

PERI- ODE	FORMATIONSNAVN	AFLEJRINGER	LOK. NR.	AFLEJR. DYBDE
KRIDT	ØVRE	BAVNODDE GRØNSAND	14	
		ARNAGER KALK	13	
		ARNAGER GRØNSAND	12	
	NEDRE	JYDEGÅRD FM.	11	
		ROBBEDALE FM.	10	
		RABEKKE FM.	9	
JURA	ØVRE		8	
	MELLEM	BAGÅ FM.	6	
	NEDRE	HASLE FM.	7	
		RØNNE FM.	4	
		(Munkerup ler)	3	
TRIAS	ØVRE	KÅGERØD FM.	1	
	MELLEM	(Risebæk lag)	2	
				KONTINENTALT
				MARINT

Stratigrafisk skema for Mesozoikum på Bornholm.



BORNHOLMS GEOLOGI IV

MESOZOIKUM

Dette nummer af VARV afslutter indtil videre serien om Bornholms Geologi. Et indledningsafsnit om Mesozoikum findes i Bornholms Geologi 1 (1988-2). Der er enkelte ændringer i forhold til beskrivelsen fra 1988. Det skyldes, at de allerseneste undersøgelser har medført ændringer i nogle af lagenes aldre.

Redaktionen har modtaget stor faglig bistand fra *Eckart Håkansson*. Lithograf *Rene Madsen* har rentegnet figur 1, midtersidekortene, figur 22 samt det stratigrafiske skema på bagsiden.

Forsidebilledet viser vekslende sandede og finsandede lag fra Robbedale Formationen. Se nærmere beskrivelse på siderne 90-91. Foto: J. Aagaard.



VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Telefon: 33 11 22 32

Kontoret besvarer skriftlige henvendelser og forespørgsler. Telefoniske bestillinger og forespørgsler kan rettes til redaktionens medlemmer på ovenstående nummer.

Redaktion: Svend Pedersen (ansvarshavende), Asger Berthelsen, Jens Konnerup-Madsen, Lena Madsen, Steen Sjørring og Vivianne Berg Madsen (Sverige).

Renskrift og

montage: Steen Sjørring

Repro: FBN Litho ApS, København

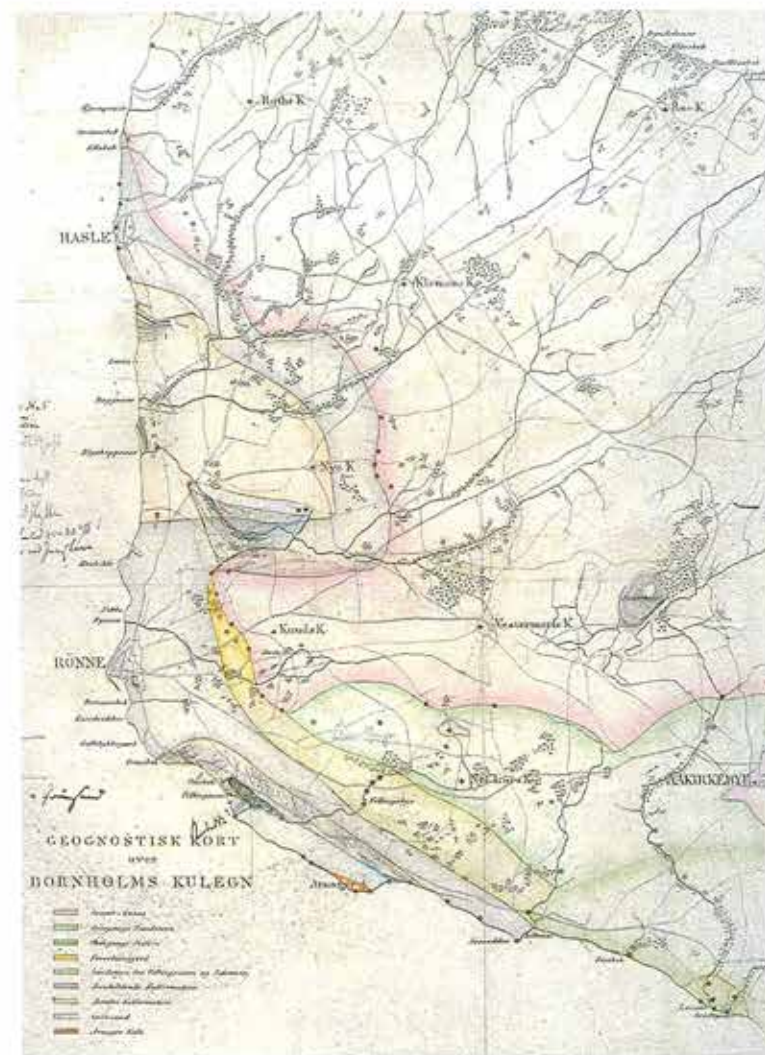
Tryk: Johnsen + Johnsen a/s, København

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 75 kr i abonnement for 1989. Abonnement tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80, eller 70 SKr til VARVs svenske postgirokonto 4388-5.

Enkeltnumre kan bestilles ved henvendelse til redaktionen.

Adresseændringer bedes meddelt Postvæsenet.

© 1989 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.



Formindsket udsnit af G. Forchhammer's 'Geognostisk Kort over Bornholms Kulegn' fra 1837. I modsætning til nyere geologiske kort over Bornholm, bemærker man, at der kun er indtegnet forkastninger (som en meget tynd bølget linie ved Baggeaae (Bagå) mellem Hasle og Rønne. Såvel på kortet som i kortkanten ses senere geologers små notitser som rettelser og tilføjelser. Kortet er affotograferet fra Vid. Sel. naturv. og mathem. Afh. VII Deel af O.B. Berthelsen.

Bavnodde Grønsandet består af en leret-siltet finsand med et stort indhold af glaukonit, der giver sandet den karakteristiske grønne farve. Den oprindelige lagdeling er stort set forsvundet, hvilket skyldes en intensiv gennemgravning af datidens havbund (bioturbation). I flere niveauer findes der hærtnede, knolde-horisonter, hvor sandet er sammenkittet af kalkspat.

Grønsandet blev aflejret i havet på 40-100 meters dybde, således at havbunden generelt ikke var påvirket af bølgebevægelse. I perioder, hvor sedimentationen var ringe, hærtnede visse horisonter til knoldede lag.

I den øverste del af sekvensen (mellem Korsodde og Bavnodde) ses lyse, 10-50 cm tykke lag med groft sand, der stedvis er cementeret med kisel til meget hårde, fremstående bænke. Undergrænsen af de enkelte lag er ofte ujævn, og i bunden findes groft sand, grus og skalfragmenter, der opefter går over i mere vel-sorterede og krydslejrede lag af sand. Disse sandlag er tolket som omlejet, kyst-nært sand, der er transporteret ud på dybere vand af strømme, som er opstået i forbindelse med kraftige storme. Tykkelsen og antallet af disse sandlag tiltager opad gennem Bavnodde Grønsandet, hvilket afspejler, at vanddybden gradvis aftog, og kystlinien kom tættere på.

Fossiler er meget hyppige i Bavnodde Grønsandet. Man finder især små belemnitter, brachiopoder, østers og andre muslinger, men man kan også være heldig at finde både ammonitter og snegle. Desuden er de hyppige, velafrundede sorte stykker af forkullet træ ofte fyldt med huller boret af muslinger, hvis skaller ikke længere er bevaret.

Øverst i klinten - øst for Forchheimers Odde - ses små folder, der er frembragt i forbindelse med Kvartærtidens isoverskridelser.

I den sydlige del af kystklinten ses bunden af en erosionskanal, der skærer sig ned i det finkornede grønsand. Kanalen er fyldt med mellemkornet sand med et ringere indhold af glaukonit end det normale i grønsandet. Kanalens alder kendes ikke, men det er muligt, at kanaldannelsen er sket i forbindelse med erosion af de foldede aflejringer, der blev hævet i Sen Kridt-Tidlig Tertiær. Hvis det er tilfældet, repræsenterer sedimentet i kanalen måske et tidsrum, der i øvrigt ikke er dokumenteret på Bornholm.

Seismiske undersøgelser og dykkerundersøgelser sydvest for Bavnodde viser, at grønsandsaflejringer også findes på havbunden, men der er tale om yngre aflejringer end de, der er blottet i klinterne ved Bavnodde. Beregninger af tykkelsen af Bavnodde Grønsandet giver mindst 800 m glaukonitholdigt sand.



BORNHOLMS MESOZOIKUM

af Niels Erik Hamann

Mesozoikum, Jordens Middelalder, begyndte for 230 mill. år siden og sluttede for 65 mill. år siden, på det tidspunkt dinosaurerne uddøde. Mesozoikum omfatter perioderne Trias, Jura og Kridt.

De generelle træk i den geologiske udvikling gennem Mesozoikum er beskrevet i VARV 1988/2, Bornholms Geologi I. I dette nummer vil der blive gjort nærmere rede for de lokale geologiske forhold på nogle udvalgte Mesozoiske lokaliteter på Bornholm.

Langs kystklinter og i råstofgrave kan man på Bornholm finde aflejringer lige fra Øvre Trias til Yngre Kridt. Det kan måske undre, at det er muligt at se aflejringer fra et så stort tidsrum i de lave klinter, når man tænker på, at lagserien fra Mesozoikum her er op til 2500 meter tyk. Det skyldes, at de Mesozoiske lag - sammen med underlaget - er brudt op i mindre blokke, der er blevet forskudt og vippet i forhold til hinanden.

Gennem de seneste år er der høstet ny viden om de Mesozoiske lag, især hvad angår den strukturelle opbygning i havområderne omkring Bornholm. Det skyldes en øget interesse for de Mesozoiske lag, dels i forbindelse med olieeftersøgningen, og dels eftersøgning af kvartssandsforekomster i farvandet omkring Bornholm. Der har især været anvendt seismiske undersøgelsesmetoder, og de indhentede data gør det muligt at tolke undergrundens struktur og sammensætning også i havområderne omkring Bornholm.

De seismiske undersøgelser har vist, at Bornholm og farvandet syd og vest for Bornholm består af tre større blokke: Bornholm Horsten, Sose Platformen og Rønne Graven. Der er stor indbyrdes forskel i tykkelsen af de Mesozoiske lag på blokkene - på grund af forskellig indsynkningshastighed.

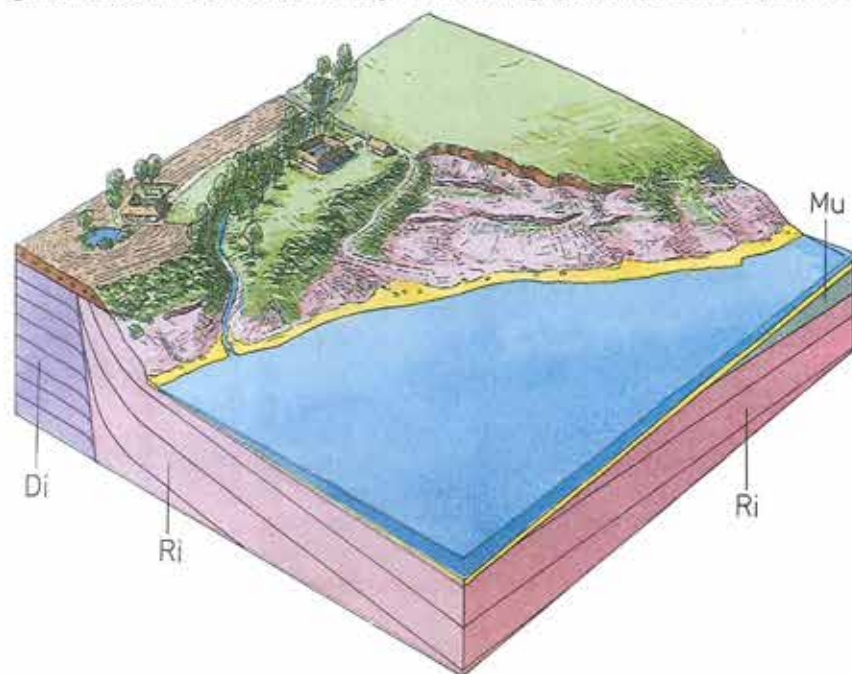
Lokalitet M-1: RISEBÆK

Plastisk ler fra Øvre Trias (Kågerød Formationen)

Fra Rønne køres ca. 14 km ad Søndre Landevej til det nedlagte kalkstensbrud Skelbro (Lok. P-10), hvor der kan parkeres. På sydøstsiden af Risebækken, der løber langs kalkstensbruddet, fører en sti ud til kysten.

Kystklinterne ved Risebæk består fortrinsvis af grønt og rødt plastisk ler, der ofte glider ud i store skred. Leret - og dermed skreddene - begrænses mod land af en øst-vest forløbende forkastning, på hvis nordside der er Dicellograptusskifer af Øvre Ordovicisk alder. Ved forkastningsbevægelsen er det nedforkastede ler blevet vippet og lagene hælder nu ca. 50° mod sydvest.

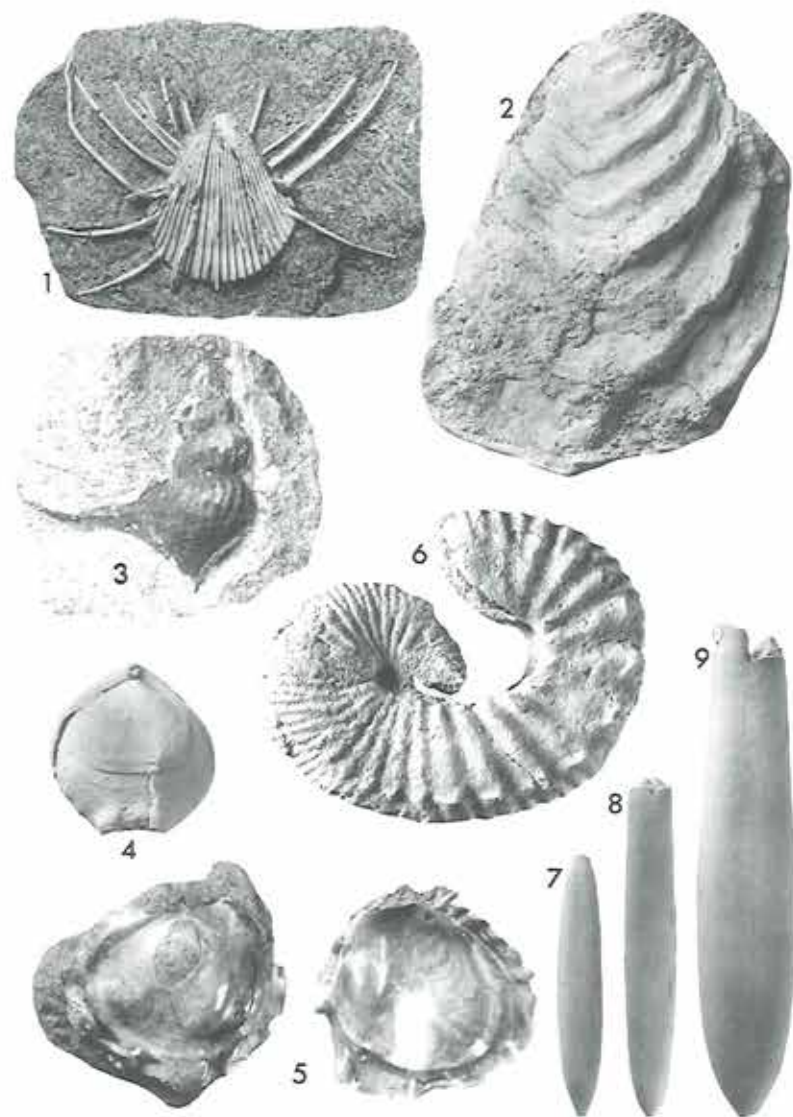
Lerets farve skyldes indholdet af forskelligt farvende jernforbindelser. I reduceret form giver jernforbindelser grønne farver, mens jernforbindelser i iltet form ('rust') giver røde. I leret ses også 1-5 cm store hvide kalkknolde (caliche noduler), som oprindeligt er dannet tæt ved overfladen af leret under tørre og varme klimatiske forhold. Kalkknoldene samt rullesten af grønt plastisk ler ses tit sammen i et konglomeratisk lag i bunden af en sandsten (også Øvre Trias), der ligger over leret. I leret ses stedvis lag, der er kraftigt gennemgravet af organismer.



Figur 1. De geologiske forhold ved Risebæk. Snittet i blokkens venstre side viser den forkastning, der tidligt i Tertiær forstyrrede lagene og bragte den Ordoviciske Dicellograptus-skifer og Kågerød Formationens bjergarter i samme niveau. I nyere tid har de meget plastiske ler-bjergarter forårsaget rotationskred langs kysten. Bogstavbetegnelserne angiver følgende enheder: Di = Dicellograptus-skifer, Ri = Risebæk lag og Mu = Munkerup leret.

Lagene er oprindeligt aflejret på en flad, vegetationsfattig flodslette i et tørt og varmt klima. De konglomeratiske lag er aflejret i selve flodsengen, mens de lerede lag svarer til fladerne mellem flodløbene.

Et par hundrede meter øst for Risebæk findes to tilgroede lergrave tæt ud mod kysten. I den ene kan man endnu finde gråt, fedt Munkerup Ler (nederste del af Rønne Formationen, Nedre Jura), der her ligger over det røde og grønne



Figur 28. Forsteninger fra Bavnodde Grønsandet. 1: muslingen *Spondylus spinosus* og 2: en musling af typen *Inoceramus*. 3: sneglen *Aporrhais* og 4: brachiopoden *Rhynchonella*. 5: *Ostrea* (østers) og 6: en ammonit *Scaphites*. 7, 8 og 9 er belemnitter *Actinocamax* versus, *Gonioteutis westfalica* og *Belemnitella propinqua*. Nr 4 er i dobbelt størrelse, resten i lidt formindsket størrelse. Foto: W.K. Christensen.

lens opbygning med tynde kalkspat-prismer vinkelret på skaloverfladen. Her udover findes andre muslinger og brachiopoder ret spredt, mens aftryk af ammoniter forekommer jævnlige. Belemniter (vættelys) er forholdsvis sjældne.

Alderen af Arnager Kalken er Mellem-Øvre Coniacien, og da Arnager Grønsandets top er af Mellem Cenoman alder, må den sedimentations-afbrydelse (lacune), der repræsenteres af det komplekse konglomerat i bunden af Arnager Kalken, omfatte perioden fra Øvre Cenoman til Turon.

Lokalitet M-14: BAVNODDE - FORCHHEIMERS ODDE

Glaukonitholdigt finsand fra Nedre Santonien (Bavnodde Grønsand)

Følg Sønder Landevej ca. 5 km fra Rønne. Drej til højre ad lille vej umiddelbart inden lufthavnsområdet. Der kan parkeres ved enden af vejen, hvorfra en sti fører til stranden.

Langs kysten mod øst frem til Forchheimers Odde møder man en række blotninger, der viser forskellige niveauer i Bavnodde Grønsandet. De blottede lag bliver ældre mod øst, og for den flittige vandrer, er det en sjælden gang muligt at iagttage overgangen til Arnager Kalken i bugten lige øst for Horsemyre Odde.



Figur 27. Bavnodde Grønsand i bugten vest for Bavnodde. Det ses at lagene hælder svagt mod sydvest. Netop ved denne kystklint finder man hærtnede sandstenslag med skalfragmenter i bunden. Foto: S. Sjørring.



Figur 2. I kystklingen lige neden for Risegård er det muligt at iagttage de stejltstående sandede aflejringer fra Kågerød Formationen. I baggrunden ses skred i de røde og grønne lerbjergarter. Foto: E. Håkansson.

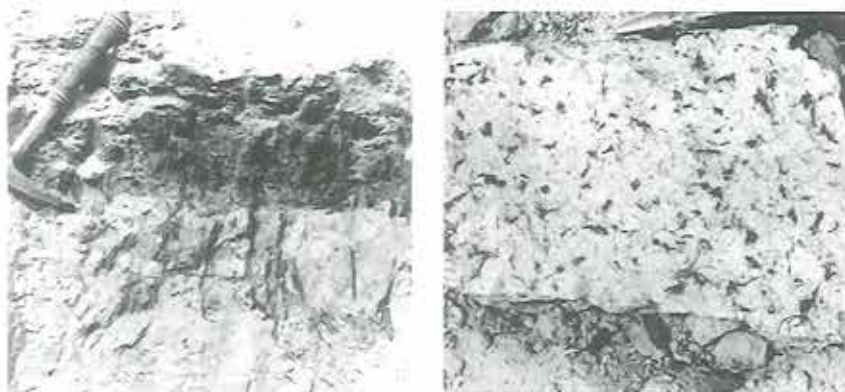
plastisk ler. Munkerup Leret er lagdelt og indeholder flere horisonter med mørkere kulholdigt ler. I de mørke lag finder man tit planteforsteninger med *Thaumatopteris* floraen, der kendetegner den nederste del af Jura i hele det nordatlantiske område. Munkerup Leret er afsat i søer eller laguner omgivet af et frodigt vegetationsdække i et varmt og fugtigt klima.

Lokalitet M-2: SOSE BUGT

Sandede og lerede lag fra Nedre Jura (Nedre del af Rønne Formationen)

Godt 12 km fra Rønne ad Sønder Landevej drejes fra mod højre til en offentlig rasteplass, hvorfra en sti fører til kysten.

I kystklingen ved Sose Bugt ud til Sose Odde finder man en lagserie, der består af vekslende sandede og lerede lag. Lagene hælder mod sydvest, og de ældste lag findes således mod øst. I Lilleåens bund kan man finde gråt sand og ler, hvori der tit ses større stykker af fladtrykte træstammer. I den østlige del af klingen dominerer de sandede aflejringer, ofte med veludviklede krydslejringer, som er dannet i strømmende vand. Stedvis ses vekslende ler- og kullag, og under kullagene er der tit udviklet rodhorisonter med rodspor, som er mere end 50 cm lange. I de øvre dele af den sanddominerede lagfølge findes hyppigt utydelige sporfossiler af *Skolithos*-typen.

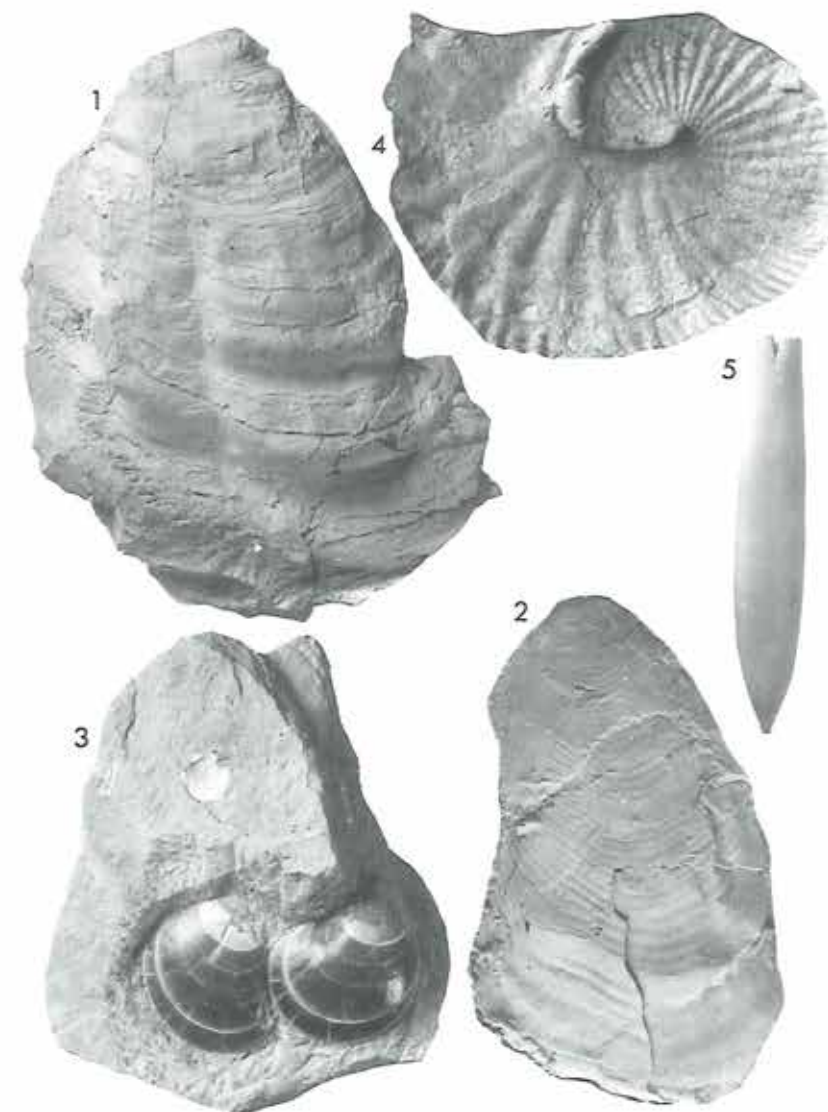


Figur 3. Kul-lag med rodhorisont fra den nedre del af sekvensen i Sose Bugt. A: lodret snit og B: lagflade med forkullede rødder. Foto: J. Aagaard.

Lagene gennemskæres af erosionskanaler, der er udfyldt med op til 5 m krydslejret sand. I bunden af kanalerne ligger der rullesten af ler og grenstykker. Lagfølgen tyder på et kystnært miljø med en vegetationsdækket deltaflade, som kanaler stedvis har skåret sig ned i.



Figur 4. Heterolithisk (vekslende lag af ler, silt og finsand) siltdomineret sekvens fra den centrale del af klinten ved Sose Bugt. Foto: J. Aagaard.



Figur 26. Forsteninger fra Arnager Kalken. 1 og 2: To forskellige arter af muslingeslægten Inoceramus. 3: Muslingen Plagiostoma hoperi (2 skaller) og en skal af muslingetypen Pecten. 4: En ammonit Skaphites og 5: en belemnit Actinocamax lundgreni. Alle forsteninger er i næsten naturlig størrelse. Foto: W.K. Christensen.



Figur 25. Kystklinten vest for Arnager Havn. Nederst ses toppen af Arnager Grønsandet og overgangen til Arnager Kalken. Det særligt modstandsdygtige fosforit-konglomerat i kalkens basale dele træder tydeligt frem. Foto: E. Håkansson.

Arnager Kalken er en kiselrig kalksten med 45-70 % kalk, hvoraf størstedelen består af mikroskopiske coccoliter. Den 20 m tykke kalksten opbygges af 30-50 cm tykke bænke, og den noget uregelmæssige lagstilling kan antyde, at kalken blev aflejret som lave, få meter brede banker, der lapper ind over hinanden. I mange niveauer er rustfarvede, nåleformede aftryk af kiselvampes spikler overordentlig hyppige, og man kan derfor antage, at kiselvampene - en dyregruppe, der var særlig udbredt i Øvre Kridt - har dannet tætte bevoksninger på datidens havbund. Disse bevoksninger kan tænkes at have bremset bevægelser i havvandet hen over bunden, således at det opslemmede fine kalkslam kunne synke til bunds og danne små banker omkring de enkelte svampebevoksninger.

Seismiske undersøgelser i farvandet sydøst for Arnager viser, at den kiselholdige kalksten hurtigt tynder ud og forsvinder. På samme måde antyder den mere lerrige udgave af Arnager Kalken (den glaukonitiske mergel, der findes i Stampeå), at kalken også tynder ud i denne retning. Det ser således ud som om, at kisel-svampebevoksningen med den tilhørende kalkaflejring var begrænset til et smalt bælte på en havbund, der i øvrigt var domineret af grønsandsaflejringer.

I kalken findes en del forsteninger ud over aftrykkene af kiselvampe. Reste af kæmpemuslingen *Inoceramus* er ganske hyppige. De er let genkendelige på skal-

Mod vest, tæt ved Sose Odde, tiltager lerindholdet, og ler og finsand danner her rytmiske aflejringer. I de finsandede lag ses små strømribber, mens de overliggende lerede lag udfylder lavningerne mellem ribberne. Denne vekslen mellem sandribber og 'draperende' lerede lag viser, at der har været varierende strømhastigheder, som man kender det fra tidevandsområder. Stedvis er lagene cementeret med jernforbindelser og danner lerjernsten. Heri ses gravegange af typerne *Diplocraterion* og *Skolithos*, der er almindeligt forekommende i kystnære havaflejringer.

Seismiske undersøgelser og prøver fra havbunden syd for Sose Bugt viser, at tilsvarende aflejringer fra Rønne Formationen også findes her. Tykkelsen af Rønne Formationens lag er således bestemt til godt 180 m.

Lokalitet M-3: GALGELØKKEN

Vekslende sandede og lerede lag fra Nedre Jura (Øvre del af Rønne Formationen) i et 400 m langt kystprofil tæt ved Campingpladsen sydøst for Rønne Havn.

Lagene ligger i den sydvestlige flanke af en stor fold, hvis akse dykker svagt mod NNV. Lagene hælder derfor svagt ind mod Rønne og bliver ældre mod syd langs klinten. Flere steder langs klinten ses små stejle normalforkastninger med en forskydning på op til en meter. Tidligere var en vinkeldiskordans på ganske få grader synlig, men bygningen af høfder ud for klinten har standset erosionen, og klinten dækkes nu langsomt af nedskred.



Figur 5. Storskala trugkrydslejringer fra den midterste enhed i Galgeløkke profilet. Foto: J. Aagaard.

Lagene i klinten kan deles i 3 afsnit: *Det nedre afsnit*, der er blottet i den syd-østlige del af klinten, består af rytmiske skift mellem 10-40 cm tykke finsandede partier og lerede lag. I de sandede partier ses små ribbe-krydslejringer dækket af ganske tynde lerdraperinger, hvorimod de lerede partier består af bølgede og kontinuerte op til 1 cm tykke lerlag. Enkelte steder er disse strukturer ødelagt ved 'vandundvigelse'.

Det midterste afsnit af profilet består overvejende af stor-skala krydslejret sand, som blev aflejret i kanaler. Ser man nærmere på de enkelte skrålag, opdager man, at de har varierende tykkelse, men med en rytmisk opbygning, der tyder på, at de enkelte skrålag blev dannet under tidevandets varierende strømhastigheder mellem nip- og springflod.

Det øvre afsnit, nærmest Rønne, ligner det nedre afsnit ret meget, blot er lerindslagene hyppigere i toppen af dette afsnit, der er domineret af mørkt ler med markante kullag og tilhørende rodhorisonter.



Figur 6. Heterolithisk, sand-domineret sekvens fra den øvre enhed i Galgeløkke profilet. Lagene forsvækket af en lille, stejltstående normal-forkastning. Foto: J. Aagaard.

Hele lagfølgen ved Galgeløkken kan tænkes dannet i et tidevandsmiljø, måske i tilknytning til en større flodudmunding. Det nedre og det øvre afsnit repræsenterer tidevandsflader, og det mellemste afsnit med stor-skala krydslejret sand modsvarende flod- og ebbekanaler. Kullagene viser, at tidevandsfladerne efterhånden blev overgroet med planter, og der dannedes et marsklignende område. De



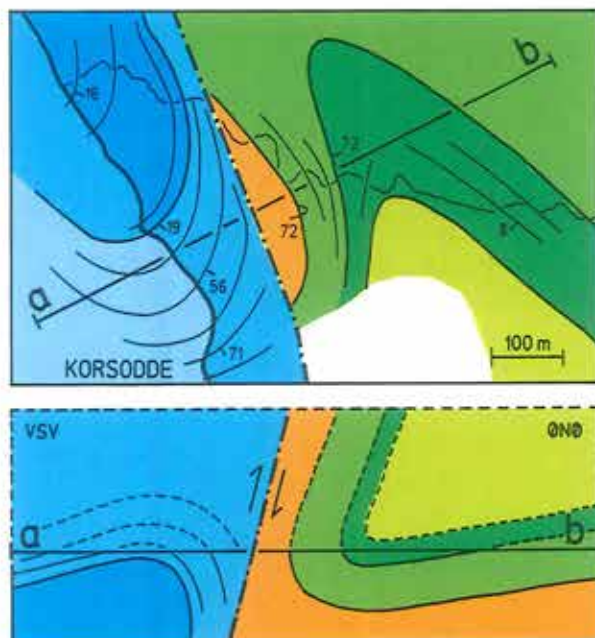
Figur 23. Et ca. 30 cm bredt stykke af bundkonglomeratet fra Arnager Kalken. Foto: O.B. Berthelsen.



Figur 24. Detailudsnit af bundkonglomeratet i figur 23. En større rullesten med en kraftig grønlig kant (på grund af glaukonit) ses at bestå af fire ældre rullesten. Foto: O.B. Berthelsen.

afspejler derfor både et slæb i forbindelse med denne forkastning og den kompression, der forårsagede, at den vestlige flanke af folden (synklinalen på fig. 22) nu står med en hældning på omkring 70° mod sydvest ind over de yngre lag.

Følger man Stampeå ud til kysten, vil man - få hundrede meter fra profilet med de overkippede lag - passere det sted, hvor forkastningen løber, og straks herefter møder man en rustbrun sandsten fra Nedre Jura (Hasle Formationen), der farver åbunden okkerbrun. Denne sandsten er en del af østflanken af den store fold (antiklinalen på kort 2, side 88), som er omtalt under lokalitet M-4.



Figur 22. Kort og profil, der viser de strukturelle forhold for de mesozoiske aflejringer ved Stampeå. Stampeå gennemskærer foldede lag, der er gennemsat af en N-S gående forkastning. Vest for forkastningen danner lagene en antyklinal, øst for en synklinal.

Lokalitet M-13: ARNAGER

Kalk og fosforitkonglomerat fra Øvre Kridt (Arnager Kalk)

Der kan parkeres ved Arnager Havn. Profilet ligger umiddelbart vest for havnen. Toppen af Arnager Grønsandet overlejres af Arnager Kalk, der har et fosforitkonglomerat i bunden. Konglomeratet består af glaukonitholdige kalkknolde og fosforitknolde, og som det er tilfældet med konglomeratet i bunden af Arnager Grønsandet (Lok. M-12), er rullestenene meget ofte sammensatte, hvilket vidner om et komplekst hændelsesforløb igennem den sedimentations-afbrydelse, der adskiller Arnager Kalken fra Arnager Grønsandet. Fra bunden af Arnager Kalken kan talrige gravegange følges ned i toppen af Arnager Grønsandet.

seneste undersøgelser ved Galgeløkken tyder på, at lagene er afsat i løbet af ganske få årtier med aflejring af flere meter sediment om året.

Havbundsprøver samt seismiske undersøgelser i havet vest for Galgeløkken viser, at tilsvarende aflejringer findes der. Den samlede tykkelse af den øvre del af Rønne Formationen er godt 385 m.

Lokalitet M-4: MØLLEDAL og lokalitet M-5: KYSTEN SYD FOR HASLE HAVN

Cementeret sandsten fra øvre del af Nedre Jura (Hasle Formationen)

Hasle Formationen er en 80-150 m tyk rustrød sandsten, der består af glimmerholdigt finsand, der er cementeret af jernforbindelser. Derfor er sandstenen hårdere end de omgivende aflejringer, og står flere steder frem som 'stenrev' i de lavvandede områder langs Bornholms vestkyst. Hasle Formationens sandsten er blottet flere steder langs kysten. To af de bedste lokaliteter findes 400 m øst for Mølledal (M-4), 9.5 km ad Søndre Landevej fra Rønne, og lige syd for Hasle Havn (M-5).



Figur 7. Rustrød sandsten fra Hasle Formationen i klinten øst for Mølledal. Foto: N.E. Hamann.

Ved Mølledal ses op til 10 m høje profiler i rustrød sandsten. Mod øst overlejrer sandstenen Rønne Formationens vekslende lerede og sandede lag, men grænsen er ikke blottet for tiden. Mod vest aftager cementeringen gradvist opad, hvorfor sandet i den vestlige del af klinten er lysere og løsere. Lidt længere mod vest stopper sandstenen ved en forkastning (bag nogle nedskredne buske).

Forskydningen er omkring 40-50 m. Vest for forkastningen består klinten af aflejringer fra Rønne Formationen.

I sandstenen ses en række sedimentstrukturer såsom horisontal lamination, krydslejring og trugkrydslejlrede lag. De krydslejlrede lag er opad begrænset af erosionsflader, hvorpå der ligger kantede gruskorn af kvarts og feldspat. De krydslejlrede lag danner ofte store bølgede flader af 'hummocky-krydslejringer', som bedst kan studeres på strandfladen syd for Hasle Havn. Disse specielle strukturer er dannet på ret lavt vand i forbindelse med storme.

I sandstenen kan man finde forstenede muslinger, ammoniter og fisk. Sandstenen er dannet i havet på 10-40 m vand tæt ved en kyst med blottet grundfjeld, der har været udgangsbjergarten for de kantede kvarts- og feldspatkorn.



Figur 8. En højtand fra Hasle sandstenen. Rester af hvirveldyr er ret sjældne i Bornholms Mesozoikum, men især fra Hasle Formationen og Jydegaard Formationen kendes rester af forskellige krybdyr-grupper. Foto: O.B. Berthelsen.

Lokalitet M-6: HASLE KLINKERFABRIKS LERGRAV

Sand, ler og kul fra sen Nedre Jura til Mellem Jura (Bagå Formationen)

Drej fra ved Sorthat og følg Havvej frem til den store lergrav. Graven er delvis fyldt med vand, men lagene kan ses i nord- og østvæggen.

Vekslende lag af sand, ler og kul, der hælder 5-10° mod øst i den nordvestlige del af graven og 45° mod øst i den sydøstlige del, optræder i en karakteristisk rækkefølge: nederst ses sand, derover ler, eventuelt med rodspor, og øverst følger et kullag. Tykkelsen af sådan en lagfølge er typisk mellem 3 og 7 m. I den vestlige del af graven dominerer leret, som her kan nå op til 7 m's tykkelse alene. Lerlagene er enten massive og lysegrå eller laminerede og mørkegrå. De mørkegrå lerlag indeholder velbevarede planteforsteninger (blade og kviste fra bregner, koglepalmer og nåletræer). Stedvis ses også træstammer stående på roden.

De vekslende sand-, ler- og kullag er dannet på en deltaflade. Sandet er kanaludfyldninger, og lerlagene er fladerne imellem kanalerne. Stubbene og kullagene viser, at der har været vegetationsdække på fladerne.

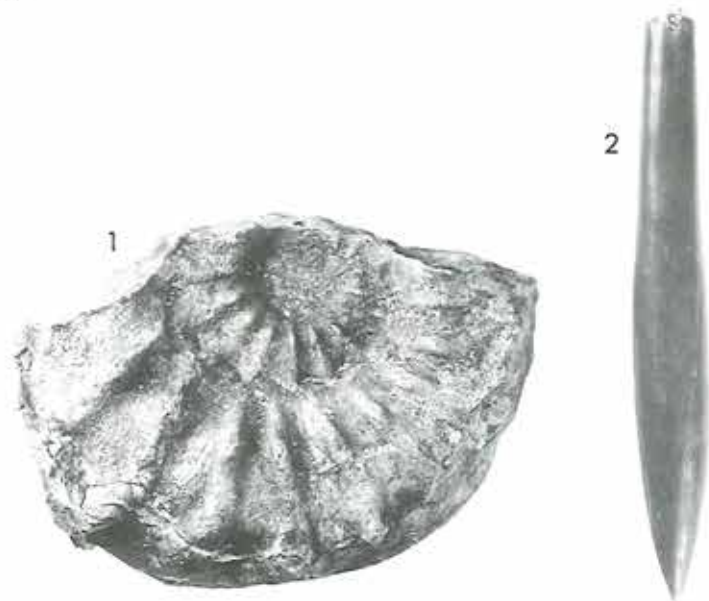
TID	BORNHOLM	DANMARK VEST FOR ØRESUND
MAASTRICHT	Øvre	Stevns Møn
	Nedre	
CAMPAN	Øvre	HOVED-SAGELIG
	Nedre	
SANTON	Øvre	SKRIVE-KRIDT
	Mellem	
	Nedre	MERGEL
	BAVNODDE GRØNSAND	
CONIAC	Øvre	ARNAGER KALK
	Mellem	
	Nedre	ARNAGER GRØNSAND
TURON		
CENOMAN	Øvre	ARNAGER GRØNSAND
	Mellem	
	Nedre	ARNAGER GRØNSAND
ALBIEN	Øvre	
	Nedre	

Figur 21. Oversigt over det øvre Kridts aflejringer på Bornholm efter de nyeste undersøgelsesresultater.

Den geologiske historie, der afspejler sig i profilet langs Stampeå, er kortfattet: Efter afsætningen af kystnære sedimentter (Jydegård Formationen) i Nedre Kridt fulgte et tidsrum (ca. 20 mill. år) uden bevarede aflejringer på Bornholm. I dette tidsrum må man antage, at Bornholm - i hvert fald periodevis - var hævet over havoverfladen, samtidig med at lagene blev vippet og dele af serien eroderet bort. Da havet trængte frem i Nedre Albien, blev der aflejret glaukonitholdigt finsand oven på Jydegård Formationens lyse sand. Dette glaukonitholdige finsand blev snart efter fjernet ved en erosion, der dog sparede de hårdeste dele. Disse hårde rester blev fosforiserede og indgik som knolde i aflejringer fra en ny transgression (havindtrængning) i Nedre Cenoman. Også sandstenen fra denne periode blev imidlertid udsat for en omfattende erosion, således at de på samme måde nu kun kendes som fosforiserede rullesten i Arnager Grønsandet, der aflejredes i Mellem Cenoman.

I Sen Kridt - Tidlig Tertiær blev hele området udsat for en kraftig sammenpresning (kompression), der blandt andet forårsagede, at aflejringerne i Rønne Graben blev presset sammen og dermed op. I forbindelse med denne oppresning var forkastningen langs Rønne Graben atter aktiv. Lagstillingen langs Stampeå

De første blotninger, man møder, ligger lige over for en lille kilde (Ørsted's boring), hvor vandet springer ud af munden på en grøn metalfør. Her ses glaukonitisk mergel, der i alder svarer til Arnager Kalken. 100 m længere nede ad åen følger stejltstående lag af Arnager Grønsand, der kan følges nogle få hundrede meter i spredte blotninger. Hvor Arnager Grønsandet hører op, møder man ler, sand og lerjernsten fra Jydegård Formationen. Disse lag er overkippede, så de ældre lag (Jydegård Formationen) ligger over de yngre (Arnager Grønsand).

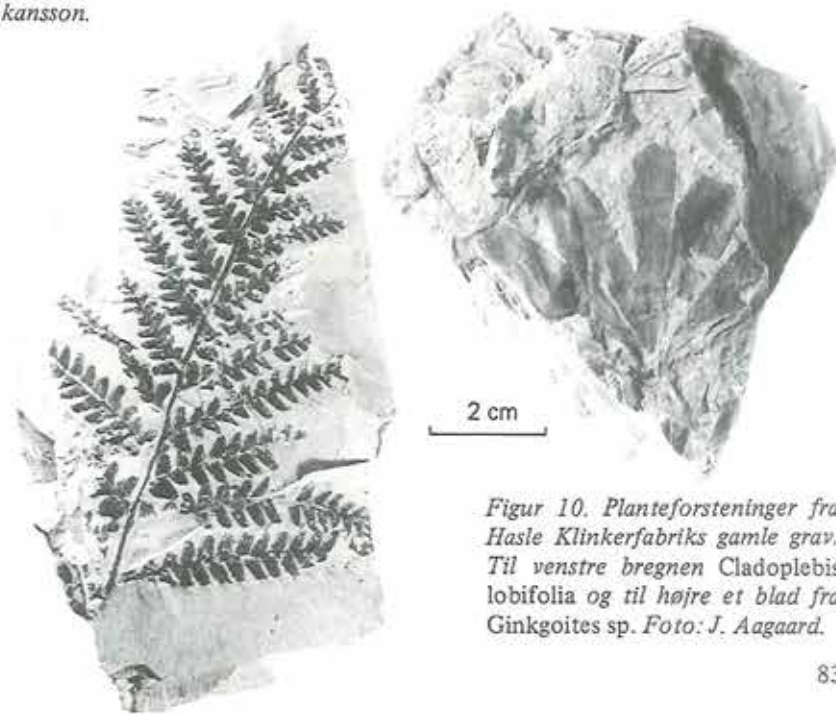


Figur 20. Forsteninger fra Arnager Grønsandet. 1: ammoniten *Acanthoceras* (lidt under halv størrelse) og 2: belemniten *Actinocamax primus* (4/5 størrelse). Foto: W.K. Christensen.

I bunden af Arnager Grønsandet ses et fosforitkonglomerat, der omfatter to generationer af fosforitknolde. De ældste knolde - primær-knoldene - består af en finkornet sandsten, der indeholder forsteninger fra Nedre Albien. De yngre knolde - sekundær-knoldene - er konglomeratiske, idet de består af primærknolde sammenkittet med fosforitiseret sandsten fra Nedre Cenoman. De 'rene' primærknolde indeholder således kun forsteninger fra Nedre Albien, medens sekundærknoldene indeholder både (omlejlrede) forsteninger fra Nedre Albien og forsteninger fra Nedre Cenoman.



Figur 9. Nordvæggen i Hasle Klinkerfabriks grav. Den rytmiske vekslen mellem lyse sandlag og mørke ler- og kullag fremtræder meget tydeligt. Foto: E. Håkansson.



Figur 10. Planteforsteninger fra Hasle Klinkerfabriks gamle grav. Til venstre bregnen *Cladoplebis lobifolia* og til højre et blad fra *Ginkgoites* sp. Foto: J. Aagaard.

I den østlige del af gravens nordvæg ses nogle mørke, hårde og dårligt sorterede sandlag, hvori der ligger store lyse blokke af blødt, kaoliniseret grundfjeld. Disse dårligt sorterede lag er afsat i mudderstrømme, der flød ud på deltafladen fra et opragende granitparti (en horst), der ligger mindre end 300 m øst for graven.



Figur 11. I nordvæggen af Hasle Klinkerfabriks grav ses blandt andet veludviklede slump-folder (folder dannet ved udglidning). Foto: J. Aagaard.

I Øvre Kridt - Nedre Tertiær blev lagserien af sand, ler og kul foldet og forkastet og hævet mere end 700 m, så de lag, der er blottet i dag, lå på et tidligere tidspunkt meget dybere. En mindre foldestruktur ses endnu i gravens sydøstlige hjørne.

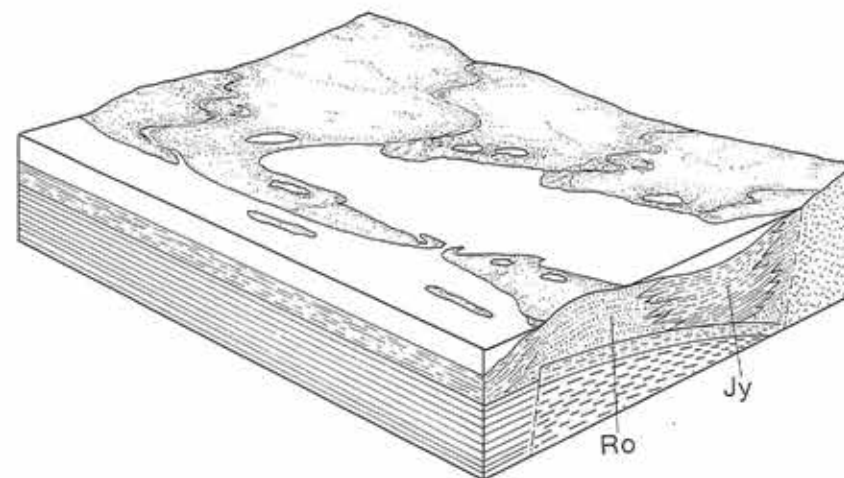
I forrige århundrede gravede man kul i op til 50 m dybe skakter. Spor herefter ses nu som jordfaldshuller i området syd og øst for lergraven.

Lokalitet M-7: KORSODDE

Sand-, ler- og kullag fra den sene del af Nedre Jura til Mellem Jura (Bagå Formationen)

Følg Søndre Landevej fra Rønne. 4.2 km ude drejes fra mod højre (ved købmandsforretning) og der fortsættes forbi vandværket 'Stampen' til en lille parkeringsplads tæt ved stranden.

Ved stranden - i sydlig retning - er Bagå Formationens lag af sand, ler og kullag blottet i en op til 10 m høj kystklint. Laghældningen vokser mod syd fra ca.



Figur 19. Meget forsimplet model for aflejningsmiljøet da Robbedale Formationen (barriere) og Jydegård Formationen (lagune) blev dannet.

Lagene i Jydegård Formationen menes at være afsat på lagunesiden af en barriere, hvor sandet i forbindelse med storme er skyllet hen over barrieren og ind i lagunen. Lerjærnstenslinserne med *Viviparus* svarer til lavvandede søer bag barrieren. Enkelte steder er der så mange aftryk af sneglehuse, at det må anses for sandsynligt, at disse ansamlinger repræsenterer de dybeste dele af søerne, hvor sneglene har samlet sig i forbindelse med udtørring. *Neomiodon*-bænkens rige indhold af muslinger med sammenhængende skaller i alle størrelser antyder, at denne lagune har været ramt af en pludselig massedød - formodentlig forårsaget af en eksplosiv vækst af encellede alger (dinoflagelater).

Øverst i profilet ses vekslende ler- og sandlag, der er gennemskåret af mindre kanaler og udfyldt med tykke krydslejlrede sandlag og tynde lerlag. Disse kanaludfyldninger tyder på aflejring i slyngende floder.

Lokalitet M-12: STAMPEÅ

Havaflejringer fra Nedre og Øvre Kridt (Jydegård Formationen, Arnager Grøn-sand og Arnager Kalk)

Fra Rønne køres 4.2 km ad Søndre Landevej. Drej til højre ved købmandsforretningen og fortsæt til Stampeåens dal. Her kan der parkeres, og en sti langs åen fører ud til havet.

I de sydlige åbrinker ses en række mere eller mindre stejlt stillede lag. Forstyrrelsen afspejler aktiviteten i en N-S forløbende forkastning, hvor den vestlige blok er forskudt flere hundrede meter op. Denne forkastning danner den østlige begrænsning af Rønne Graben.

ret omfattende fauna, som dog helt er domineret af brakvandsmuslingen *Neomiodon*. Mange af muslingeskallerne hænger sammen to og to.



Figur 16. Robbedale Formationen i den østlige grav ved Robbedale. På grund af lagernes hældning skærer de grundvandsbetingede ruststriber her den oprindelige lagdeling. Bemærk de talrige digesvæle-huller, der følger lagdelingen og de svagt hældende, ellers næsten usynlige forkastninger. Foto: J. Aagaard.



Figur 17. Aftryk af ferskvandssneglen *Viviparus* i lerjærnsten fra Jydegård Formationen. Omtrent naturlig størrelse. Foto: J. Aagaard/O.B. Berthelsen.



Figur 18. Aftryk af brakvandsmuslingen *Neomiodon* i lerjærnsten fra Jydegård Formationen. Omtrent naturlig størrelse. Foto: J. Aagaard/O.B. Berthelsen.

20° til omkring 70°. Lagene danner den sydlige flanke af en stor fold (antiklinal), se også lokalitet M-3.

Den nordlige del af klinten består af vekslende sand-, ler- og kullag, mens den sydlige del domineres af sandede lag. Bunden af sandlagene er ofte konglomeratisk, og nogle gange med rullede blokke af omlejret kaolin og nogle gange med velafrundede lyse sandstensblokke af Nedre Palæozoisk alder (Balka Sandsten ?) indlejret i sand bestående af grove, kantede kvartskorn. Herover følger stor-skala krydslejret kvartssand. Kvantssand, kaolin og sandstensblokke er blevet transporteret af floder ud på deltafladen fra forvitrede grundfjelds- og sandstensområder i nabolaget.



Figur 12. Stejltstillede lag fra Bagå Formationen ved Korsodde. Øverst (til højre) ses et markant kullag, medens det mørke lag i midten er et kulholdigt lerlag med talrige U-formede grave gange (Diplocraterion). Foto: J. Aagaard.

Seismiske undersøgelser og dykkerundersøgelser vest for Korsodde har vist, at lagene fra Bagå Formationen fortsætter ud under havet. Bagå Formationen er her ca. 450 m tyk og udgør størstedelen af den prækvartære overflade vest for Bornholm.

Lokalitet M-8: KAOLINGRAV VED NYGAARD

Kaoliniseret grundfjeld og lersten fra Nedre Kridt (Rabekke Formationen)

0.5 km fra Rønne mod Almindingen drejes fra ad lille bivej mod nord, og efter knap 1 km når man en stor lergrav på vejens højre side.

Igennem lang tid har man udnyttet de kaolinitrige leraflejringer fra Rabekke Formationen, der i området øst for Rønne overlejrer det forvitrede grundfjeld direkte. Gravningen i denne grav er for nylig genoptaget, således at både Rabekke Formationens lag og det forvitrede grundfjeld nu er tilgængelige.

I gravens vestlige ende finder man et nydeligt snit igennem lagserien ned til de øvre dele af den forvitrede mørke Rønne granit. Forvitringen har været styret af nedsvivende vand, der med et ret ringe indhold af opløst CO_2 har karakter af en svag syre. I tidens løb er feldspatten og de mørke mineraler i graniten gradvist blevet nedbrudt af det gennemsvivende vand. Slutproduktet i denne proces, der ikke har påvirket kvartskornene i granitten, er det hvide, meget bløde mineral kaolinit, der er grundelementet ved opbygningen af mange lermineraller.



Figur 13. Kaoliniseret grundfjeld i den vestlige ende af Rabekkeværkets grav. Forvittringsprocessen er fuldstændig styret af den homogene granits forkløftnings- og opsprækningsmønster. Foto: J. Aagaard.

Forvittringsprocessen i grundfjeldet er ikke forløbet lige hurtigt overalt. Sprækker i granitten har således medført, at den svage kulsyre har kunnet trænge meget dybt ned visse steder. Fra sprækkerne har forvittringsprocesserne gradvis

sekvensen på lokalitet M-11). Sedimentstrukturene og gravegangene tyder på, at aflejringer af Robbedale Formationens øvre sandlag er sket i en kystzone, der var en del af et større barrierekompleks.



Figur 15. Gravegange (Ophiomorpha) fra Robbedale Formationens nedre del. I visse niveauer er disse gravegange sammenkittet med rust, og de blotlægges derfor hyppigt af vinden. Billedet er ca. 30 cm bredt. Foto: N.E.Hamann.

Lokalitet M-11: A/S CARL NIELSENS SANDGRAV

Ler, sand og lerjernsten fra Nedre Kridt (Robbedale Formationen og Jydegård Formationen)

4.5 km fra Rønne mod Åkirkeby ses sandgraven syd for landevejen.

Robbedale Formationens grove kvartssand har været genstand for intens udnyttelse i dette område, men her - som de fleste andre steder - er gravningen nu ophørt. Flere af gravens vægge er skredet til og er mere eller mindre bevoksede.

I den vestlige ende af graven kan man på et plateau endnu se ler, lerjernsten og sand tilhørende den overliggende Jydegård Formation. Sandlagene er krydslejlrede og ligner på mange måder Robbedale Formationens lag. De tynde lag af ler er for det meste mørke og laminerede, og de indeholder hyppigt en del kul og planterester. Lerjernstenslagene optræder fortrinsvis som meget lange, 25-50 cm tykke linser, hvori der ofte ses aftryk (ydre aftryk og stenkerner) af ferskvandssneglen *Viviparus* og forskellige muslinger. Det nederste lag i Jydegård Formationen er en meget karakteristisk lerjernstensbænk, der indeholder en

Lokalitet M-10: SKRÆDDERBAKKE

Havaflejret sand fra Nedre Kridt (Robbedale Formationen)

Følg Søndre Landevej fra Rønne. Ca. 7 km ude drejes mod venstre ad Skrædderbakkevej, og efter godt 1 km ses sandgraven på venstre hånd ved Skrædderbakke.

I graven ses ca. 20 m gulligt til rustbrunt sand, der hælder svagt mod sydvest. Sandlagene, der er Robbedale Formationens øvre del, veksler mellem finere og grovere lag, men der er tendens til, at kornstørrelsen bliver større oppefter. I de finsandede lag findes små-skala krydslejringer og 'sildebens-strukturer', mens der er horisontal lagdeling og enkelte stor-skala krydslejringer i de grovere sandlag.



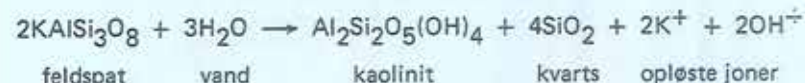
Figur 14. Robbedale Formationens øvre del i graven ved Skrædderbakken. Den markante rust-farvning af sandet er et sekundært fænomen, der afspejler grundvandets varierende gennemstrømning. Foto: J. Aagaard.

I flere niveauer ses gravegange af *Skolithos*- og *Ophiomorpha*-typerne. *Ophiomorpha*-gangene er grenede og ugrenede rør med tynde rustfarvede vægge. Væggens yderside har et knoldet udseende, der skyldes opbygning med små sandkugler. Herved ligner *Ophiomorpha*-gangene de gravegange, der i dag laves af krebsdyret *Callinassa major*, som lever på den del af forstranden, der dækkes under højvande. Dette krebsdyr forstærker sine gange med små sandkugler, som sammenholdes af slim. (For tiden kan sådanne gravegange bedst ses i bunden af

breddet sig med det resultat, at man mange steder vil finde hårdere partier med kun delvis omdannet grundfjeld, nemlig de områder, der har ligget langt fra sprækkerne. Senere erosion har stedvis blotlagt dele af det kun delvis omdannede grundfjeld, der nu ses som store, velafrundede sten og blokke, der ligger spredt i leraflejringerne.

Forvittringsprocessens hastighed er stærkt afhængig af de klimatiske forhold. Varme og fugt er essentielt, så i vore dage er aktiviteten meget ringe. I den bornholmske lagserie begynder kaolinit først at optræde i et betydeligt omfang lidt oppe i Jura-sekvensen, og perioden Mellem Jura - Nedre Kridt synes i særlig grad at have været velegnet for denne type forvitring (bemærk således den hyppige tilstedeværelse af blokke af omlejret kaolin og kaoliniseret grundfjeld flere steder i den bornholmske lagserie, f. eks. lokalitet M-6).

Bjergarten kaolin består først og fremmest af lermineralet kaolinit. Kaolinit kan dannes ved forvitring af kalifeldspat på følgende måde:



Lokalitet M-9: HOMANDSHALD

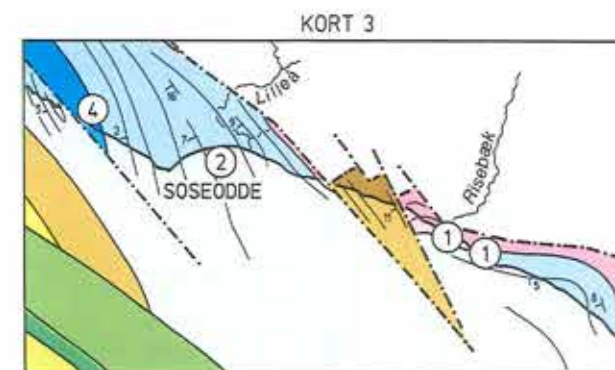
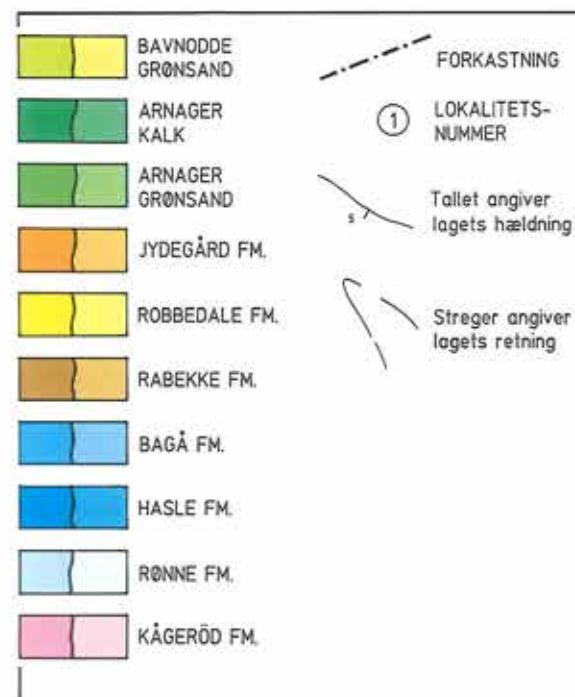
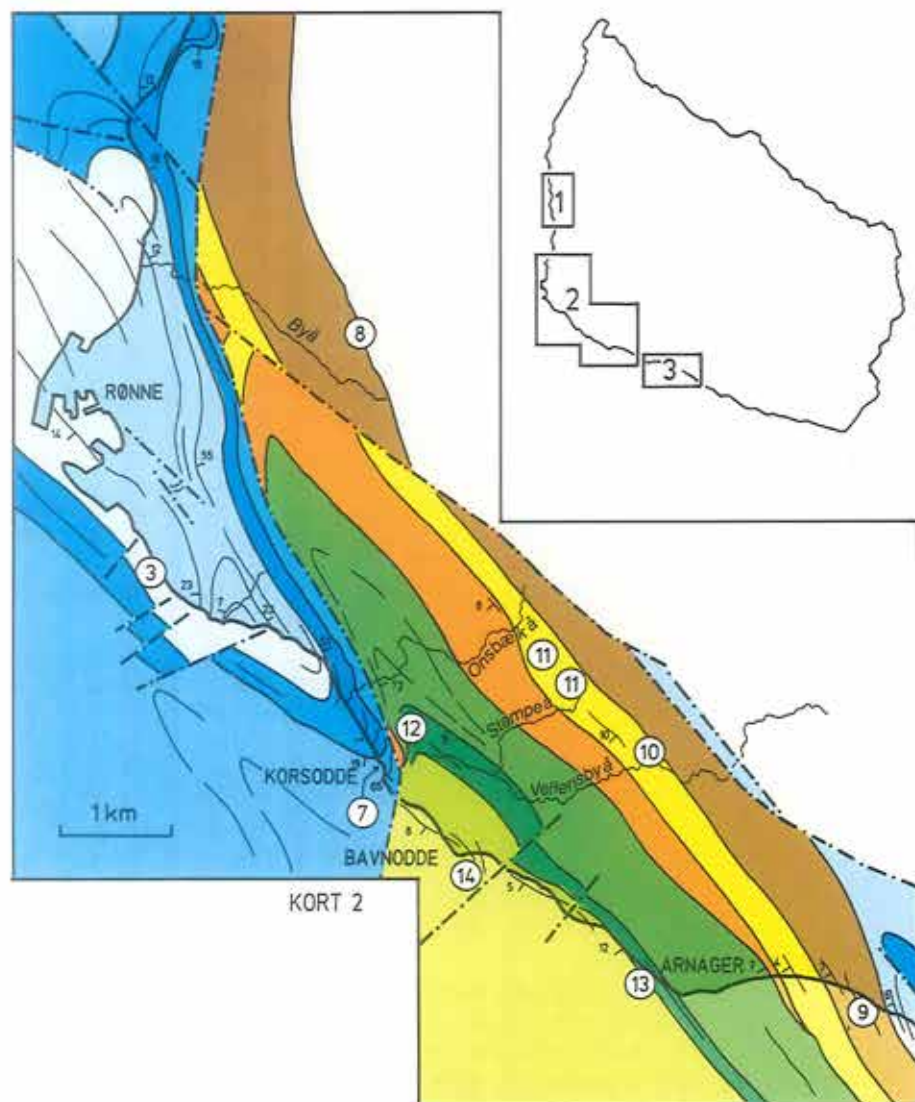
Grove sandsten og kulførende ler fra Nedre Kridt (Rabekke Formationen)

Fra Rønne køres 9.2 km ud af Søndre Landevej til en lille parkeringsplads med udsigt over Østersøen. En sti fører fra parkeringspladsen ned til stranden.

Mod øst ses et mindre klippeagtigt fremspring - Homandshald - bestående af en mørk, rødbrun sandsten sammenkittet af jernforbindelser, der har givet sandstenen sin farve. Den 20-30 m tykke sandsten er den nederste del af Rabekke Formationen. Sandstenen er stor-skala krydslejt og indeholder grove, kantede kvartskorn samt op til 15 cm store partier af omlejret kaolin. Kvantssandet og kaolinen blev med floder transporteret ud på en flodslette fra nærliggende forvitrede grundfjeldsområder.

Undersøgelser i farvandet ud for Homandshald viser, at flodløbene, hvori denne sandsten blev aflejret, har skåret sig dybt ned i de Nedre Jurassiske aflejringer fra Rønne Formationen.

Længere mod vest findes finere sand med små-skala krydslejringer, mindre kanaludfyldninger og enkelte rodhorisonter. Yderligere 100 m mod vest overlejres finsandet af ca. 40 m mørkt, kulholdigt ler med planterester (kviste og grene). Denne udvikling - med aftagende kornstørrelse oppefter - viser, at aflejringsmiljøet ændredes fra at være flodløb med kraftige strømme til at være stillestående søer eller laguner omgivet af vegetation.



Geologiske kort, der viser udbredelse og strukturelle forhold for de mesozoiske aflejringer på Bornholm. Mørke farvetoner er lag på land, lyse farvetoner angiver de tilsvarende lag i havbunden.