan samles mange graptoliter (figur 31), og skiferen her har navn efter den "riveformede" Rastrites. Lerskiferen er blottet her og der længere ned langs åløbet, og man ved herfra, at 'Rastrites Skiferen' antagelig er omkring 100 meter i tykkelse. Det kan dog ikke betale sig at besøge de nedre lokaliteter - ved lokalitet 32 får man et godt indtryk af skiferen og dens fauna. Foruden de énradede graptoliter *Monograptus* og *Rastrites* kan også findes to-radede former som *Climacograptus* og *Diplograptus*, der overlevede fra Ordovicium.

Bliv ikke for ivrig - åen er flere steder over normal gummistøvle-højde. Efter besøget går man samme vej tilbage.

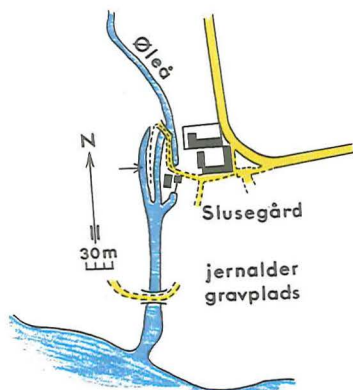


Figur 31. Graptoliter fra 'Rastrites Skiferen' (forstørret og i sand størrelse). 1: Rastrites, 2-3: Monograptus, 4: Climacograptus, 5: Diplograptus.

Lokalitet 33: ØLEÅ VED SLUSEGÅRD

Yngre Silur.

Der parkeres på bivej nær svinget, og man går ad sti syd om Slusegård. På dette sted er Øleå delt i flere løb (se specialkort figur 32), og man fortsætter til den vestligste udtørrede rende.



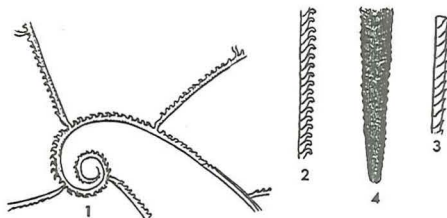
Figur 32. Øleå ved Slusegård.

er en mere eller mindre rusten udfyldning af svovlakis. Frimærkestore, fint sribede fragmentariske aftryk i skiferen viser, at også større orthoceratiter hørte hjemme i faunaen her.

'Cyrtoagraptus Skiferen' ses i begge sider af den vestlige rende, og man bemærker, at lagene her undtagelsesvis hælder mod nord - det skyldes slæb mod en nærliggende, men skjult forkastning. Fortsætter man ud mod kysten ser man, at de nordligt hældende lag efterhånden kommer til at ligge vandret og helt fremme får en sydlig hældning.

Et enkelt rustfarvet, centimetertykt bentonitlag kan ses i den vestlige brink.

'Cyrtoagraptus Skiferen' kan man iøvrigt også se i en kystklint ved Boderne på sydkysten lidt vest for Læsås udløb.



Figur 33. Graptoliter fra 'Cyrtoagraptus Skiferen'. 1: Cyrtoagraptus, 2-3: Monograptus, 4: Retiolites.

De yngste Palæozoiske lag, der kendes fra Bornholm stammer fra Silur og de ældste Mesozoiske lag fra øverste del af Trias (Keuper). Der mangler aflejringer fra et tidsinterval på over 200 millioner år, og i størstedelen af dette tidsrum har Bornholm været en del af et nordeuropæisk fastlandsområde.

I den senere del af den omtalte periode aflejredes i det øvrige Danmark overvejende ørkensandsten og saltaflejringer, dannede i tørt klima. Samtidig var Bornholm under stadig hævnning og nedbrydning med det resultat, at grundfjeldet og forskellige dele af de Palæozoiske havaflejringer blev blotlagt. Henimod overgangen mellem Trias- og Jura-perioderne blev klimaet fugtigt, og en frodig plantevækst af bregner, koglepalmer og nåletræer bredte sig over landområderne i Nordeuropa. På dette tidspunkt lå Bornholm nær havniveau, og de aflejringer man finder fra Juratiden stammer fra mægtige deltaer, der dannedes udfor floder, der gennemstrømmede et land, der lå nordøst for Skåne og Bornholm. I deltaerne aflejredes sand i flodløbene, medens finsand og ler aflejredes i roligere vand på deltafladerne. Bevoksninger i deltaernes fladvandede sumpe og på dets flade øer gav ophav til dannelsen af kullag. Leret under disse kullag kan være meget mørkt af organisk materiale og gennemsat af rødde fra de planter, der voksede på stedet.

Flere steder i lagene finder man ferskvands- eller brakvandsmuslinger (Cyrena og andre), og fund af skaller af encellede saltvandsdyr (foraminiferer) i lagserien viser, at havet med mellemrum er trængt ind i aflejringsområdet.

Et mere langvarigt marint indslag indtraf i den mellemste del af Nedre Jura. Fra den marine serie, der er omkring 100 meter tyk og består af rustsandsten og afvekslende tynde lag af finsand og ler med lerjernstensbånd, kendes muslinger, snegle og blæksprutter som ammoniter og belemniter.

De omtalte deltaaflejringer stammer fra Nedre og Mellemlige Jura. Deres samlede tykkelse er omkring 700 meter, og da sedimenterne alle er dannede nær havniveau, må deres underlag samtidig med aflejringerne have undergået en langsom sænkning, der var af samme størrelsesorden som tykkelsen af de sediment, der afsattes.

Lignende aflejringer, dog uden egentlige kullag genfindes i Rabekke Foramtionens lag, der dannedes i ferskvand, brakvand og saltvand i tiden omkring grænsen mellem Jura og Kridt. Hertil hører også blandt andet leret over kaolinen ved Rønne og Robbedale Sandet.

I løbet af Jura udsattes de dele af Bornholm, der var land, for en gennemgribende forvitring, hvorved kaolinen opstod (se side 72 og lokalitet 38).

I slutningen af Nedre Kridt har havet i korte perioder bredt sig ud over Bornholm to gange. Aflejringer fra disse havtransgressioner kendes dog kun som rullesten i et konglomerat, der opstod som strandvolde, da havet for tredje gang i Kridttiden bredte sig over Bornholm. Dette skete i Cenomanien, hvor der afsattes 70-130 meter grønsand (Arnager Grønsand). Endnu to gange trak havet sig tilbage for atter at trænge frem. I Coniacien aflejredes en mergelkalksten (Arnager Kalk) og i Santonien en yngre grønsandsserie (Bavnodde Grønsandet), se side 83.

Lokalitet 34: RISEGÅRD - RISEBÆK

af Helge Gry

Aflejringer fra Trias og nederste Lias.

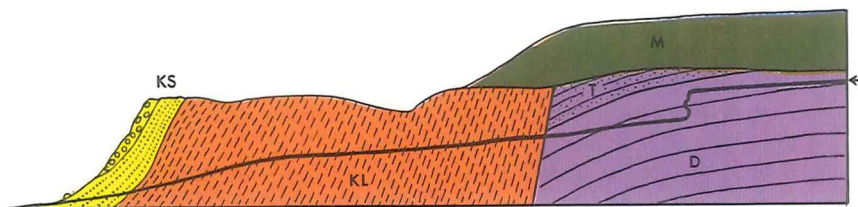
Parker ved Søndre landevej og gå mod syd ad den første markvej vest for Orthoceratitkalkbruddet lokalitet 31. Privat vej, indkørsel ikke tilladt.

Ved kysten nær Risegård forekommer de ældste Mesozoiske aflejringer, der er kendt fra Bornholm, nemlig fede røde og grønne lerarter med underordnede sandsten.

Følger man markvejen øst om Risegård mod kysten kommer man til en stor amfiteateragtig lavning, hvori de fede lerarter ligger uregelmæssigt og stærkt forstyrrede på grund af udskridninger. Øst og vest for skredområdet er de forstyrrelser, der skyldes udskridninger, af mindre betydning og den skrånstilling af lagene, man her kan se, står næsten udelukkende i forbindelse med bevægelser, der skete langs en forkastning, der dannedes da Bornholm i Tertiærtiden opstod som horst.

Følger man en sti skråt ned gennem lavningen mod vest, møder man ved stranden flere partier af sandsten, der står stejlt med fald ud mod havet. Sandstenen er meget varierende. Nogle sandsten, der viser et uregelmæssigt skifte af lag med skrålejrning er sandsynligvis opstået i floder med kraftig strøm, andre med udpræget planparallel lagdeling og undertiden rigeligt med grøn glimmer på overfladen er aflejret i roligt vand i søer eller ved kysten. Finsand med tynde grønne lerstriber kan danne overgang mellem sand og ler. Visse lag er udviklet som en speciel type konglomerat, hvori "stenene" er små (sjældent over valnøddestore) uregelmæssigt formede, oftest hvidlige kalkkonkretioner, der er udvaskede af leret, der indeholder tilsvarende konkretioner i ringe mængde. Små rullesten af grønt og rødt ler har overlevet den hårdhændede udvaskningsproces og træffes spredt i konglomeraterne.

Såvel leret som sandstenen stammer fra øvre del af Trias (Keuper) og lagene, som ikke kan ses andre steder i landet, modsvarer aflejringer der er truffet i dybdeboringer overalt i det øvrige Danmark. De repræsen-

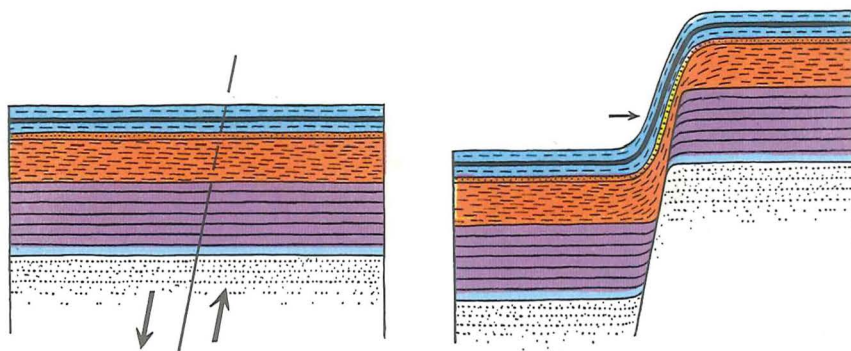


Figur 34. Profil af lagene ved Risebæks munding. D = 'Dicellograptus Skifer', T = 'Tretaspis Skifer', KL = Keuperler, KS = Keupersand og konglomerat. M = moræne. Pilen peger mod bækløbets bund.

terer den øverste del af sø- og flodaflejringer, der er opstået i tørt klima. Seriens tykkelse ved Risebæk er i hvert fald omkring 60-70 meter, sandsynligvis betydeligt mere.

Umiddelbart øst for Risebæks munding står sandstenen som en væg op til 12 meters højde og indenfor den findes en ryg med fedt, overvejende rødt ler. Går man herfra ind mod land træffer man cirka 10 meter inde i Risebæks slugt mørkegrå lerskifre med mange graptoliter ('Dicellograptus Skifre' fra Øvre Ordovicium, sammenlign lokalitet 29). Disse skifre er længst mod syd overlejret af 'Tretaspis Skifer'. Lidt længere inde findes et $2\frac{1}{2}$ meter højt vandfald i 'Dicellograptus Skiferen'.

Mellem Triaslagene og 'Dicellograptus Skiferen' findes en omtrent øst-vest gående forkastning, der danner grænse mellem to blokke af hvilke den sydlige er sænket betydeligt i forhold til den nordlige. Derved er de relativt unge lerarter kommet i samme niveau som de meget ældre skifre. Ved bevægelsen er de dele af skiferen, der ligger nærmest forkastningen blevet tvunget lidt nedad, medens det blødere ler og sandstenen er tværet ud og kommet til at stå stejlt (se figur 35).



Figur 35. Skema, der viser hvorledes forstyrrelserne i profilet ved Risebæk (figur 34) er fremkommet.

Ved at gå tilbage langs stranden træffer man i den østlige side af skredområdet igen sandstenen, der står med mindre sydlig hældning. Her er man også længere borte fra forkastningen. Foruden de sandstentyper, der er omtalt tidligere, kan man her finde en type, der indeholder lodret stillede rør af Skolithos typen.

Lidt øst for sandstenen ses i stranden og i væggen af en gammel lergrav gråt og sort ler med lidt kul. Disse lag hviler på Trias-dannelserne og er der ældste del af den tykke lagserie af kulførende dannelser, der er dannede i nederste del af Lias.

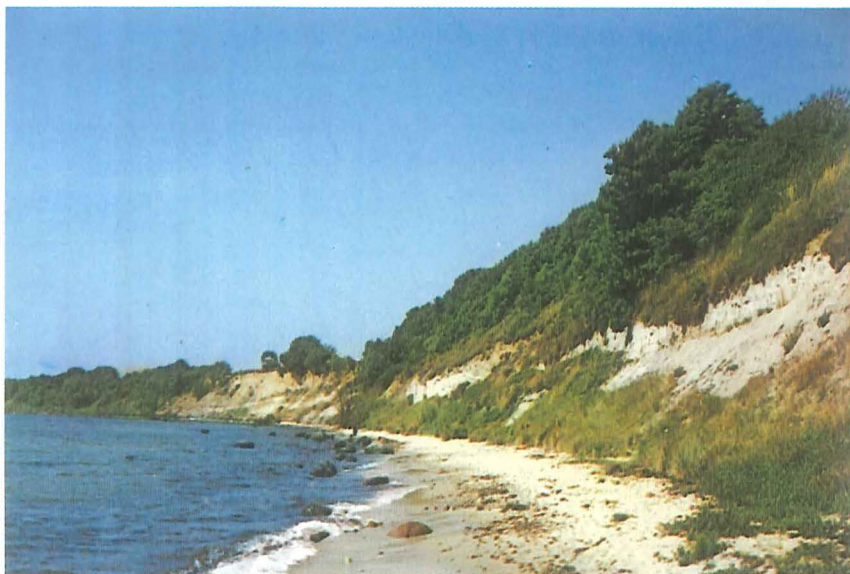
Lokalitet 35: SOSEVIG

af Flemming Rolle

Fluviatile aflejringer fra Nedre Jura (Lias).

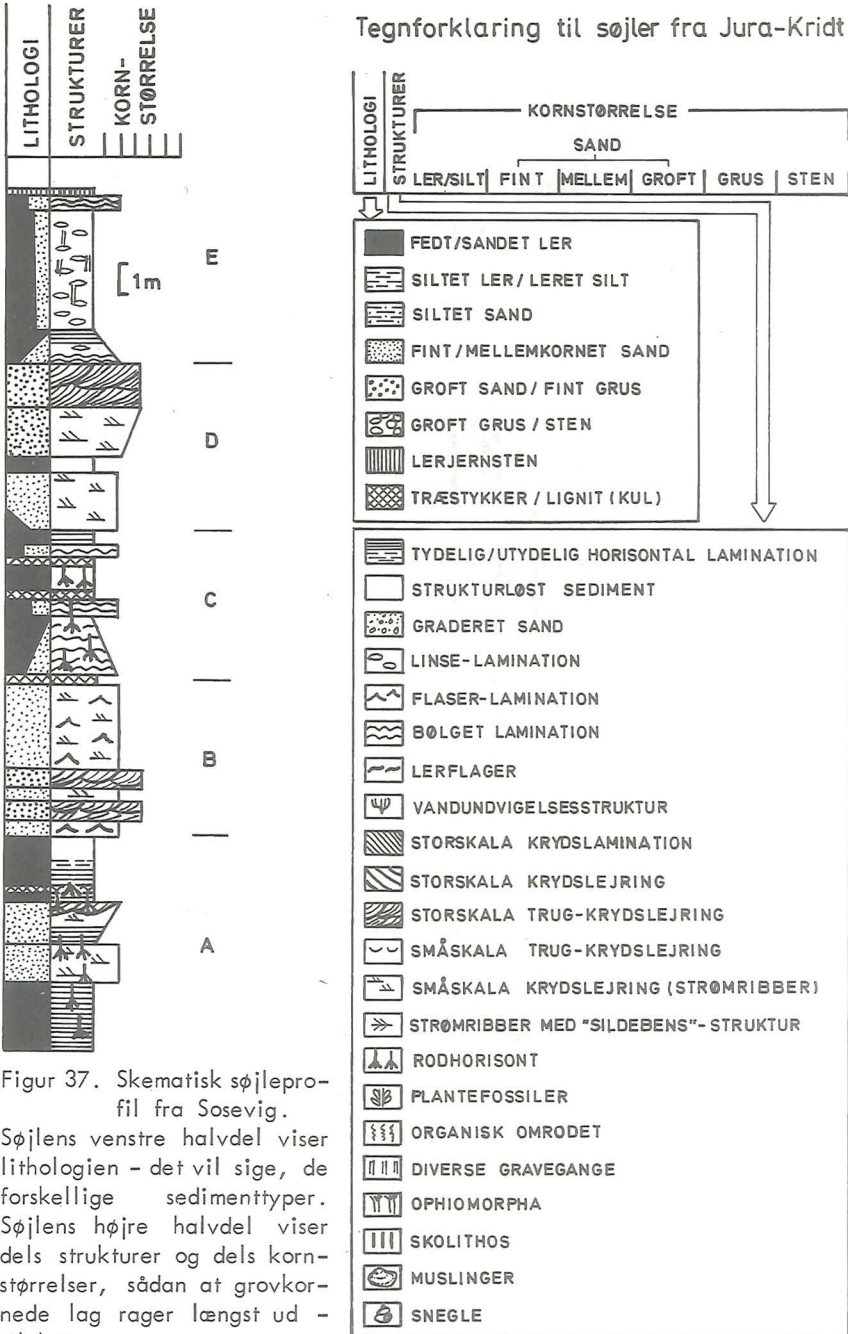
Fra Søndre landevej 12,3 km fra Rønne køres til en offentlig rasteplass. Herfra går man vestpå langs stranden og passerer den lille bæk Lilleå.

Cirka 200 meter fra Lilleå begynder et profil i sedimenter, der overvejende er aflejret af langsomt strømmende vand i søer og sumpe, og som er gennemskåret af enkelte flodløb.



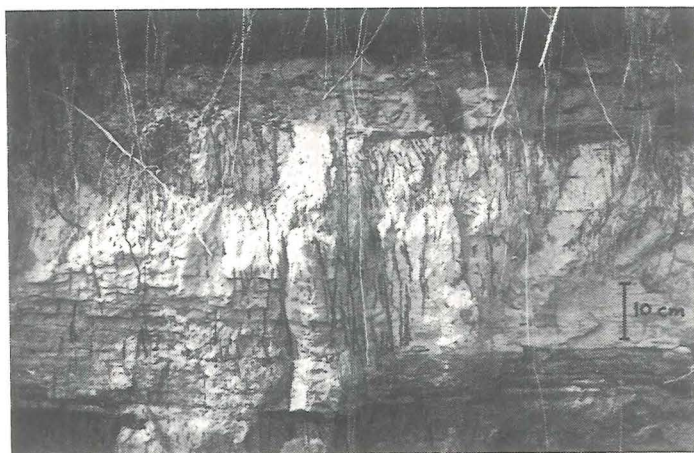
Figur 36. Stranden ved Sosevig set fra øst. Fotograferet af Helge Gry.

Tegnforklaring til søjler fra Jura-Kridt



Figur 37. Skematisk søjleprofil fra Sosevig.

Søjleens venstre halvdel viser lithologien - det vil sige, de forskellige sedimenttyper. Søjleens højre halvdel viser dels strukturer og dels kornstørrelser, sådan at grovkornede lag rager længst ud - til højre.



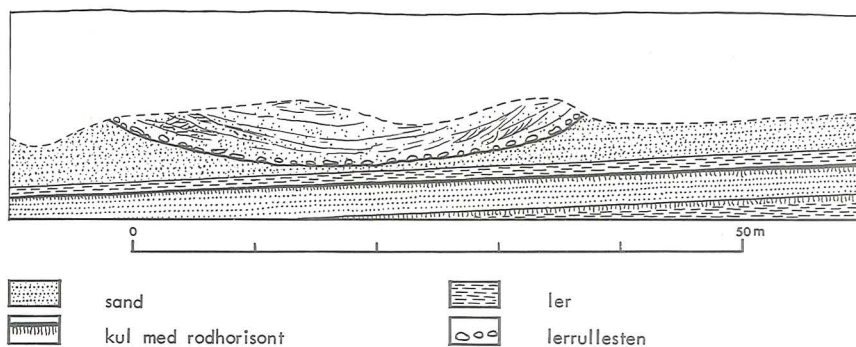
Figur 38. Rodhorisont i finsandslag, Sosevig.



Figur 39. Flodløb nedskåret i finsandede sedimenter. I bunden ses store kulstykker og lerrullesten. Sosevig.

Lagene hælder svagt mod sydvest og en lagserie på 25 meter er blottet mellem Lilleå og Sose Odde (figur 37). I profilet's østligste del (A på figur 37) findes de ældste lag, gråt lagdelt ler overlejret af et finsandslag med en smukt udviklet rodhorisont, figur 38. Et par meter over dette findes endnu en rodhorisont med overliggende sortler og leret kul. Rodhorisonterne viser, at kullene er dannet af planter, der har vokset på stedet, der altså har været meget lavvandet. Herpå følger en godt 4 meter tyk sandet serie (B på figur 37). Sandet er meget lyst, næsten lerfrit, og varierer i kornstørrelse fra fin- til mellemkornet. Et par lag er stor-skala trugkrydslejrde (se side 65), men hovedparten af sandet er småskala krydslejrret eller strukturløst. Længere mod vest følger, efter et tyndt kul-lag uden rodhorisont, endnu en leret serie på omkring 5 meter (C på figur 37), indeholdende mange rødder og et par lag leret kul. Denne overlejres af en sandet serie (D på figur 37), indeholdende et enkelt 0,5 meter tykt lerlag. Den sandede serie bliver grovere oppefter, da kornstørrelsen stiger og sedimentstrukturerne bliver større. Dette viser, at strømmen er blevet kraftigere. Øverst i profilet, lige før Sose Odde, ligger en godt 5 meter tyk leret serie (E på figur 37) bestående af rytmisk aflejret ler og finsand med bølget og linse lamination (dette forklares nærmere under lokalitet 36). I leret ses spredte gravegange. Den lerede serie afsluttes af en lerjernstøvsbænk (ler imprægneret med jernkarbonat) med mange gravegange.

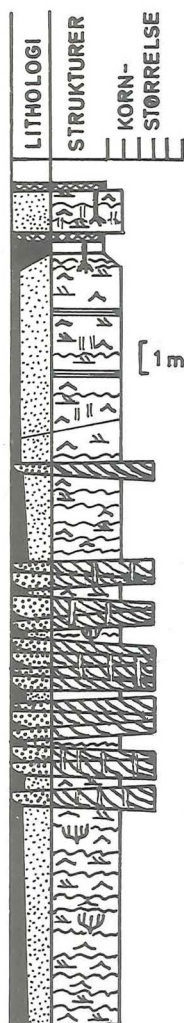
I profilet's østligste del ses et lille flodløb, der har skåret sig ned i den sandede serie B på figur 37. Snittet gennem flodløbet er omkring 40 meter langt og cirka 5 meter højt, figur 39 og 40. I bunden af flodløbet er aflejret store kulstykker og lerknolde, der er revet løs fra de omgivende lag ved flodens erosion. Efterhånden er flodløbet blevet opfyldt af lag af krydslejrret sand, indeholdende tynde mørke lag rige på små kulstykker og andre plantedele.



Figur 40. Skitse af klinten med gammelt flodløb. Udsnit af dette ses på figur 39. Tegnet af Helge Gry.

Sand og ler fra Nedre Jura (Lias).

Galløkken (Galgeløkken) er en kystklint beliggende i Rønnes sydøstlige udkant. Man kommer til den enten fra vandrerhjemmet eller fra campingpladsen ved Søndre landevej. Der er en udmærket parkeringsplads.



Klinten, der er godt 400 meter lang og når en højde på op til 10 meter, viser et profil i sedimentet fra den nederste del af Nedre Jura (Nederste Lias).

Lagene hælder her en halv snes grader mod sydvest, og i klinten, der løber omtrent nordvest-sydøst, er den tilsyneladende hældning nogle få grader, således at de ældste lag er blottet i klintens sydøstlige del. Et søjleprofil, der viser hele lagserien, ses på figur 41.

Længst mod sydøst ses en lagserie med omkring 8 meter rytmisk aflejret finsand og ler. (Afsnit A i profilet på figur 41 og figur 43). Nogle af lerlagene har en tykkelse på et par centimeter og kan følges over mange meter. Finsandslagenes tykkelse varierer noget, men er generelt omkring 20-30 cm. Går man tæt på, afslører der sig forskellige meget karakteristiske småstrukturer i sedimentet:

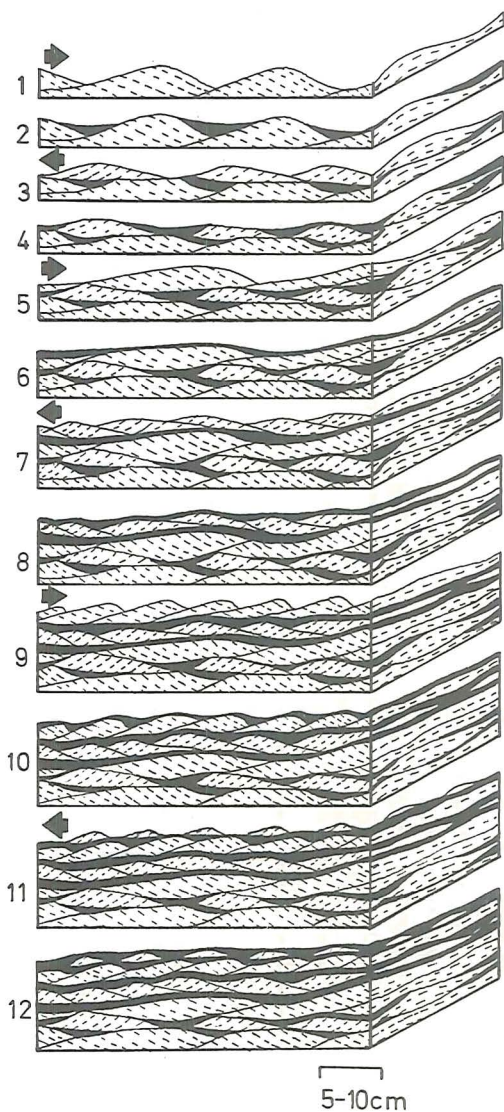
Flaser lamination, hvor den overvejende del af sedimentet er finsand, hvori der ligger cm-lange tynde buede lerflager.

Bølget lamination, hvor tynde sammenhængende ler- og sandlag med et bølget udseende kan følges over adskillige decimeter.

Linse lamination, hvor små isolerede linser af finsand ligger i et lerlag. De forskellige strukturers udseende og dannelsesmåde er vist på figur 42.

Disse tre strukturtyper er ikke skarpt afgrænset fra hinanden, og det kan være svært at afgøre, om det er den ene eller den anden struktur, der er tale om. Strukturernes dannelse i lavvandede områder, som følge af en vekslen mellem rolige perioder hvor ler aflejres, og urolige i hvilke der sker erosion eller aflejring af finsand som små ribber, dannet af strøm eller bølger. I en efterfølgende rolig periode dækkes disse ribber med et lag ler. Når vandet igen bliver uroligt kan et nyt lag sandribber aflejres ovenpå og så fremdeles. Herved dannes bølget lamination.

Figur 41. Søjleprofil for Galløkken. Samme signaturer som side 59. A: sandet vade. B: tidevandskanaler. C: sandet vade med enkelte tidevandskanaler. D: marsk og strandsumpe.



Figur 42. Dannelsen af flaser lamination (1-5), bølget lamination (6-10) og linse lamination (11-12). Pilene angiver strømmens retning. Forklaring i teksten. (Figur omtegnet efter Reineck og Singh).

Hvis toppen af de lerdækkede ribber eroderes i den urolige periode eller hvis der kun aflejres ganske lidt ler fremkommer flaser lamination, idet lerhinden bevares i ribbetrugene mellem toppene. Hvis der aflejres mere ler, således at der dannes sammenhængende lerlag mellem sandlagene fås bølget lamination.

Linse lamination dannes når der ikke er tilstrækkeligt sand til at danne et helt lag, og når isolerede små sandribber vandrer med strømmen hen over en lerflade. En efterfølgende aflejring af ler vil isolere disse ribber som små sandlinser.

Det mere eller mindre regelmæssige skifte mellem bevægelse og hvile er almindeligt i et tidevandsdomineret område, hvor der aflejres sand under den stærke flod- eller ebbestrøm, mens der aflejres ler under de rolige forhold, der findes mens strømmen skifter fra flod til ebbe eller ebbe til flod.

Øverst i den sydøstlige ende af klinten sker der en ændring af lagenes udseende, og et par hundrede meter henne ad stranden i retning mod Rønne, er disse lag på grund af lagenes hældning nået ned i almindelig betragtningshøjde (afsnit B i profilet figur 41).

Her er tale om et noget grovere sediment med strukturer i større målestok, blandt andet krydslejlrede lag på op til en halv meters tykkelse, figur 44.

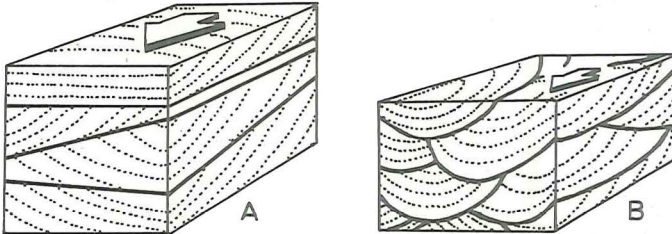


Figur 43. Den østlige ende af klinten ved Galløkken, serie A. Fotograferet af E. Schou Jensen.



Figur 44. Storskala krydslejring, Galløkken.

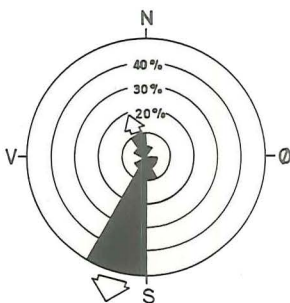
Storskala krydslejring dannes i hurtigt strømmende vand ved at sandpartikler lægger sig i løssiden af en stor ribbe, revle eller banke. Små variationer i sedimentets sammensætning gør det muligt at se, hvorledes de enkelte tynde frontlejrrede smålag er blevet aflejret. Ud fra orienteringen af disse smålag kan retningen af det strømmende vand bestemmes, figur 45.



Figur 45. Storskala planar krydslejring (A) og storskala trugkrydslejring (B). De optrukne streger viser begrænsningen af et lag. De stiplede antyder orienteringen af de frontlejrrede smålag inden for laget. (Omtegnet efter Blatt, Middleton og Murray).

I klinten ses flere steder eksempler på, at frontlejrrede smålag i to sandlag lige over hinanden hælder i modsat retning ("sildebensstruktur"). Dette betyder, at vandet har skiftet strømretning mellem aflejringen af de to lag. Noget sådant finder for eksempel sted i et tidevandsområde, hvor flod- og ebbestrømmene løber omtrent modsat. Det er hyppigt sådan, at den ene af disse er kraftigere end den anden, hvilket viser sig i sedimentet ved, at der er overvægt af lag, der hælder i den ene retning.

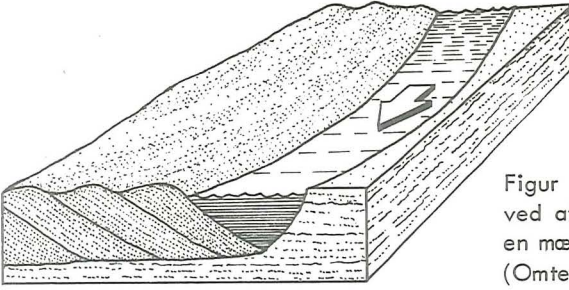
Man kan i mange af de krydslejrrede sandlag se, at en del smålag består af ler. Dette viser, at aflejringen ikke er sket under en enkelt flod- eller ebbeperiode. Der har været adskillige afbrydelser, hvorunder det mest finkornede sediment, silt og ler, har kunnet synke til bunds og har draperet de sandede frontlag.



Figur 46. Strømrose, der viser hældningsretningen af 17 smålag fra den øverste del af B på figur 41.

Hvis man måler hældningsretningen af tilstrækkeligt mange krydslejrrede lag kan man samle målingerne i en såkaldt strømrose som vist på figur 46. Dette er en kompasrose inddelt i afsnit på 30° . Man angiver, hvor mange målinger der falder inden for hvert afsnit, eventuelt i % af det samlede antal målinger. Her ser man, at på dette sted er en sydlig hældning langt dominerende over en nordlig.

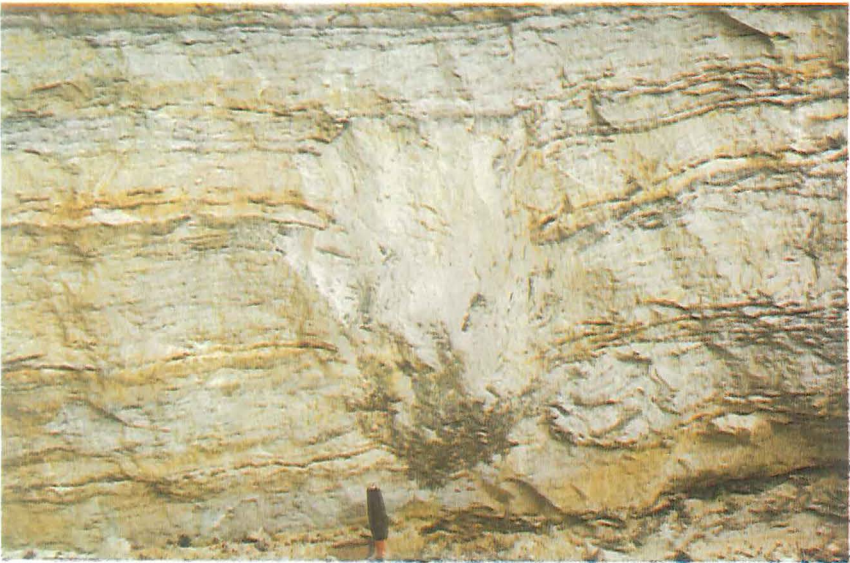
Også en anden type storskala krydslejring findes i profilet, nemlig som udfyldninger af trugformede erosionsrender. Under stormvejr har der kunnet e-



Figur 47. Krydslejring dannet ved aflejring på indersiden af en mænderbue.
(Omtegnet efter Allen).

roderes meterdybe kanaler i havbunden, og disse er hurtigt blevet opfyldt af krydslejret sand. Kanalerne kan også have været almindelige tidevandskanaler svarende til de loer, man kender fra Vadehavet. I dette tilfælde er de skrå lag blevet aflejret langs indersiden af en kanalslyngning som vist på figur 47. Lagene er altså i denne form for krydslejring orienteret parallelt med strømretningen og ikke som normalt vinkelret på denne.

En speciel sedimentstruktur, der kan ses forskellige steder i den nederste del af profilet, er vandundvigelsesstrukturer, figur 48. De kan opstå, når et meget vandfyldt sediment, oftest finsand, dækkes af et lerlag, der forhindrer vandet i at slippe bort. Når der aflejres yderligere sediment ovenpå sker der en sammentrykning, som forårsager et overtryk i det vandfyldte sediment. Ændringer i porevandstrykket kan også forårsages



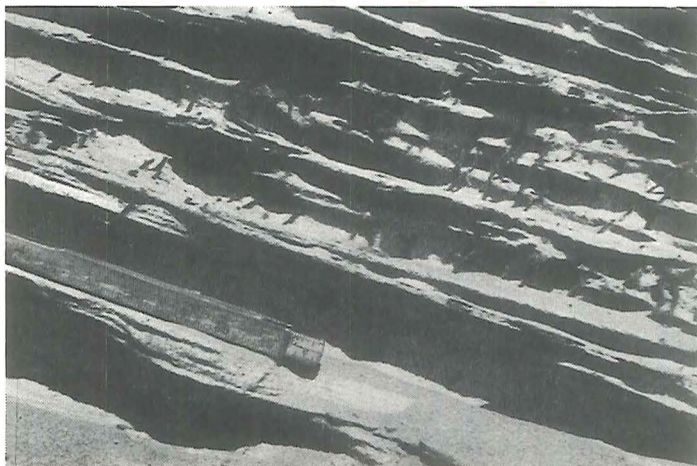
Figur 48. Vandundvigelsesstruktur fra A på figur 41. Galløkken.

ved ændringer i vandstandshøjden for eksempel ved tidevandsbevægelser. Spontan eller ved en påvirkning af lagene (en jordskælv, kraftigt bølgeslag eller dyr, der graver sig ned gennem det spærrende lerlag) udløses trykket, så vand og sediment presses op gennem de overliggende lag, nærmest som ved et "vulkanudbrud", og ødelægger strukturen i de overliggende lag.

Over denne del af lagserien, der er domineret af krydslejret sand, er der igen aflejret skiftende lag af ler og finsand af samme type som de nederste 8 meter. (Afsnit C i profilet figur 41). Et stykke oppe i denne lagserie ses en vinkeldiskordans på nogle få grader, muligvis fremkommet ved en svag vipning af havbunden i forbindelse med et jordskælv. En anden og sandsynligere forklaring er, at lagenes lidt forskellige hældning svarer til oprindelige forskelle i havbundens topografi. Lagene over diskordansen er af samme type som lagene under, men længere opad sker der en svag stigning i lerindholdet.

Øverst i profilet ses nogle op til 30 cm tykke kullag. (Afsnit D i profilet figur 41). De indledes med en rodhorisont, hvorefter man kan slutte, at de planter kullene er dannet af har vokset på stedet. De enkelte kullag er skarpt afgrænset opad og overlejres af finsand og ler. Kulstumper på få centimeters størrelse kan ellers findes overalt i klintprofilen, nogle steder koncentreret i lag og andre steder spredt.

Fossiler findes praktisk taget ikke i aflejringerne på Galløkken. Derimod findes der flere forskellige typer grævangene. En almindelig type er få mm tykke rør af rustsammenkittet sand, figur 49. De kan være op til 5 cm lange. Rørene står som regel vinkelret på overfladen af de enkelte tynde frontlejrrede smålag i det krydslejrrede sand. Heraf kan sluttes, at



Figur 49. Rustsammenkittede grævangene i et storskala krydslejrret lag.

der har været ret lange afbrydelser mellem sedimentationen af de enkelte smålag, så dyrene har kunnet nå at bosætte sig. Den langsomme sedimentation forklares ved en hyppig afbrydelse af det strømmende vand.

En anden type gravegange findes i det flaser og linse laminerede finsand, men er betydeligt sværere at få øje på, figur 50. De ses nogle steder som ofte svagt rustfarvede cirkler eller ovaler med en diameter på 1-2 cm. De blev dannet af dyr, der har gravet sig gennem sedimentet efter fødepartikler. Rusten er udfældet senere på grænsen mellem gravegangen og det omgivende sediment.

Den totale mangel på egentlige fossiler kan dels skyldes at kalkskallerne er blevet opløst af gennemsvivende vand, og dels at der kun har levet få dyr på grund af specielle saltholdighedsforhold.



Figur 50. Vandrette gravegange i lerlag. Gravegangene ses kun som runde sandfyldte huller i lerlaget. Fotograferet af R. Bromley.

Den samlede forekomst af rytmiske lagserier domineret af linse, flaser og bølget lamination med gravegange, kanaler med krydslejrede lag ofte visende sildebensstrukturer, vandundvigelsesstrukturer og kullag viser, at lagserien er dannet i et tidevandsdomineret vadehavslignende miljø. De rytmiske aflejringer repræsenterer vaderne, og det krydslejrede sand er aflejret i flod- og ebbekanaler. Efterhånden er der sket en regression (forskydning af kystlinien ud mod havet), hvorefter der har kunnet indvandre planter i højereliggende marskområder og strandsumpe. Svage ændringer af vandstanden har ført til dannelsen af flere kullag.

Lokalitet 37: HASLE KLINKERFABRIKS LERGRAV

Ildfast ler og kul fra Mellem Jura.

af Helge Gry

Graven ligger lige syd for Bagås munding. Henvendelse på fabrikkens kontor. Man parkerer ved fabrikken, går øst om denne og følger tipvognssporene, der passerer Bagå.

Graven er omkring $250 \times 300 \text{ m}^2$, figur 52. Fra gravkanten kan man følge lagenes retning i gravens bund, idet striberne af sortler og kul tegner sig tydeligt mod det lyse ler og sandlagene. Afbrydelser og forsætninger af striberne skyldes mindre forkastninger. Nordvæggens profil viser, at lagene hælder mod øst.

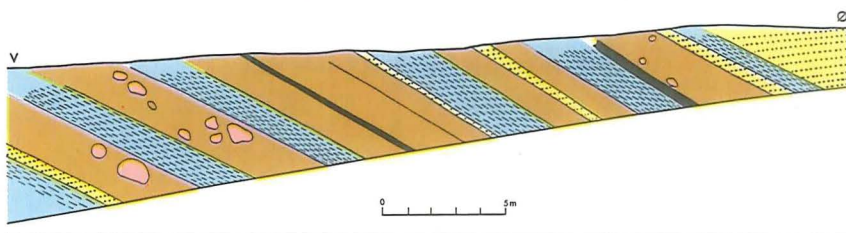
Lagfølgen udmærker sig ved, at flodsand med skrålejrning kun forekommer underordnet, mens sø- og sumpdannelser i form af lyst ler og sortler med overliggende kullag dominerer. Der findes mange eksempler på rodbundshorisonter under kullagene.

I gravens nordøstlige del ses (bedst i nordsiden af nedkørslen til graven) nogle lag af usorteret sand og ler med større og mindre blokke af forvitret granit, figur 51. Lagene repræsenterer mudderstrømme, der er flydt ud i sedimentationsbassinet formodentlig fra øst, hvor en landoverflade med kaoliniseret granit (se side 72) har været blottet.

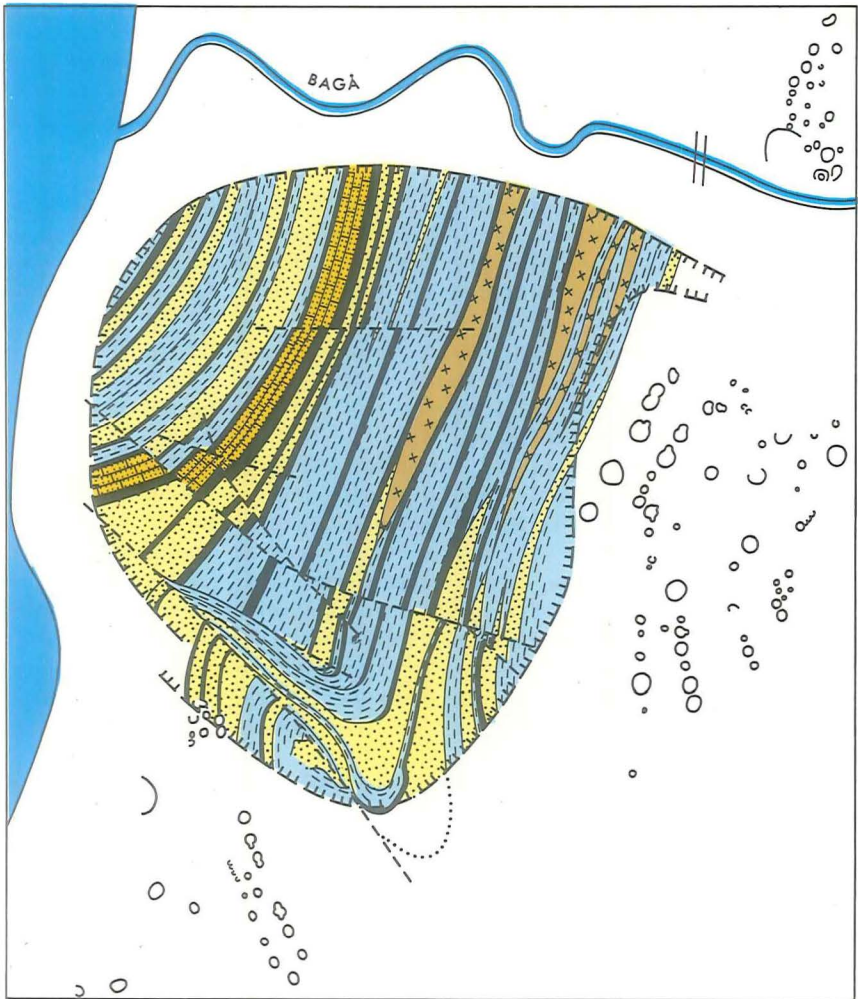
Planteforsteninger (blade og kviste af bregner, koglepalmer og nåletræer) er hyppige i nogle horisonter, for eksempel i hvidt ler nær et lag af grov sandsten. Lerjernstenskretioner, der forekommer i enkelte lerlag, indeholder sjældent andet end træstykker og grene. I en lerhorisont omtrent midt i graven er fundet en del eksemplarer af en 8-10 cm lang ferskvandsmusling.

I gravens sydvæg bøjer lagene om og tværes ud i nordøstlig retning langs en forkastning, der adskiller Bagå-lagene fra de sydligere liggende Sorthat-lag. Disse, der er af lignende karakter som lagene i den øvrige del af graveh, ses foroven i sydvæggen.

I skoven syd for graven ser man rækkevis liggende jordfaldshuller, der er opstået ved indstyrtning af gamle kulgrubegange. Øst for graven findes tilsvarende huller efter brydning af kul i Bagå-lagenes øverste dele.



Figur 51. Hasle Klinkerfabrik. Profil fra nedkørslen til lergraven med mudderstrømme med op til meterstore granitblokke. Set mod nord.



HASLE KLINKERFABRIKS LERGRAV

- | | | | | | |
|---|---------------------|---|-------------|---|---------------|
|  | Sandsten med kaolin |  | Sand |  | Mudderstrømme |
|  | Kul og sortler |  | Ildfast ler |  | Jordfaldshul |
|  | Forkastninger |  | Gravrand | | |

50 0 50 100 150 meter

D.G.U. 1960

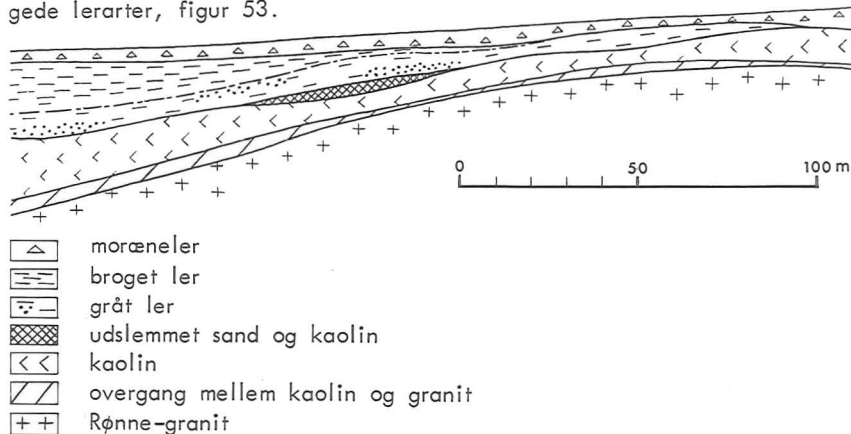
HELGE GRY

Figur 52.

Kaolin og Rabekke Formationens ler fra Øverste Jura.

Man kommer nemmest til den store kaolin- og lergrav fra Rønne-Svanekevejen, hvor der cirka $2\frac{1}{2}$ km fra Rønne findes en nedkørsel til graven.

Fra nedkørslen ser man til venstre kaolinen og til højre de overliggende lerlag, der tilhører den såkaldte Rabekke Formation. De nederste af disse lerlag er grå og stærkt sandholdige og skiller sig på afstand dårligt ud fra kaolinen i modsætning til de overliggende grønlig og brogede lerarter, figur 53.



Figur 53. Snit gennem lagene ved Rabekkeværket. (P.Graff-Petersen og J.Bondam).

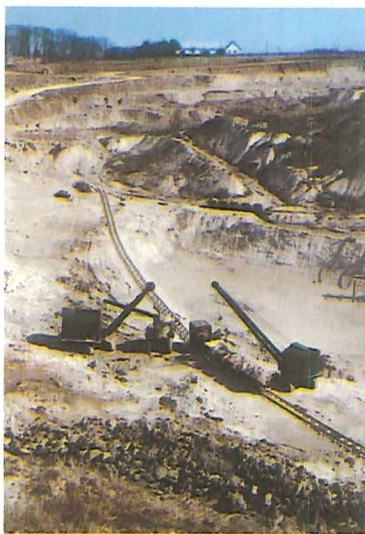
Kaolinen er dannet ved en gennemgribende kemisk forvitring af den mørke Rønne-granit. Feldspaterne og de mørke mineraler er omdannede, men kvartsen ikke, hvorfor kaolinen optræder som en bjergart, der har Rønne-granitens struktur, men består af kvarts og en hvid leret masse bestående af et lermineral, der hedder kaolinit. I gravens vægge kan omdannede pegmatitgange genkendes ved deres struktur, og endvidere kan der findes gange af kvartsfri oftest grønlig kaolin, der er dannet ved omdannelse (kaolinisering) af diabasgange.

I små lavninger i kaolinoverfladen kan findes sand og slemmet kaolin, der direkte er udslemmet fra kaolinoverfladen, og derover forekommer et tykt lag af gråt sandet ler med underordnede sandhorisonter. Det grå ler indeholder kun lermineralet kaolinit og må stamme fra en kaolinforvitre overflade i nærheden. I sandet, der stedvis har karakter af sandsten er fundet et krebsdyr, der viser, at aflejringen er sket i ferskvandsmiljø. Små mængder kul og andre vidnesbyrd om bevoksning kan ses.

Det grå sandede ler går jævnt over i det grønne og gulgrøn-brogede fede ler. Dette indeholder flere forskellige lermineraller, der formentlig må være transporteret fra egne udenfor Bornholm. Hele serien over kaolinen henføres til allerøverste Jura. Jævndrende med det fede ler er leret i en lergrav ved SKYTTEGÅRD (nord for Søndre landevej 8½ km fra Rønne). Leret her er gennemgående mørkere og delvis sandet med et rigeligt indhold af trækul og svovlkis. (Lokalitet 38a).

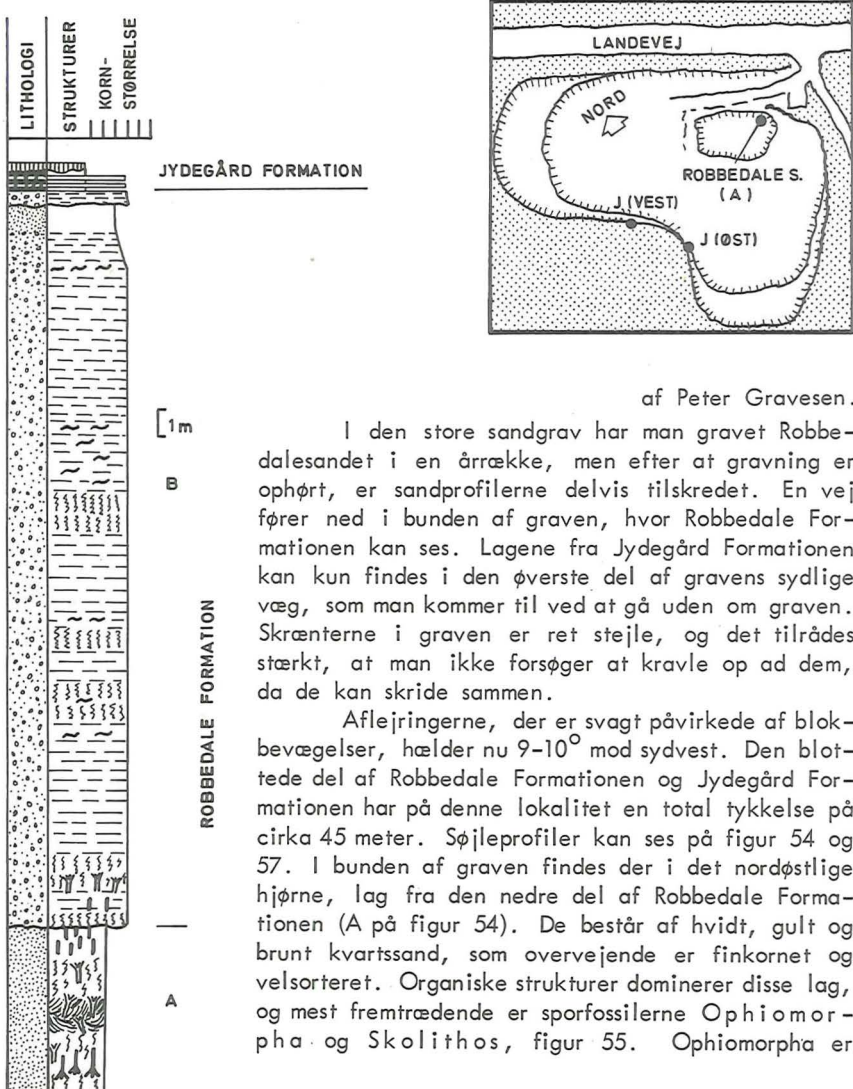
Kaolinen på Bornholm (og tilsvarende lag i Skåne) er opstået ved en kemisk overfladeforvitring i fugtigt klima. Af silikatmineralernes kisel-syre og aluminium opbygges kaolin-mineralet, mens deres indhold af natrium, kalium, calcium, magnesium og jern går i opløsning. De tykke kaolinlag viser, at man har haft et så ringe relief i landskabet, at den forvitrede overflade ikke er blevet fjernet ved erosion, men ved en så kraftig dræning, at de ved forvitringen opståede opløsninger er blevet fjernet, således at processen har kunnet fortsætte i lang tid.

Nyere undersøgelser har vist, at Palæozoiske sandsten og skifre under Rabekke Formationens ler er forvitret på lignende måde som graniten. Forekomsten af delvis kaoliniseret granit i Mellem Jura lagene ved Bagå (lokalitet 37) og gennemforvitret (affarvet og leret) Nexø Sandsten under lag fra Nedre Jura tyder på, at kaolinisering har fundet sted gennem hele Juraperioden. At den er ældre er usandsynligt, da vi i Perm og Trias har haft tørt klima, hvori der er dannet en rødforvitret jordbund. I Skåne er rødforvitrede Silurskifre således fundet under de røde Triaslag.



Rabekkeværkets kaolingrav. Fotograferet af Mona Hansen.

Lokalitet 39: A/S CARL NIELSENS SANDGRAV, ROBBEDALE
 Ler, lerjernsten og sand fra Øvre Jura - Nedre Kridt. Robbedale- og Jydegård Formationerne.
 Syd for Rønne - Åkirkeby landevejen, 4½ km fra Rønne.



af Peter Gravesen.

I den store sandgrav har man gravet Robbedalesandet i en årrække, men efter at gravning er ophørt, er sandprofilerne delvis tilskredet. En vej fører ned i bunden af graven, hvor Robbedale Formationen kan ses. Lagene fra Jydegård Formationen kan kun findes i den øverste del af gravens sydlige væg, som man kommer til ved at gå uden om graven. Skrænterne i graven er ret stejle, og det tilrådes stærkt, at man ikke forsøger at kravle op ad dem, da de kan skride sammen.

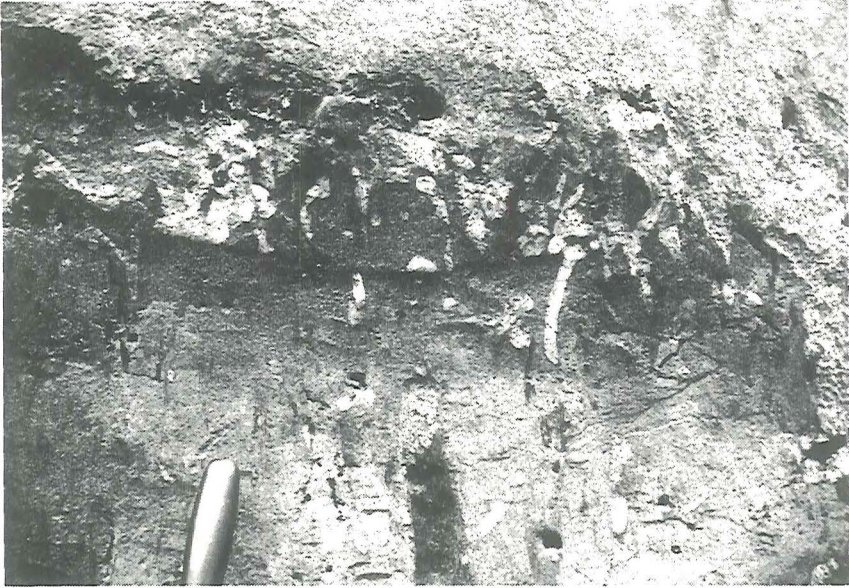
Aflejringerne, der er svagt påvirkede af blokbevægelser, hælder nu 9-10° mod sydvest. Den blottede del af Robbedale Formationen og Jydegård Formationen har på denne lokalitet en total tykkelse på cirka 45 meter. Søjleprofiler kan ses på figur 54 og 57. I bunden af graven findes der i det nordøstlige hjørne, lag fra den nedre del af Robbedale Formationen (A på figur 54). De består af hvidt, gult og brunt kvartssand, som overvejende er finkornet og velsorteret. Organiske strukturer dominerer disse lag, og mest fremtrædende er sporfossilerne *Ophiomorpha* og *Skolithos*, figur 55. *Ophiomorpha* er

Figur 54. Søjleprofil fra Carl Nielsens sandgrav. Signaturer som på side 59.



Figur 55. Ophiomorpha i finsand. Fotograferet af Helge Gry.

navnet på gravegange, som består af grenede og ugrenede, uregelmæssigt forløbende, cylindriske rør med en diameter på 0,5–2,0 cm. Rørvæggen, som er 1–2 mm tyk, er forstærket med små brune kugler, der giver rørene en knoldet ydre overflade. Indervæggen er derimod glat, og væggenes farve adskiller tydeligt rørene fra sandet udenfor og indeni. Skolithos er et ugrenet, lodret rør med en diameter på 4–5 mm og med en væg på 0,5–1 mm. Røret kan være helt lige eller svagt buget. Hyppigt er Skolithos rør samlet i tæstillede grupper. Af fysiske sedimentstrukturer kan der nævnes stor- og småskala trugkrydslejring samt horisontal parallel lamination. I adskillige tilfælde kan de biologisk skabte og de fysiske sedimentstrukturer findes i de samme lag. Nederst i profilet kan der findes et lag med en veludviklet rodhorisont, hvor rødderne kan være op til flere centimeter tykke, og det finkornede sand har igrøvrigt et stort indhold af forkullet plantemateriale. I dette lag findes der også nogle lyse gravegange uden særlig veludviklet vægstruktur, men de er tydelige at se på baggrund af det omgivende mørkere sand, figur 56.

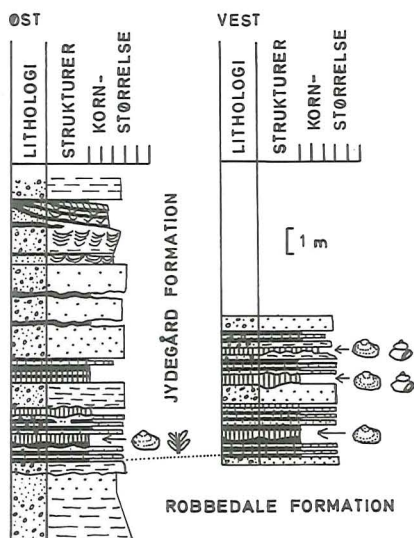


Figur 56. Rødder og gravegange i finsand.

Ophiomorpha er blevet tolket som en fossil udgave af de gravegange det nulevende krebsdyr *Callianassa major* producerer, men da denne slægt først dukkede op i Øvre Kridt, kan der dog kun være tale om en lignende men ældre krebseslægt, der har levet i tilsvarende miljøer, som *Callianassa major*. *Callianassa major* lever i forskellige marine sedimentationsmiljøer omkring littoralzonen (zonen mellem høj- og lavvandslinien, forstranden), mens andre arter kan træffes på dybere vand. Omkring littoralzonen findes følgende miljøer: Sandstrande mod det åbne hav, beskyttede sandstrande og sandede tidevandsflader, samt fladvandede banker, fladvandede strandplansområder og banker i tidevandskanaler. Skolithos kan bruges som en indikator for marine fladkystaflejringer dannet i littoralzonen, hvor der forekommer hurtig aflejring og erosion.

Det finkornede sand med *Ophiomorpha* og *Skolithos* må antages at være aflejret under rimeligt rolige forhold med ret ringe strøm- og bølgeenergi, og under stærk indflydelse af tidevandsbevægelser. Aflejringsområderne har været forstranden og strandplanet. Laget med rodhorisonten er blevet aflejret i forstrandszonen omkring højvandslinien eller eventuelt i en mindre kystlagune, og der har været en mindre træbevoksning tilstede, for eksempel i form af mangrove som i nutidens Florida.

De helt dominerende aflejringer i sandgraven er de grovkornede kvartssandlag fra den øvre del af Robbedale Formationen (B i figur 54). Sandet er velsorteret og det kan have et indhold af fint grus. Farven varierer fra hvid, gul, orange til brun. To forskellige sedimentstrukturtyper er væsentlige i denne lagserie, som er cirka 28 meter tyk. Øverst dominerer utydelig horisontal lamination, mens der nederst forekommer en vekslen mellem utydelig horisontal lamination og stærkt biologisk omrodede horisonter. Nederst kan der desuden også findes tydelige Ophiomorpha. Den grove kornstørrelse tyder på, at lagene er blevet aflejret i et energirigt miljø med stærkt strømmende vand. Aflejringerne er antagelig blevet dannet i forstrands- og strandplanszonerne, samt på lidt dybere vand med lidt lavere energiforhold, hvor organismer har haft mulighed for at gennemgrave sedimentet. De grovkornede sedimenter fra Robbedale Formationen kan betragtes som en del af et barrierekompleks, som har afgrænset en lagune mod det åbne hav.



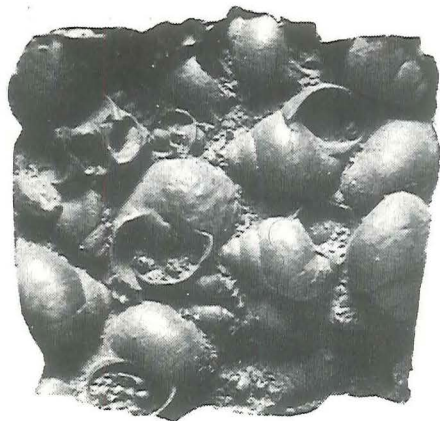
Figur 57. Søjleprofil fra Carl Nielsens sandgrav. Samme signaturer som på side 59.

Den overliggende Jydegård Formation (figur 57) består nederst af vekslede lag af siltholdigt til ret fedt ler, overvejende mellem- til grovkornet sand og lerbjergsten. I et lerbjergstenslag, som findes næsten lige over Robbedale Formationens sandaflejringer, er der talrige aftryk af muslingen Cyrena (figur 58) og enkelte spredte plantefossiler. Muslingerne tyder på, at sedimenterne er aflejret i brakvand, og aflejringsmiljøet anses for at være en kystlagune bag en barriereø eller -odde, og barrieresedimenterne må tænkes at være repræsenteret af Robbedale Formationens grovkornede sandlag.



Figur 58. Aftryk af *Cyrena*. Muslingerne er omkring 2 cm. Fotograferet af Preben Nielsen.

I et højereliggende lerjærnstenslag forekommer der, foruden *Cyrena*, også sneglen *Viviparus*, figur 59. Lerjærnstenslaget er meget uregelmæssigt og forstyrret, og *Viviparus* optræder her i sammenskyllede horisonter i meget stor mængde. *Viviparus* har levet i ferskvand, hvilket tyder på, at sedimenterne delvis er blevet aflejret i et ferskvandsmiljø. Både for *Cyrena* og *Viviparus* gælder det, at selve skalmaterialet er gået tabt, så man kun finder aftryk af inder- og ydersider som stenkernel.

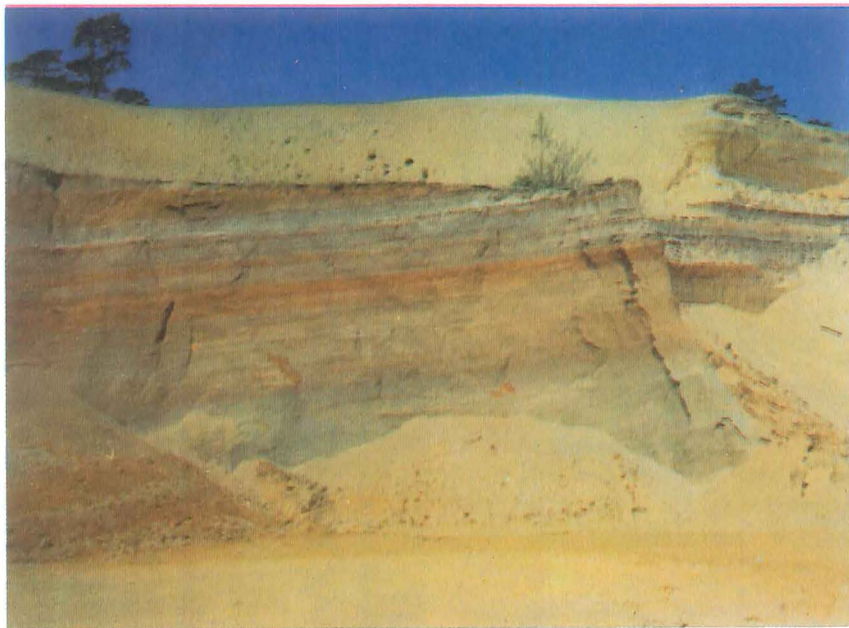


Figur 59. Ferskvandssnegle (*Viviparus*) fra lokalitet 39. Sneglene er omkring $1\frac{1}{2}$ cm lange. Fotograferet af Preben Nielsen.

Den øverste del af Jydegård Formationen består på denne lokalitet af vekslende ler- og sandlag. Sandlagene består af mellem- til grovkornet sand, og de er strukturløse, horisontalt laminerede eller undertiden trugkrydslejlrede. En mindre kanal, som er cirka 30 meter bred og 1 meter dyb, har skåret sig ned i de underliggende lag. Kanalen er blevet udfyldt af mellemkornet krydslejlret sand vekslende med sandet ler, og disse forhold vidner om varierende strømhastighed. Karakteren af disse øverste aflejringer kan tyde på, at de er dannet i et tragtformet flodudløb, hvor både flodens (fluviale) og havets (marine) processer har haft indflydelse på transport og aflejring.

Stærkt rustbrune horisonter kan især iagttages gennem Robbedale Formationens aflejringer, og de repræsenterer gamle niveauer for grundvandsspejlet, idet jernforbindelser, opløst i det gennemstrømmende grundvand er blevet udskilt, hvor grundvandet er kommet i kontakt med den iltholdige luft i porerummene i sandet over grundvandsspejlet, figur 60.

I de nærliggende sandgrave kan det fine og det grove sand fra Robbedale Formationen også ses. I Østergårds sandgrav er nu kun de øverste finkornede krydslejlrede sandlag og de grove, utydeligt laminerede sandlag blottede, idet de tidligere beskrevne lag med Ophiomorpha og Skolithos er skredet til.



Figur 60. Rustbrune horisonter i Carl Nielsens sandgrav.

Lokalitet 40: ARNAGER BUGT (ØST FOR MADSEGRAV)

af Peter Gravesen

Ler og sand fra Øvre Jura - Nedre Kridt: Rabekke- og Robbedale Formationerne.

Lokaliteten er beliggende tæt ved Søndre landevej (fra Rønne til Snogebæk). Ved Madsegrav 8,2 km fra Rønne findes en parkeringsplads på syd-siden af vejen. En trappe fører ned til stranden.

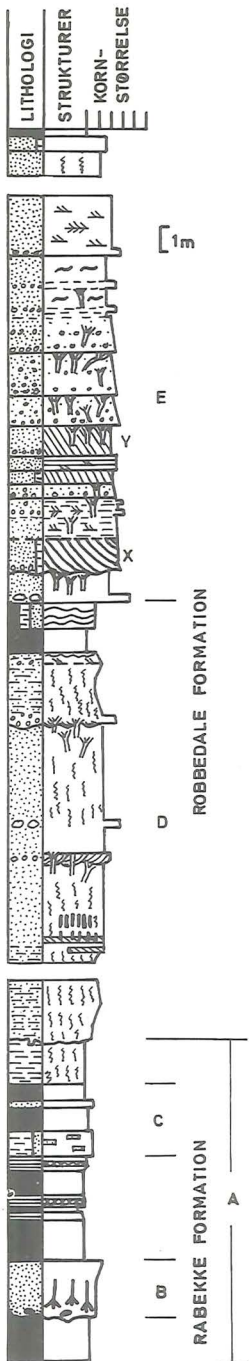
I kystklinten mellem Madsegrav i vest og Homandshald i øst kan ses sedimentære aflejringer fra Rabekke- og Robbedale Formationerne. Aflejringerne har taget del i blokbevægelserne på Sydbornholm og lagene hælder cirka 6° mod sydvest. Et nogenlunde sammenhængende profil gennem den oprindelig 70 meter tykke lagserie kan følges fra Madsegrav og over en strækning på 650 meter mod øst. De ældste lag findes længst mod øst.

En del af Jura-Kridt lagene er blevet eroderet bort, idet en smeltevandsflod under sidste istid har skåret sig ned i disse aflejringer. Smeltevandsaflejringerne i dette flodløb udgør en del af den smalle Arnager hedeslette, se side 92. Nederst i flodlejet er sedimentmaterialet grovest og består af blokke og sten, mens kornstørrelsen opad bliver gradvis finere (grus og sand). Gruset og sandet er trugkrydslejret. Store klumper af ler fra Rabekke Formationen kan findes i flodlejrets nederste del.

Et søjleprofil, som er opmålt af Øvre Jura - Nedre Kridt aflejringerne kan ses på figur 61. De opmålte lag har en samlet tykkelse på cirka 44 meter.

De ældste aflejringer, som træffes længst mod øst i det 650 meter lange kystprofil, tilhører Rabekke Formationen (A på figur 61). Nederst findes overvejende sorte, brune og sort-grønbrogede lerlag med enkelte tynde rødgule horisonter. Stedvis kan leret have et ret stort indhold af kvartssand. Silt- og sandlag forekommer i mindre omfang. Karakteristisk for disse lag er at de har et stort indhold af plantemateriale: Findelte planterester, større let forkullede træstykker og undertiden ret stærkt forkullet brunkul, hvor vedstrukturer dog stadig kan ses. Træ- og brunkulstykkerne udgør op til 0,5 meter tykke lag og de enkelte stykker er altid vandret orienteret.

I et 1,5 meter tykt sandlag (B på figur 61) ses en veludviklet rodhorisont, hvor rødderne befinder sig i oprindelig vækstposition. Mineralelet svovlskis (FeS_2), som har en lys messinggul farve findes her i ret stor mængde. Sedimenternes udseende og karakter tyder på, at de er aflejret i roligt vand, hvor der har været iltunderskud ved bunden. Vandet har været ferskt til brakt, et kystnært sumpområde med trævegetation og varierende vandstand, eventuelt på grund af tidevand, synes at være et muligt aflejningsmiljø.



De øvre dele af Rabekke Formationen (C på figur 61) består af grønt og grøn-sort broget ler (med findelte planterester), som opad fortsætter i sort ler, der endelig overlejres af gråt siltet ler og silt, som er blevet kraftigt gennemgravet af bunddyr.

Overgangen til den overliggende Robbedale Formation er gradvis, men alligevel tydelig, idet det siltede ler overlejres af siltet gråbrunt fint sand. Efter overgangszonen til Robbedale Formationen følger fint hvidt, gult og lyst gråbrunt kvartssand, som stedvis har et stort indhold af silt. Planterester forekommer i varierende mængde. Sandet er blevet stærkt biologisk gennemrodet, således at næsten alle fysiske sedimentstrukturer er blevet ødelagt. Organiske sedimentstrukturer med tydelig vægstruktur findes spredt, men mest markant er nogle horisonter, der er præget af sporfossilet *Ophiomorpha*.

Ophiomorpha er blevet beskrevet under lokalitet 39, men på den lokalitet, som omtales her, er gangene almindeligvis mindre grenede. *Ophiomorpha* forekommer blandt andet i forbindelse med nogle erosionsoverflader, som skarpt skærer de finkornede sandlag. Grovere sand har udfyldt små erosionstrug og kegleformede trakte, som er opstået ved sammenstyrtning af *Ophiomorpha* gange, figur 62. Der findes desuden enkelte horisonter med sporfossilet *Skolithos*, som ligeledes er beskrevet under lokalitet 39. Et enkelt lag med fedt mørkt ler samt rytisk aflejret sand, silt og ler afslutter denne sanddominerede lagfølge (D på figur 61).

Aflejringen af det biologisk gennemrodede ler, silt og sand må være foregået i forholdsvis roligt vand med en langsom sedimentationshastighed. Sedimenterne er stedvis totalt gennemgravet og kun de enkelte grovkornede lag viser en kortvarig ændring til stærkere strømhastighed. Aflejningsmiljøet kan have været en sanddomineret tidevandsflade, der ind mod ky-

Figur 61. Søjleprofil fra Arnager Bugt. Samme signaturer som på side 59.



Figur 62. Erosionsoverflade med sammenstyrtningsstrukturer.

sten gik over i en mindre silt-lerflade som overgang til sumpområder. Der har således været en aftagen i kornstørrelse ind mod land, som det også kendes fra recente tidevandsområder. Sumpe med mangrovebevoksning træder i stedet for saltmarsk i tidevandsområder, hvor der hersker et varmt fugtigt klima (subtropen og tropen).

Øverst i søjleprofilen følger lag af overvejende mellemkornet hvidt, gult og brunt kvartssand med en del planterester (E på figur 61). Ophiomorpha optræder i næsten alle lag. Mængden af gravegange tiltager i de fleste tilfælde opad i hvert lag og de grener sig hyppigt en del ved den øvre laggrænse, hvor de bliver afskåret skarpt af det overliggende lag. Af fysiske sedimentstrukturer kan nævnes småskala strømribber, hvor strømretningerne undertiden viser modsat rettede vandbevægelser ("sildebens" krydslejret), horisontalt lamineret sand, strukturløst sand, samt sandlag med aftagende kornstørrelse opad. Et 1,20 meter tykt lag med vekslende krydslejrede lag af sand og sandet ler, hvis nedre grænse er skarp og erosiv kan ses ved x i E på figur 61. I de krydslejrede sandlag kan ses småskala strømribber og tynde lerflager. Laget kan tolkes som en bankedannelse i en tidevandskanal (se side 66 og figur 63). Herover findes et 1,2 m tykt lag (y på figur 61) med både storskala og småskala krydslejring med modsat rettede strømretninger samt Ophiomorpha. Strukturen kan være en stor ribbe dannet på ganske lavt vand ved tidevandets skiftende strømningretninger. Hele den øvre del af Robbedale Formationen er aflejret i ret stærkt strømmende vand, domineret af tidevand og stort set inden for strandplanet og forstranden.

Ler fra Rabekke Formationen kan også ses i den nærvedliggende Skyttegård lergrav, lokalitet 38a.



Figur 63. Krydslejret banke fra tidevandskanal.

DET MARINE KRIDT

af Walter Kegel Christensen

I Øvre Kridt strakte havet sig fra Irland i vest over England, Nord-søen, Frankrig, Holland, Belgien, Nordtyskland, Danmark, Skåne til Polen i øst og havde endvidere forbindelse med Kridt bassinet på den russiske platform.

De marine Kridtaflejringer på Bornholm er præget af at være aflejringer nær det Skandinaviske grundfjeldsskjold, idet de for en stor del består af sand og silt, som er blevet tilført med floder fra det højereliggende grundfjeldsområde mod nord. Samtidig med at der aflejreredes kystnære sedimenter på Bornholm, skete der en sedimentation af skrivekridt i den centrale del af bassinet. Skrivekridt kendes i Danmark fra de dybe bøjinger, samt fra Stevns Klint, Møns Klint og Nordjylland (se Varvs ekskursionsfører nr. 2 - Geologi på Øerne). Skrivekridtet fra ovennævnte daglokaliteter er dog yngre (fra Campanien og Maastrichtien) end de marine kridtaflejringer på Bornholm, figur 64.

I slutningen af Nedre Kridt og i Øvre Kridt skete der tre transgressioner af meget stor, måske global, udbredelse. Den første transgression startede i Albien, nåede et maximum i Cenomanien, og blev efterfulgt af en regression i Turonien. Den næste transgression startede i slutningen af

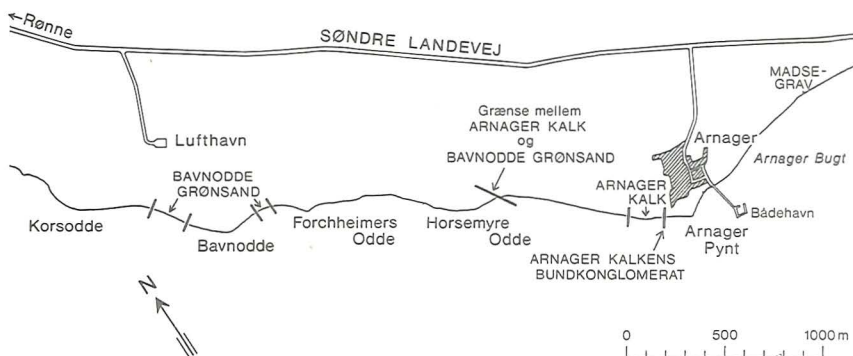
TID		BORNHOLM	DANMARK VEST FOR ØRESUND
ØVRE KRIDT	MAASTRICHTIEN		STEVNS MØN
	CAMPANIEN		HOVEDSAGELIG SKRIVEKRIDT I DYBE BORINGER
	SANTONIEN	BAVNODDE GRØNSAND	
	CONIACIEN	ARNAGER KALK	
	TURONIEN		
	CENOMANIEN	ARNAGER GRØNSAND	

Figur 64. Tidstavle for Øvre Kridt.

Turonien, havde sit maximum i Mellem Santonien, og blev efterfulgt af en regression i det øverste Santonien og det nederste Campanien. Den tredje transgression begyndte i det mellemste Campanien og efterfulgtes af en regression i det øverste Maastrichtien.

Kridtaflejringerne på Bornholm afspejler disse omfattende transgressioner. Under den første store transgression aflejreredes Arnager Grønsandet, som er af Nedre og Mellem Cenomanien alder. Det skal dog nævnes, at havet allerede i Albien to gange bredte sig kortvarigt over Bornholm. Efter aflejringen af Arnager Grønsandet trak havet sig tilbage. Ved den næste store transgression aflejreredes Arnager Kalken, som er fra Mellem og Øvre Coniacien og Bavnodde Grønsandet, som er fra Nedre og Mellem Santonien. Bavnodde Grønsandet er den yngste kridtaflejring på Bornholm. Yngre aflejringer kan have været til stede, men er i så fald afhøvet af istidens gletschere.

Det marine Kridt på Bornholm er bedst blottet på sydkysten af Bornholm, og derfor vil kun lokaliteter herfra blive omtalt (se specialkort, figur 65).



Figur 65. Lokalitetskort over Bornholms sydkyst.

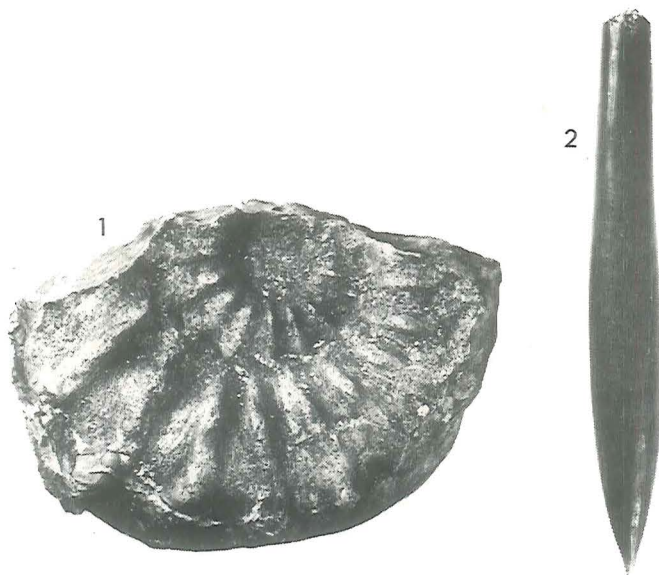
Lokalitet 41: Området mellem ARNAGER bådhavn og MADSEGRAV.

Arnager Grønsand og dets bundkonglomerat. Albien, Nedre- og Mellem Cenomanien.

Der er parkeringsplads ved Madsegrav, som ligger nær Søndre landevej cirka 8,2 km fra Rønne og ved Arnager Pynt for enden af vejen, der fører fra Søndre landevej mod syd til Arnager.

Arnager Grønsandet er en løs, glaukonitholdig, leret finsands aflejring, som er 70-130 meter tyk. Nederst i grønsandet findes et cirka 40 cm tykt konglomerat bestående af fosforitiserede knolde - konglomeratet omtales nedenfor. Arnager Grønsandet hviler på den Nedre Kretasiske Jydegård Formation (se side 76) med en svag vinkeldiskordans og hælder svagt mod sydvest. Arnager Grønsandet er for tiden dårligt blottet, men spredte blotninger findes i kystklinten mellem Arnager bådhavn og Madsegrav.

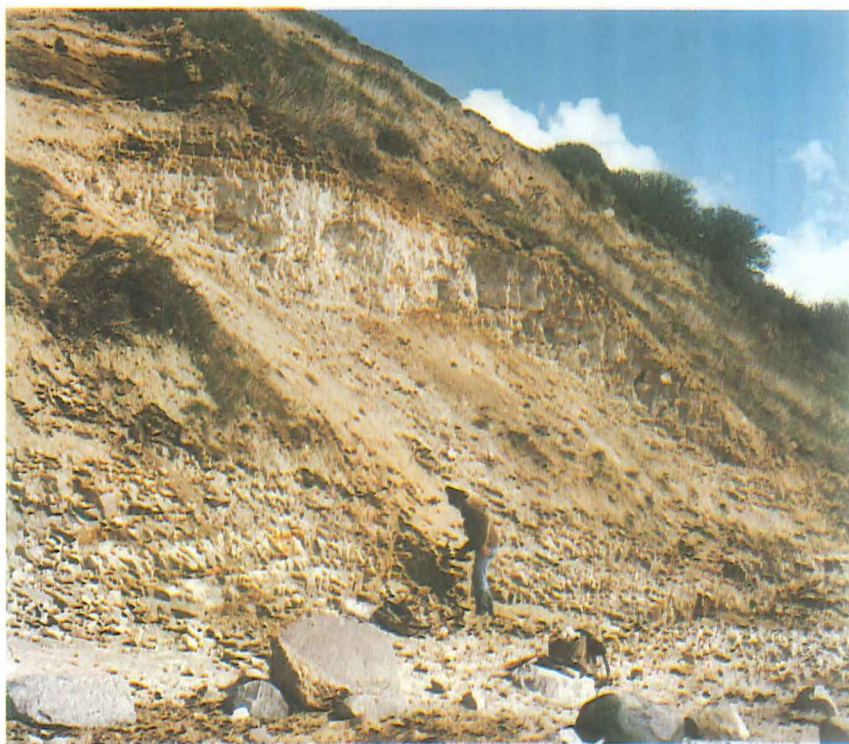
Fra Arnager Grønsandet kendes en lang række mikroskopiske fossiler, især foraminiferer og coccolither, hvoraf nogle har stor stratigrafisk betydning. Desuden forekommer muslinger (blandt andet *Inoceramus*), ammoniter (blandt andet *Schloenbachia* og *Acanthoceras*), belemniten *Actinocamax primus*, samt brachiopoder og snegle. På grundlag af ammoniter og *Actinocamax primus* kan Arnager Grønsandet henføres til Nedre og Mellem Cenomanien, figur 66.



Figur 66. Fossiler fra Arnager Grønsandet. 1: *Acanthoceras* sp. (ammonit) cirka halv størrelse. 2: *Actinocamax primus* (belemnit).

Arnager Grønsandets basalkonglomerat består af to generationer af fosforitiserede knolde. Primærknoldene består hovedsagelig af glaukonitholdig sandsten, mens sekundærknoldene udgøres af primærknolde, som er kittet sammen af en brunlig glaukonitisk sandsten. Faunaen fra primærknoldene er fra Nedre Albien, mens mollusk-faunaen fra mellemmassen mellem primærknoldene er fra Øvre Albien. Det viser, at havet har skyllet ind over Bornholm i Nedre Albien, hvor glaukonitholdigt sand blev aflejret. I Mellem Albien trak havet sig tilbage og sedimenterne blev eroderet og fosforitiseret. Da havet igen i Øvre Albien bredte sig over Bornholm blev primærknoldene omlejret som rullesten i et konglomerat med en grundmasse af brunt glaukonitholdigt sand. I det Øverste Albien blev sedimenterne igen udsat for erosion og blev fosforitiserede, og da havet igen bredte sig over Bornholm i Nedre Cenomanien blev rullesten af det forrige konglomerat som sekundærknolde samt løse primærknolde indlejret i Arnager Grønsandets bundkonglomerat.

Bundkonglomeratet er for tiden ikke blottet i kystklinten, men løse blokke, kan ses på stranden udfør Madsegrav,



Figur 67. Arnager Kalk vest for Arnager.

Lokalitet 42: ARNAGER

Arnager Kalk fra Mellem og Øvre Coniacien.

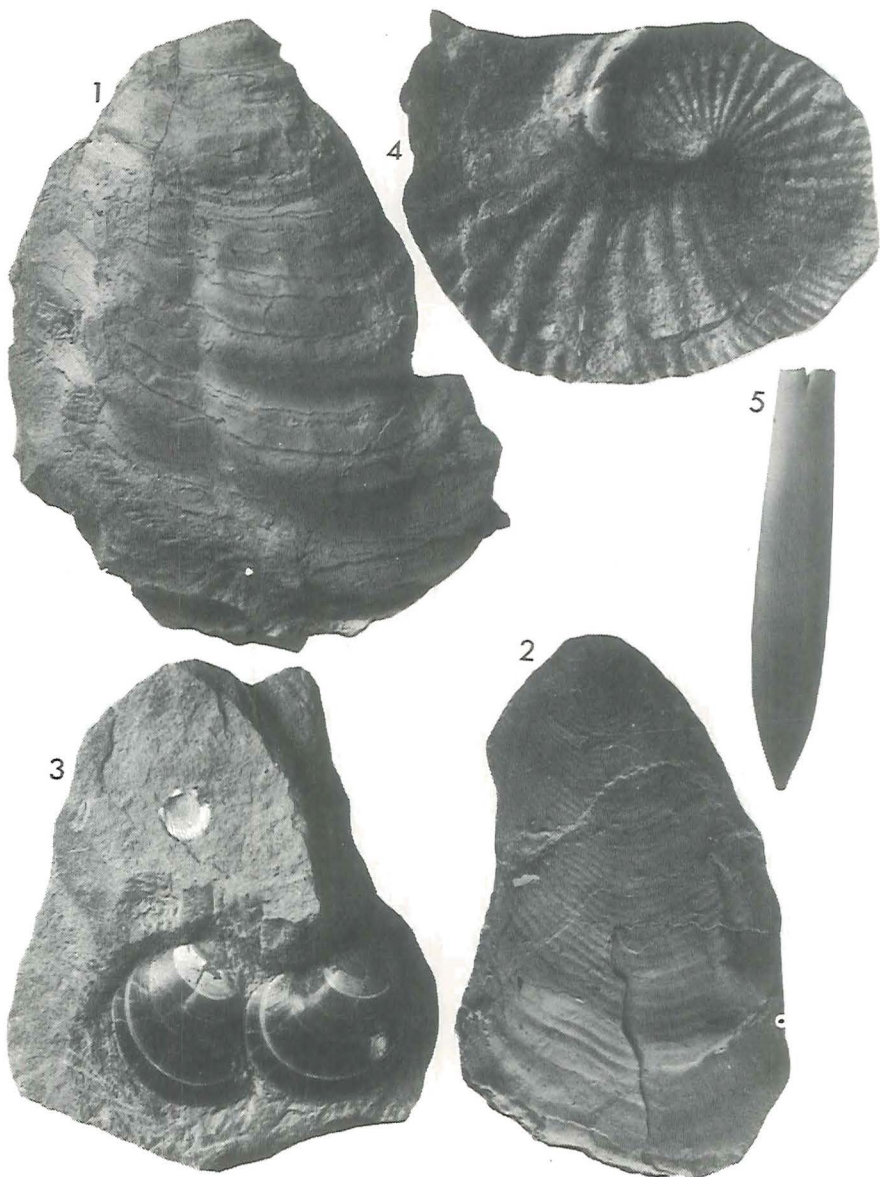
Der er parkeringsplads ved Arnager Pynt for enden af vejen, der fører fra Søndre landevej mod syd til Arnager.

Arnager Kalken, figur 67, som overligger Arnager Grønsandet, har nederst et cirka 20 cm tykt konglomerat, der består af fosforiserede knolde. Disse knolde indeholder i modsætning til Arnager Grønsandets bundkonglomerat ingen makrofossiler. Lyse gravegange formodentlig lavet af krebsdyr grener sig fra konglomeratet ned i den øverste del af Arnager Grønsandet. Arnager Kalken er 12-20 meter tyk og har i den nedre del et kalkindhold på 45-70 %, mens resten udgøres af kvartssand, ler og fint fordelt kisel. Den nedre del af den hvide Arnager Kalk (cirka 8 meter) kan ses i kystklinten 250 meter vest for Arnager Pynt. Arnager Kalkens bundkonglomerat findes ved foden af klinten cirka 130 meter vest for pyn-ten, figur 68. Arnager Kalkens øverste del, som er blågrå på grund af et



Figur 68. Arnager Kalkens bundkonglomerat.

større indhold af ler, kan undertiden ses i bugten øst for Horsemyreodde. Fra Arnager Kalken kendes foraminiferer, muslinger (blandt andet *Inoceramus*), ammoniter (blandt andet *Scaphites*) og belemniten *Actinocamax lundgreni*. Desuden er rustfarvede aftryk efter svampe og tilsvarende hårtynde aftryk efter løse svampenåle meget hyppige i den nedre del af Arnager Kalken. Den øvre blågrå varietet er karakteriseret ved at indeholde mange eksemplarer af muslingen *Plagiostoma hoperi*, som ofte har bevarede farvebånd. Arnager Kalken kan på grundlag af foraminiferindholdet og *Actinocamax lundgreni* henføres til den øvre del af Coniacien, figur 69.



Figur 69. Fossiler fra Arnager Kalken. 1 og 2: to forskellige arter af *Inoceramus* (musling), 3: *Plagiostoma hoperi* (2 skaller) og *Pecten* sp. (begge muslinger), 4: *Scaphites* sp. (ammonit), 5: *Actinocamax lundgreni* (belemnit).

Lokalitet 43: Området mellem KORSODDE og HORSEMYREODDE

Bavnodde Grønsand fra Nedre og Mellem Santonien.

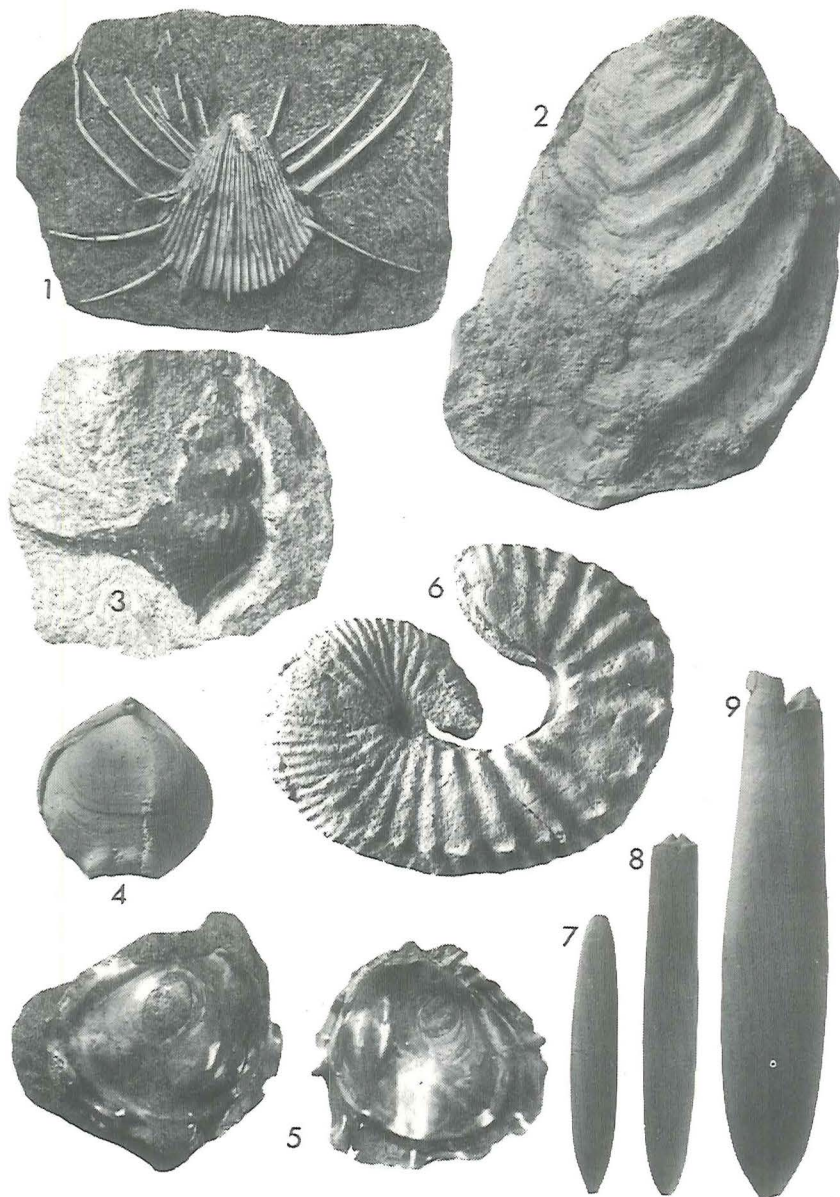
Man kan enten fortsætte mod vest fra Arnager eller parkere ved flyvepladsen, stige ned til stranden og gå mod øst.

Ovenpå Arnager Kalkens eroderede overflade følger Bavnodde Grønsandet, som er en glaukonitholdig, finsands-aflejring med en mægtighed på cirka 180 meter. I Bavnodde Grønsandet findes flere knoldehærdnede bænke samt bænke af grove kvartssandsten. Bavnodde Grønsandet træder frem flere steder i kystklinten mellem Korsodde og Horsemyreodde. De to største blotninger findes i bugten mellem Korsodde og Bavnodde og i bugten mellem Bavnodde og Forchheimers Odde. I det førstnævnte område findes cirka 7,5 meter grønsand med en meget markant sandstensbænk øverst i profilet. Desuden findes flere knoldehærdnede lag, figur 70. I bugten mellem Bavnodde og Forchheimers Odde findes cirka 11 meter grønsand.



Figur 70. Bavnodde Grønsandet vest for Bavnodde, som ses i baggrunden. Bemærk knoldehærdnede og kvartsitiske bænke i profilet.

Bavnodde Grønsandet er den mest fossilrige Kridttids aflejring på Bornholm, og følgende fossiler er almindelige: Muslinger (blandt andet østers, *Spondylus* og *Inoceramus*), brachiopoder (blandt andet *Rhynchonella* og *Terebratula*), belemniter (blandt andet *Goniatolithus westfalica*), ammoniter (blandt andet *Scaphites*) og snegle. Desuden er foraminiferer almindelige. På basis af ammoniterne, belemniterne og foraminifererne kan Bavnodde Grønsandet henføres til nedre del af Santonien, figur 71.



Figur 71. Fossiler fra Bavnodde Grønsandet. 1: *Spondylus spinosus* (musling), 2: *Inoceramus* sp. (musling), 3: *Aporrhais* sp. (snegl), 4: *Rhynchonella* sp. (brachiopod) forstørret 2 gange. 5: *Ostrea* sp. (østers, musling), 6: *Scaphites* sp. (ammonit), 7: *Actinocamax verus* (belemnit), 8: *Goniotheuthis westfalica* (belemnit), 9: *Belemnitella propinqua* (belemnit).

Bevægelser langs forkastninger er foregået i flere perioder siden Prækambrium. En storstilet hævnning kombineret med blokdannelse indtrådte i Tertiærtiden. Jævnsides med hævnningen skete en kraftig erosion i de områder, der kom til at ligge højest, hvorved adskillige hundrede meter af sedimenter blev fjernet. Det sidste større angreb på lagene skete i istiden, da indlandsisen flere gange skred hen over Bornholm.

Der er kun bevaret istidsaflejringer fra den sidste istid, og det er følgelig sidste istids gletschere, der har udmodelleret Bornholms overflade, som den ser ud i dag.

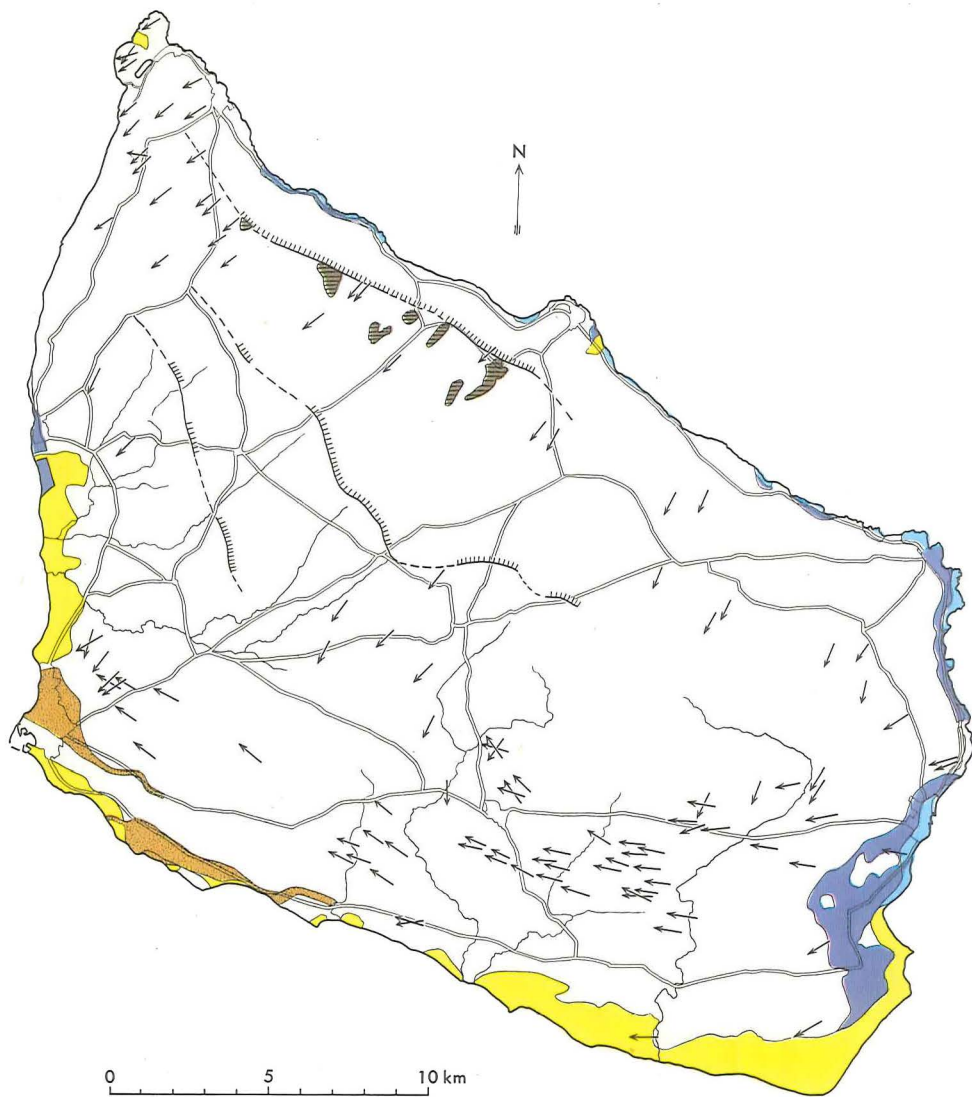
Ved isens afhøvling omformedes opragende partier i grundfjeldet til rundklipper med en skråt afslebet stødside i den retning, isen kom fra og en mindre påvirket læside, og sten i isen indridsede mange steder skurestriber, hvis retning viser isbevægelsens retning. Forskellige former for halvmåneformede revner, der opstod ved isens bevægelse, og afsprængninger af klippedale under isen kan ligeledes give oplysninger om isbevægelsens retning, se lokalitet 44.






Kortet side 91 viser, at isen i den nordlige del kom fra NNØ. Ved denne isbevægelse blev de mindre modstandsdygtige sprækkezoner uderoderet, og efter isens bortsmeltning fremtrådte de som sprækkedale. I dalenes stejle vægge kan undertiden ses vandrette skurestriber, der vidner om iserosionens betydning (for eksempel Majdalen i Paradisbakkerne).

Isen efterlod sig ved sin afsmeltning de fleste steder kun et ret tyndt morænedække, i graniterrænets højeste dele morænesand, iøvrigt moræneler. Store mængder af store granitblokke findes som stenbestrøning mange steder. I denne forbindelse må fremhæves de to store rokkesten, en i Paradisbakkerne og en i Rutsker Højlyng. Sidstnævnte er meget let at få sat i rokkende bevægelse. Nær 10 km stenen på vejen mellem Olsker og Rø drejer man mod syd, og efter 2,3 kilometers kørsel mod nord. Vejviser til stenen 3/4 kilometer fremme.

Under indlandsisens bortsmeltning rykkede isranden tilbage i nordøstlig retning. Nogle gange holdt den sig stationær gennem længere tid. Det udstrømmende smeltevands indhold af grus og sand aflejredes foran isranden, og efter isens videre bortsmeltning kom smeltevandsaflejringerne til at stå tilbage som høje bakkestrøg. Et sådant bakkestrøg strækker sig fra egnen omkring Rutsker og Klemensker. Vest for Klemensker findes nogle sprækkedale, der er fyldt ud med sand og grus. Man må formode, at dalene har været udfyldt af dødis, da gruset aflejredes. Da dødisen smeltede sank det overliggende grus ned i dalene.

Et senere dannet bakkestrøg strækker sig fra Splitsgård mellem Klemensker og Rø mod sydøst forbi Årsballe. Endelig er der vidnesbyrd om en israndstilling et par kilometer indenfor nordøstkysten mellem Olsker og eg-



- | | | | |
|---|------------------|---|----------------------------|
|  | Skurestriber |  | Baltiske issøs strandgrus |
|  | Israndstillinger |  | Littorinahavets strandgrus |
|  | Hedeslette |  | Flyesand |
|  | Issøer med ler | | |

På grundlag af Grønwall og Milthers 1916

nen syd for Gudhjem. Da isen lå her samledes det udstrømmende smeltevand i de laveste dele af det foranliggende isfri land, det vil sige i sprækkedalene. Der opstod her en række isdæmmede søer, hvori stenfrit lagdelt ler aflejredes.

Af Kvartærkortet side 91 fremgår, at isbevægelsen på Sydbornholm var fra ØSØ mod VNV. Sandsynligvis var der tale om en afbøjning af isbevægelsens retning på et tidspunkt, da den højeste del af Bornholm har raget op af isen som en såkaldt nunatak. Da isen på Sydbornholm smeltede væk, opstod et par flodsletter eller små hedesletter. Rønne by ligger på en sådan lille slette. Tydeligere er en slette, der begynder i øst som en 200 meter bred fladbundet dal nordvest for Sosegård. Herfra går den vestpå nord om Arnager og breder sig ud til en fuldstændig plan slette, hvor nu flyvepladsen ligger. Sydgrænsen er utydelig, men langs nordsiden er udformet en erosionsskrænt, der ses lidt nord for Søndre landevej såvel ved flyvepladsen som nord for Arnager. Vandet i floden har løbet mod vest.

Da isen var smeltet helt bort, lå Bornholm tilbage som en ø i en issø, der opstemmedes mellem isen, hvis rand lå nordligere i Østersøen, og Nordtyskland og Danmark, der da lå højere end nu. Terrasser med strandgrus fra issøen ses langs Bornholms vest- nord- og østkyst. En smuk terrasse med bagved liggende klint findes lige nord for Hasle. Syd for Svanekerne optræder flader med groft strandgrus fra issøen (Årsdalegrus), og et flere kilometer bredt bælte fra Nexø ned mod Dueodde er ligeledes strandgrus fra issøen (smukke profiler i grave indenfor Snogebæk). Terrasserne når op til godt 20 meter over nuværende havniveau i det nordligste Bornholm og omkring 10 meter i det sydligste, det vil sige Bornholm var noget kippet i forhold til nu.

Yngre strandaflejringer fra stenalderhavet (Littorina-sænkningen) findes i en smal bræmme langs kysten. Siden deres dannelse har Bornholm hævet sig, mest mod nord, og stenalderhavets strandlinie ligger nu cirka 12 meter over havet i nord og 3-4 meter over havet i syd.

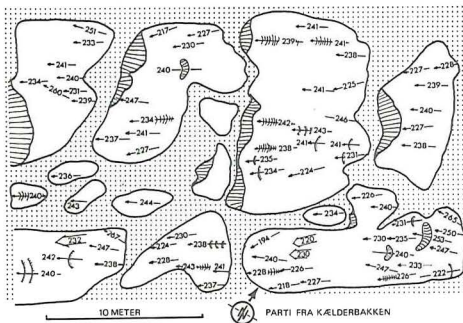
Flere steder ved nordkysten kan begge terrasseniveauer iagttages for eksempel ved Kåsen og ved Bølshavn.

Graniterrænets forrevne kystformer er fremkommet ved havets angreb i den stærkt forkløftede granit (for eksempel Helligdomsklipperne og Kamelhovederne ved Hammershus). I forkløftede zoner er også uderoderet grotter som Tørre Ovn og Våde Ovn ved Hammershus og Sorte Gryde ved Helligdommen.

Det yngste træk i Bornholms geologiske historie er aflejringen af flyvesand, der forekommer langs kysten på Sydbornholm fra Hasle til syd for Nexø. Plantagerne mellem Hasle og Rønne er anlagt for at bekæmpe sandflugten. Det største flyvesandsområde, med maleriske klitter, forekommer ved Dueodde.

Iserosion.

Parkering ved fyret. Herfra går man cirka 200 meter mod vest til højdepunktet, der er Kælderbakken, eller man går cirka 300 meter mod sydvest til Stejlebjerget, hvor man vil kunne se det samme.

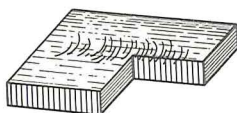


Signaturer: Tallene angiver den kompasretning, som isen i erosionsøjeblikket bevægede sig imod.

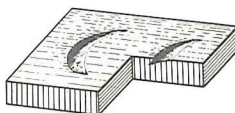
- | | | | |
|----|------------------------------|---|--|
| ← | : skurestriber | ← | : halvmaanedformede brud |
| ←← | : grove skurestriber (furer) | ← | : seglformede trug (dannet delvis ved vanderosion) |
| ← | : parabelridser | | : ru læside uden skurestriber |
| ← | : seglformede brud | | |

Mange steder på Bornholm, men især på Hammerknuden, findes der spor efter isens erosion. Der kan groft skelnes mellem 3 hovedtyper:

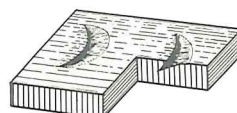
1. Rundklipper, der har en afsleben stødside (som vender imod den retning, som isen kom fra) og en mere ru læside (der vender i den retning, som isen bevægede sig hen imod).
2. Skurestriber, der er fra mm tynde ridser i bjergartens overflade til dm tykke og -dybe furer, især ved eksisterende sprækker i fjeldet.
3. Tværstillede småfrakturer, der dels er frembragt af isens pres mod overfladen og dels er frembragt ved vanderosion under isen.



parabelridser, 25-50 cm



seglformede brud, 25-50 cm



halvmaanedformede brud, 25-50 cm

ORDLISTE

- alunskifer: sort lerskifer med et væsentligt indhold af organisk stof. Navn efter den tidligere udvinding af alun (kalium-aluminiumsulfat).
- ammonit: uddød blæksprutteform.
- anatexis: opsmeltning af bjergarter i jordskorpen.
- antrakonit: mineralet kalkspat med et vist indhold af organisk stof. Antrakonit ("stinkkalk") optræder som konkretioner eller sammenhængende lag i alunskiferen.
- aplit: finkornet krystallinsk bjergart, der forekommer i gange.
- arkose: sandsten med mere end 25 % indhold af feldspatminerale.
- basalt: lavabjergart med krystaller af plagioklas og mørke mineraler i en finkornet eller glasagtig grundmasse.
- basisk front: ophobning af mørke mineraler ved kontakt til leukosom dannet ved differentiation.
- belemnit: uddød blæksprutteform.
- bentonit: ler-art dannet ved nedbrydning af vulkansk aske. Optræder i de Ordoviciske og Silure graptolitskifer.
- biogene: biologisk skabte.
- biotit: mørkt glimmermineral.
- bituminøs: med et indhold af kulbrinter.
- brachiopod: to-skallet dyreform. Kan i det ydre minde om muslinger, men har en helt afvigende indre bygning.
- coccolither: ultramikroskopiske kalkplader fra encellede planter.
- diabas: ældre (og i Bornholms geologi hævdunden) betegnelse for gangbjergarten dolerit, der er en mellemkornet mørk bjergart, som hovedsagelig består af calciumrig plagioklas og det mørke mineral pyroxen.
- differentiation: en proces, hvorved en udgangsbjergart opdeles i to eller flere nye bjergarter.
- dilatation: åbning og udvidelse af en spalte.
- diskordans: en geologisk struktur, hvor ældre laggrænser eller kontakter afskæres af en yngre dannelses undergrænse eller ydre kontakt.
- erosiv: nedbrydende.
- feldspat: mineralgruppe som efter indhold af kalium, natrium og calcium inddeles i grupperne: kalifeldspat og plagioklas.
- finkornet: kornstørrelse under 1 mm i krystalline (ikke-sedimentære) bjergarter.
- fluvialtil: aflejret af floder.
- foraminiferer: encellede smådyr, hvoraf de fleste lever i havet.
- forkastning: plan langs hvilket jordlagene indbyrdes er blevet forskudt.
- forvitring: mekanisk eller kemisk nedbrydning og omdannelse af mineraler og bjergarter i naturen.
- fosforit: mineral bestående af calciumfosfat og calciumkarbonat. Fosforit optræder hyppigt som konkretioner eller imprægneringsmateriale i aflejringer afsat ved aftagende havdybde.
- frontlejrrede smålag: pilene viser strømbevægelserne, der fører til aflejring af smålag på strømribbens fremadrykkende front.



- gang: pladeformet legeme af en bjergart (pegmatit, diabas).
- geosynklinal: aflejringshav med sedimenter, der senere foldes op til en bjergkæde.
- glacial: med tilknytning (både geografisk og tidsmæssigt) til en nedisning.

glaukonit: grønt mineral beslægtet med glimmer. Dannes som små runde korn i havet under specielle betingelser.

gnejs: en slags sribet eller båndet granit. Udtrykket "granitiske bjergarter" omfatter også gnejs.

granitiske bjergarter: bjergarter med feldspat og kvarts som hovedminerale omfattende både granit og gnejs.

granodiorit: granitisk bjergart, hvor plagioklas findes i mindst dobbelt så stor mængde som kalifeldspat. Ingen bornholmsk grundfjeldsbjergart er granodioritisk.

graptolit: uddøde kolonidannende dyr.

grovkornet: kornstørrelse over 5 mm i krystalline (ikke-sedimentære) bjergarter.

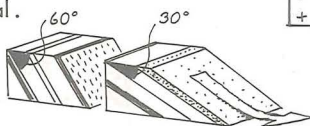
grundfjeldets aldersforhold: principskitse, som viser, hvordan grundfjeldsbjergarternes aldersforhold kan udredes. Ældst er en indeslutning (1) i granit (2). Graniten skæres af en aplitgang (3), som igen skæres af en pegmatitgang (4). Den yngste bjergart er en diabasgang (5), der forsættes af en ung forkastning (6).



hornblendē: mørkt silikatmineral.

hæmatit: rødbrunt jernmineral.

hældning: pilen viser hældningens retning, vinklerne dens størrelse.



intermediær granit: her defineret som granit af omtrent samme sammensætning som bornholmsk gnejs. Svaneke-, Vang- og Hallegårdsgranit dækkes af betegnelsen.

kalksten: hærdnet kalksediment.

konglomerat: hærdnet aflejring med rullesten af ældre, nedbrudte lag. Konglomerater er almindeligvis enten flodaflejringer eller kystaflejringer (strandvolde). I en serie havaflejringer betyder tilstedeværelsen af et konglomerat ofte, at der umiddelbart forud har været en landperiode med nedbrydning af gamle aflejringer.

konkretion: mere eller mindre knoldformet mineralafsætning i en aflejring.

kronologi: tidsrækkefølge.

krydslejring (skrålejring): sedimentær struktur, hvor smålagene (laminae) danner en vinkel med den egentlige lagdeling.

kvarts: almindeligt mineral, også kendt som bjergkrystal.

kvartsit: omkrystalliseret kvartsrig sandsten.

lakune: et "hul" i lagserien, som angiver et tidsrum hvorfra der ikke findes aflejringer.

lamineret: parallel finlagdeling i et sedimentært lag.

lerjærnsten: ler imprægneret med jærnkarbonat.

lerskifer: ler, som under vægten af overliggende lag er blevet til en fast bjergart, der kan flækkes i tynde blade.

leukoaplit: lys aplit.

leukogranit: lys granit næsten uden mørke mineraler. Kornstørrelse er som hos en almindelig granit, i modsætning til pegmatit, som er grov, og leukoaplit, som er fin.

leukosom: betegnelse, der ordret betyder lyst legeme. Benyttes om pegmatit, leukoaplit og leukogranit. Anvendes om legemerne som sådan eller om den samlede mængde af lyse bjergarter på Bornholm.

limonit: rustfarvet jernmineral.

littoralzonen: zonen mellem høj- og lavvandslinien, d.v.s. forstranden.

lys granit: her defineret som granit med overvægt af kvarts og kalifeldspat i forhold til bornholmsk gnejs. Hammer-granit er et eksempel herpå.

mellemkornet: kornstørrelse mellem 1 - 5 mm i krystalline (ikke-sedimentære) bjergarter.

metasediment: en omkrystalliseret bjergart, hvis sedimentære oprindelse endnu kan erkendes.

migmatit: bjergart, der kan opfattes som sammensat af to forskellige bjergarter.

mollusker: bløddyr, omfatter muslinger, snegle og blæksprutter.

moræne: isaflejret usorteret jordart bestående af en sammenblanding af ler, sand, grus og sten. Moræne er også betegnelsen for bakkedandskaber opresset af is eller efterladt ved isens bortsmeltning.

mønder: slangebugtning af flodløbet, opkaldt efter flodnavn i Tyrkiet.

møndering: skiftende slangebugtninger, der "vandrer" nedad flodløbet.

mørk granit: her defineret som granit med overvægt af mørke mineraler og plagioklas i forhold til bornholmsk gnejs. Rønne-granit og Mægård-granit dækkes af betegnelsen.

orthoceratit: uddød blæksprutte med lige eller svagt krummet skal.

pegmatit: meget grovkornet bjergart, der forekommer i gange eller mindre uregelmæssige partier. Pegmatiter indeholder kun meget små mængder mørke mineraler.

plagioklas: natrium-calcium-feldspat.

regression: tilbagerykning af havet og udvidelse af landarealet.

replacering: erstatning af en bjergart med en anden.

sandsten: fast bjergart bestående af sammenkittede korn i sandstørrelse.

sediment: aflejring opbygget af materiale fragtet af vand eller vind.

sidesten: den bjergart som et geologisk, afgrænset legeme har kontakt til.

silt: materiale med kornstørrelse mellem 0,002 og 0,06 mm.

siltsten: fast bjergart bestående af sammenkittet silt.

småskala krydslejring: skyldes strømribber, der er mindre end 60 cm brede og 6 cm høje.

sortering: god sortering betyder, at bjergarten næsten udelukkende består af korn af samme størrelse (f.eks. kun fint sand).

storskala krydslejring: dannes hvor strømribber bredere end 60 cm og højere end 6 cm aflejres. Se figuren side 65.

strygning: et hældende geologisk lags skæringslinje med en vandret flade.

strømribber: "vaskebræt" ribber, som skyldes strømmende vand henover en sandbund.

svovlkis: malmineral bestående af jern og svovl.

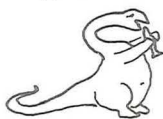
transgression: fremrykning af havet ind over land.

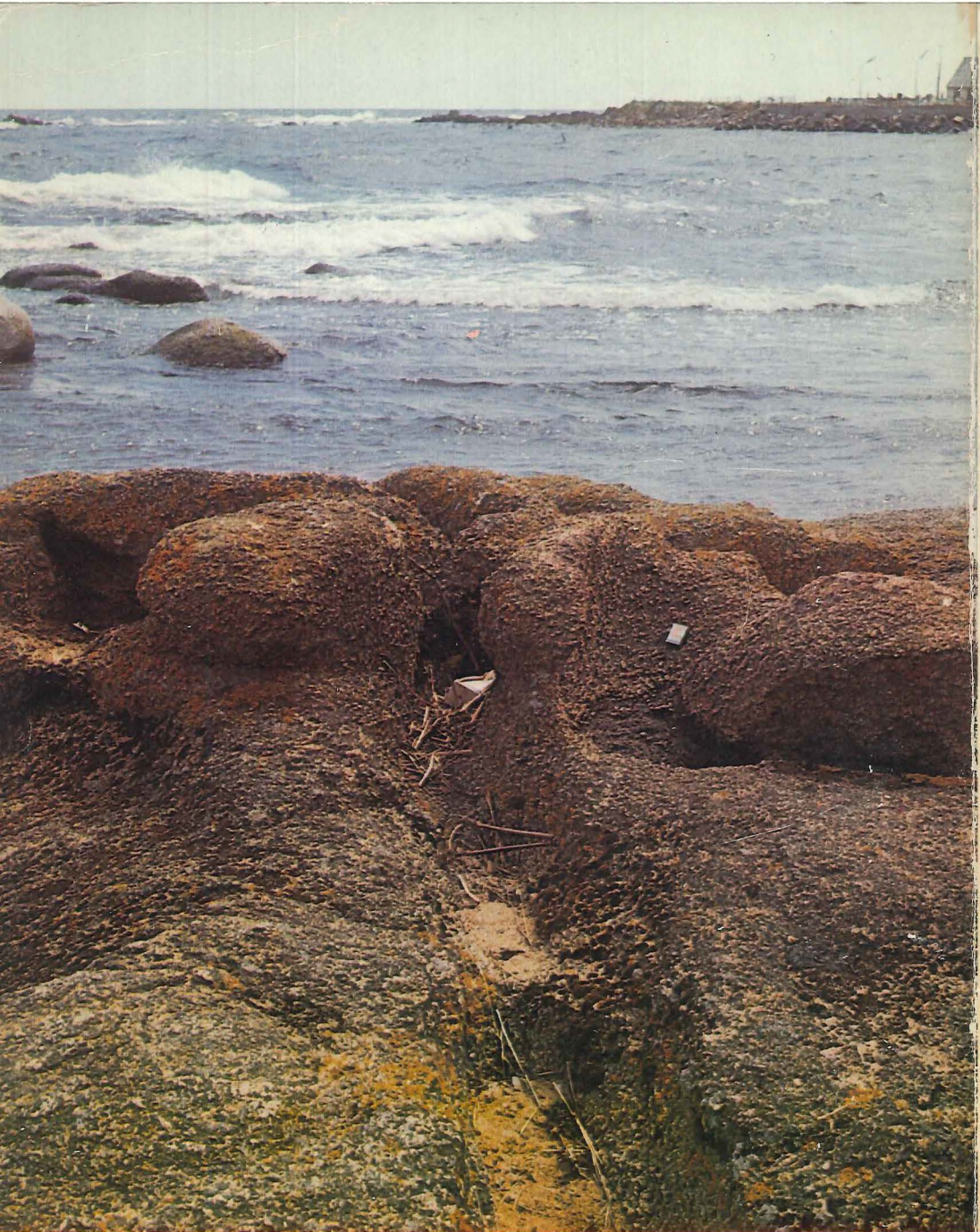
trilobit: uddød leddyrgruppe, måske beslægtet med krebsdyr.

veksellejret: hvor lag af forskellig sammensætning eller udformning skifter (tilfældigt) op gennem lagsøjlen.

vinkeldiskordans: en erosionsdiskordans, hvor de ældre lag under erosionsdiskordansen har fået lagstillingen ændret som følge af foldning eller forkastningsbevægelser, inden erosionen indtraf.

Bagsidebilledet viser strandklipperne ved Årsdale. Se side 18. Fotograferet af Valdemar Poulsen.





VARV

BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER

GEOLOGISK MUSEUM

ØSTER VOLDGADE 5-7, 1350 KØBENHAVN K

TELEFON (01) 135001, POSTGIRO 906 88 80

GEOLOGISK MUSEUM
ØSTER VOLDGADE 5-7
1350 KØBENHAVN K

VARV 1977