

Gyges Vængelsen  
7/5 1954

## De bornholmske Kaolinforekomsters Oprindelse og Alder.

AF

KAJ HANSEN.

Større Kaolinforekomster paa Bornholm, der har været Genstand for Udnyttelse, findes kun to Steder nemlig ved Grødby Aas Munding og Ø. f. Rønne.

Den første af disse opdagedes 1755. Et lille Stykke ovenfor Aaens Munding dannes Aalejets Bund af ca. 0,5 m mægtige Bænke af en hvid eller graa Kvartsit. Et Stykke højere oppe ad Aaen kan disse Sandstensbænke følges i venstre Bred til en Højde af 2 m og overlejres af hvide, sandede, kaolinitiske Lerlag. Dybere nede veksler Sandsten og Lag af hvidt kaolinholdigt Ler. Dengang Kaolinen herfra anvendtes til Brug for den kongelige Porcelainsfabrik konstaterede man Tilstedeværelsen af 9 Lag af hvidt Ler med en samlet Mægtighed af 0,85 m, adskilte ved Sandstensbænke. Udnyttelsen af denne Forekomst ophørte omkring 1815. Opad Aaen kan Sandstenen og Kaolinen følges saa langt som til Loftgaard, og i Læsaa er den truffet paa Aagaards og St. Munkegaards Grund<sup>1)</sup>.

En lignende Forekomst af kaolinholdige Lag kendes ogsaa fra Vellengsaa ovenfor Vellengsby og fra Salenebugten paa Bornholms Nordkyst.

Det andet større Kaolinleje, Ø. f. Rønne, opdagedes 1775 og udnyttes stadig. Det strækker sig som et smalt Bælte langs Randen af Grundfjeldet fra Rabekkeværket i Syd til Torneværket i Nord. Det er nærmere beskrevet af KAREN CALLISEN<sup>2)</sup>. Kaolinen ligger her paa primært Leje og er opstaaet ved en Omdannelse af Rønne Graniten. Om dette har der altid hersket Enighed, derimod har der i Tidens Løb hersket mere delte Meninger om de Kræfter, der har været medvirkende ved denne Omdannelse. Dette gælder ikke blot

<sup>1)</sup> D. G. U. I. Række Nr. 13, 1916.

<sup>2)</sup> D. G. U. II. Række Nr. 50, 1934.

den bornholmske Kaolin, men om Kaoliniseringsprocessen som Helhed. To Opfattelser har her staaet overfor hinanden. Den ene, der først fremsattes af LEOPOLD v. BUCH og udformedes videre af FORCHHAMMER og senere af RÖSLER, gaar ud paa, at Kaolinen er dannet ved Indvirkning af varme Opløsninger eller Dampe, der var trængt op nedfra og havde virket sønderdelende paa Feldspaten i Graniten.

Den anden Opfattelse, der særlig tager Sigte paa Kaolinforekomster med stor horizontal Udbredelse, gaar ud paa, at Kaolinen er dannet ved en Forvittringsproces, der skyldes Indvirkning af nedrivende humusholdigt Vand fra Moser og Sumpen. Grundlaget for denne Opfattelse er det, at man flere Steder i Mellemeuropa fandt Kaolinlejer overlejret af tertiære Brunkullag, og man saa deri en Sammenhæng mellem Kaolinen og Brunkullene. En Vanskelighed ved Opretholdelsen af denne Opfattelse ligger deri, at der flere Steder mellem Brunkullene og Kaolinen findes Lerlag, vanskeligt gennemtrængelige for nedrivende Vand, og andre Steder kan det vises, at Kaolinen var færdigdannet allerede i Kridtperioden, altsaa længe før Brunkullenes Tid.

Endelig tog i 1926 HARRASSOWITZ Kaoliniseringspørgsmaalet op paa en hel ny Basis. HARRASSOWITZ's Opfattelse rummer saa mange interessante Momenter, at den fortjener at gennemgaas noget nøjere. Medens tidligere Undersøgelser overvejende lagde Vægten paa Kaolins Mineralindhold, benytter HARRASSOWITZ de kemiske Analyser, dels af den friske, uforvitrede Moderbjergart, dels af dens Forvittringsprodukt som Udgangspunkt for sine Overvejelser<sup>1)</sup> og opnaar derved at faa et ganske anderledes Indblik i de under Forvitringen forløbende kemiske Processer, end man tidligere har haft.

Han begynder med at opstille følgende grundlæggende Mineral- og Bjergartsbegreber<sup>2)</sup>.

Kaolin er det krystallinske Mineral, opl. i  $H_2SO_4$ , uopl. i  $HCl$ , med den kemiske Sammensætning  $Al_2O_3$ ,  $2SiO_2$ ,  $2H_2O$ . Det dannes ved Forvitring af Alkalifeldspater.

Kaolinit er en Bjergart, der overvejende bestaar af Kaolin.

Allophan er saltsyreopløselige, kolloide, ikke makroskopisk krystallinsk kendte, vandholdige Lerjordsilikater af vekslende Sammensætning.

<sup>1)</sup> HARRASSOWITZ H.: Laterit. Forsch. d. Geol. u. Pal. herausg. v. W. Soergel, Berlin 1926.

<sup>2)</sup> l. c. p. 255—262.

Allophanit er en Bjergart, der overvejende bestaar af Allophan. Kaolinit og Allophanit kaldes med et fælles Navn Siallit.

Bauxit er en Bjergart, der overvejende bestaar af kolloidal Lerjordmonohydrat ( $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$ ).

Laterit er en Bjergart, der overvejende bestaar af krystallinsk Lerjordtrihydrat ( $\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{H}_2\text{O}$ ).

Allit er en Bjergart, der overvejende bestaar af Lerjordhydrater. (Bauxit og Laterit.)

Ved Gennemgang af en Række kemiske Analyser af forskellige Kaolinaflejringer og deres friske Moderbjergart vises det, at der ved Kaoliniseringsprocessen foregaar en Fjernelse af Alkalier og af Ca. og Mg., samt af en Del af Kiselsyren, medens der optages Vand. Af disse Foreteelser er det særlig Afgang af Kiselsyre (Entkieselung), der er karakteristisk for Kaoliniseringsprocessen<sup>1</sup>). Samtidig med Kaolinen dannes der saltsyreopløselige Allophaner og den samlede Proces, der altsaa fører til Dannelse af vandholdige Lerjordsilikater sammenfattes under Navnet Siallittisering, og det derved dannede Forvittringsprodukt kaldes Siallit. Kaolinen er saaledes en Bestanddel af Sialliten.

For tydeligere at faa denne Stofvandring frem danner HARRASSOWITZ nu nogle Forvittringskvotienter nemlig:

$$ki = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$$

$$ba = \frac{\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3}$$

$$K = \frac{\text{ki. forvitret Bjergart}}{\text{ki. frisk}} \quad \text{og paa samme Maade} \quad B = \frac{\text{ba. frisk Bjergart}}{\text{ba. forvitret}}$$

$\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$  etc. betyder Molekularprocenterne.

Endelig deler HARRASSOWITZ Siallittens Mineralindhold i to Grupper:

1) Mineraler, der stammer fra Moderbjergarten og ikke er angrebet af Forvittringsprocessen. Hertil hører Kvarts, Sillimanit, Glimmer, Klorit, Titanit, Magnetjernsten, Titanjern o. a.

2) Mineraler, der maa opfattes som Nydannelser. Hertil hører foruden de egentlige Siallitmineraler (Kaolin og Allophan), Pyrit, Markasit, Jernspat og Brunjernsten<sup>2</sup>).

<sup>1</sup>) l. c. p. 258.

<sup>2</sup>) l. c. p. 284.

Af denne sidste Gruppens Mineraler dannes de egentlige Siallitminerale i et alkalisk reagerende Medium, medens Markasit, og Jernspat dannes i et reducerende og surt reagerende Medium<sup>1)</sup>, hvilket tilsyneladende fører til et Modsætningsforhold.

Efter saaledes at have klarlagt de for Kaolindannelsen karakteristiske kemiske Processer, (den stærke Afgang af Kiselsyre) og Betingelserne for, at Kaoliniseringsprocessen overhovedet kan komme i Stand (alkalisk reagerende Medium), gennemgaar HARRASSOWITZ de forskellige Forvittringsprocesser i Naturen, og begynder med Podsolforvittringen, der skyldes Indvirkning af sure Humusstoffer.

Paa Grundlag af Analyser af saavel friske Bjergarter som de af disse dannede Podsoleringsprodukter fastslaar HARRASSOWITZ ved Hjælp af sine Forvittringskvotienter med stor Tydelighed, at Podsolering ved sur Humus ikke fører til Kaolindannelse, idet

Ved Podsoleringen	Ved Kaolineringen
stiger ki.	falder ki.
falder ba svagt	— ba meget stærkt
er K større end l.	er K mindre end l.
er B lidt mindre end l.	er B meget mindre end l <sup>2)</sup> .

Derefter vises det, at Mosevand som Forvittringsagens virker nøjagtig paa samme Maade som Podsoleringen, og altsaa heller ikke bevirker en Kaolinisering af den underliggende Klippe<sup>3)</sup>.

Derimod finder HARRASSOWITZ i Lateritforvittringen en Forvittringsform, hvor de kemiske Processer forløber paa samme Maade som ved Kaolineringen. (Afgang af SiO<sub>2</sub> og stærk Aftagen af Baserne). Et fuldstændigt Lateritprofil har følgende Udseende

Udfældningszone, med Jernskorpe eller Rødjord.  
Spaltnings- og Sønderdelingszone.  
Frisk Bjergart.

Det er i Spaltningszonen, at Kaolinen dannes<sup>4)</sup>. Sammen med Kaolinen dannes der ogsaa Allophaner, altsaa en Siallitisering. Det vises yderligere, at Siallitten kan optræde selvstændig uden dækkende Udfældningszone saavel i Lateritomraaderne som i aride Omraader, dog dannes der i sidstnævnte Tilfælde aldrig mægtigere

<sup>1)</sup> l. c. p. 288—290.

<sup>2)</sup> l. c. p. 312.

<sup>3)</sup> l. c. p. 315.

<sup>4)</sup> l. c. p. 355.

Siallitforekomster, idet den stærke mekaniske Sønderdeling, Erosion og Materialtransport i aride Egne modvirker, at de fine Forvittringsprodukter bliver liggende paa det Sted, hvor de er dannede. »Man kan saaledes« skriver HARRASSOWITZ: »rolig betragte fossile Kaolinforekomster som Lateriter«<sup>1)</sup>.

Endelig forklares Tilstedeværelsen af Markasit og Jernspat i nogle Kaolinforekomster, hvor deres Tilstedeværelse var ret gaadefuldt, idet disse Mineraller jo dannes under andre Forhold end Sialliten, ved at Lateriten efter sin Udvikling er blevet overlejret af Moser og Kullag og derved er blevet forandret i sin Karakter, idet det nedsivende Vand, der indeholder sur Humus har bevirket en Podsolering af Lateriten<sup>2)</sup>. En saadan senere af sur Humus omdannet Laterit kalder HARRASSOWITZ en degraderet Laterit<sup>3)</sup>.

Som Eksempel paa en saadan degraderet Laterit nævnes en Kaolinforekomst ved Teplitz i Bøhmen. Denne Kaolin overlejres af graat saakaldt Flintton og dette atter af Sand og Brunkul. Det graa Flintton betragter HARRASSOWITZ nu som degraderet Laterit, idet den oprindelige Udfældningszones røde Jernilte under Indvirken af det humusholdige Vand fra de Sumpe, hvor Brunkulplanterne voksede, er blevet reduceret til sorte Ferroforbindelser. Degraderingen er saaledes her ikke naaet ned til Kaolinen.

Hele HARRASSOWITZ's store Arbejde gaar saaledes ud paa at vise, at Kaolinen ikke kan dannes hverken ved Podsolering eller ved Indvirkning af humusholdigt Mosevand, men at den dannes som et Led i Lateritforvitringen. Ofte indtræder der imidlertid senere ved Overlejring af Moser og Kullag en Degradering, der udvisker den oprindelige lateritiske Karakter og forklarer Tilstedeværelsen af visse Mineraller som Markasit og Jernspat.

Det er derfor med nogen Forundring, at man hos KAREN CALLISEN ser dette fremstillet paa den Maade, at HARRASSOWITZ antager, at de exogene Kaoliner er opstaaet af Laterit, der ved senere Overlejring af Moser og Kul er blevet sønderdelt<sup>4)</sup>.

KAREN CALLISEN tillægger her HARRASSOWITZ en Anskuelse, som han i Virkeligheden bekæmper paa det mest energiske, idet han Gang paa Gang fremhæver, at nedsivende Mosevand ikke fører til nogen Kaolindannelse.

<sup>1)</sup> l. c. p. 364.

<sup>2)</sup> l. c. p. 391—392.

<sup>3)</sup> l. c. p. 394.

<sup>4)</sup> l. c. p. 241.

Hendes Fremstilling maa derfor siges at være i højeste Grad fejlagtig og virker vildledende for Forstaaelsen af Kaoliniseringsprocessens Natur, og ydermere byder den en Hindring for en rigtig Bedømmelse af Kaolinens Alder.

HARRASSOWITZ's Kaolinteorier synes at bygge paa et saa solidt Grundlag, at den maa prøves for de bornholmske Kaolinforekomster. Hos KAREN CALLISEN finder man følgende Analyser

	Rønne Granit.	Kaolin.
SiO <sub>2</sub>	64,49	64,99
TiO <sub>2</sub>	1,22	1,96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,67	23,67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,63	0,35
FeO	4,42	
MnO	0,14	
MgO	1,38	0,02
CaO	3,12	0,27
Na <sub>2</sub> O	3,57	1,18
K <sub>2</sub> O	4,40	0,39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,58	0,05
H <sub>2</sub> O over 110°	1,11	
H <sub>2</sub> O under 110°	0,46	
Glødetab.		7,97

Ved umiddelbar Betragtning synes Kiselsyreindholdet i Kaolinen at være større end i Graniten, og der skulde saaledes have fundet en Forøgelse af Kiselsyreindholdet Sted. Dette beror imidlertid kun paa, at Granitens Kvartsindhold ikke berøres af Forvittringsprocessen, men gaar uforandret over i Kaolinen. Danner man derimod HARRASSOWITZ's Forvittringskvotienter bliver Billedet et andet, idet man faar

$$\begin{array}{llll} \text{Granit, } ki = 8,02. & K = 0,57. & ba = 1,19. & B = 0,042. \\ \text{Kaolin, } ki = 4,66. & & ba = 0,05. & \end{array}$$

Her ses tydeligt Aftagen af Kiselsyre og især af Baserne ganske som i Lateriternes Spaltningszone, og at der ikke kan være tale om Podsolering eller Indvirken af Mosevand, ses tydeligt ved Sammenligning med Skemaet Side 536.

Tilbage bliver da at undersøge, om der foreligger noget Tegn paa senere Degradering. Tegnet herpaa skulde være Tilstedeværelsen af Markasit og Jernspat, samt en almindelig Reduktion af røde Ferriil-

ter til sorte Ferroforbindelser. Markasit omtales ikke af CALLISEN saa man kan vel gaa ud fra, at det ikke findes. Jernspat forekommer derimod efter hendes Opgivelse, men temmelig sparsomt.

I 1939 var der udmærket Lejlighed til at studere Kaolinen og de over den liggende Wealdenaflejringer i Buskeværkets Grav. Kaolinen indeholder overalt i sin øverste Del talrige Pletter af røde Jernilter, hvilket med stor Tydelighed viser, at der ikke har fundet nogen senere Degradering Sted. Over Kaolinen kommer først Sand og derefter grønligbrunt Ler, ogsaa med røde Pletter af Jernilter. Dette Ler repræsenterer saaledes heller ikke noget degraderet Led af et oprindeligt Lateritprofil, men er væsentlig yngre end Kaolinen.

Kaolinen i den anden større Kaolinforekomst ved Grødby Aas Munding ligger aabenbart paa sekundært Leje. Den ret regelmæssige Vekslen mellem Sandstensbænke og Lerlag tyder paa, at Kaolinen her er skyllet ud i et Søbækken af Vandløb med en konstant rytmisk Variation i Vandføringen.

For Bedømmelsen af Kaolinen Alder byder der sig den Vanskelighed, at den er fossilfri, saa andre Metoder maa derfor tages i Anvendelse. Kaolinen ved Rønne overlejreres som før omtalt af Sandlag, der af MALLING henføres til Wealden. Selv hviler Kaolinen paa Rønne Graniten og er altsaa opstaaet ved en lateritisk Forvitring af denne. Da Grundfjeldets Forvitring under den kontinentale eokambriske Nexø Sandsten forløber i en helt andet Retning, kan det antages, at Kaolinen er yngre end Kambro-Siluret. Det gælder derfor om at undersøge, hvornaar der indenfor Tidsrummet mellem Yngste Silur og Ældste Kridt i det sydlige Østersøomraade har hersket saadanne geografiske Forhold, at de begunstigede en Lateritforvitring.

KAREN CALLISEN henfører Kaoliniseringen til Perm eller Trias, idet Klimaforholdene i disse Perioder skulde være gunstige for Kaolindannelse<sup>1)</sup>. Dette er dog ganske forkert. I Perm og Trias strækker der sig et Bælte af ørkenagtige Aflejringer med røde Sandsten, Salt og Gipslag, fra de britiske Øer gennem Nordtyskland og ind i Baltikum og Rusland og som det er nævnt ovenfor er Ørkner ugunstige for Dannelsen af mægtigere Kaolinlejer. Fossile Lateriter forekommer i Trias først saa langt sydpaa som i Østadria. Endnu værre bliver det, naar KAREN CALLISEN vil have Kaolinen dannet af Moser i et mildt og fugtigt Klima, altsaa et Klima, som det der i Nutiden findes i Nordvesteuropa. Der findes ikke noget som helst

<sup>1)</sup> D. G. U. II. Række Nr. 50, Side 242.

Tegn paa, at saadanne Klimaforhold skulde have hersket i Østersø-omraadet i Perm og Triastid. I øvrigt er begge Dele jo forkert. Kaolinen dannes, som det ovenfor er udviklet, ikke under Moser, og heller ikke i et mildt og fugtigt Klima. Kaolinen er et Led i Lateritforvitringen, og denne er en tropisk Forvitningsproces, karakteristisk for Savanneomraaderne med deres regelmæssige Vekslen mellem Regntid og Tørtid.

Det er nemlig ikke saa meget Temperaturforholdene, der er bestemmende for Forvitringens Forløb som den regelmæssige Rytme i Nedbørsforholdene. HARRASSOWITZ skriver herom<sup>1)</sup>: »I Tørtiden foraarsager alkaliske Opløsninger og lav Grundvandstand Afgang af Baser og Kiselsyre, saa der dannes Siallit og Allit. I Regntiden udvikles der organiske Syrer af de døde Vegetationsrester, og samtidig bevirker den høje Grundvandsstand en Vandring af Fe., Si. og Al. til Overfladen for her at udskilles«. Senere skriver han<sup>2)</sup>, at denne Vekslen mellem Tørtid og Regntid betinger, at der i Lateritprofilen samtidig kan foregaa Processer, der foraarsager Afgang af Kiselsyre og Baser, og tillige Udfældning af Jernet, Processer, der ogsaa kan forekomme under Forhold med henholdsvis fugtigt eller tørt Klima, men her hver for sig.

For at bestemme Kaolinenes Alder maa man altsaa undersøge i hvilken geologisk Periode i Tidsrummet mellem Silur og Kridt den sydlige Østersø har haft saadanne Klimaforhold, som dem, der i Nutiden findes i Tropezonens Savanneregion.

Gennemgaaer man de palæoklimatiske Kort i Köppen og Wegener: die Klimate d. geol. Vorzeit, viser det sig, at kun i Karbonperioden ligger Østersøomraadet mellem Ækvator og Ørkenomraaderne, omkring 30° N. B. altsaa i det klimatiske Bælte, hvor vi i Nutiden træffer Lateritforvitringen. Dette stemmer ogsaa med HARRASSOWITZ's Fordeling af de fossile Lateriter nemlig saaledes<sup>3)</sup>

Jura.	Trias.	Perm.	Karbon.
Sardinien	Tatra?	Bøhmen?	Tyskland
	Ostadria	Sachsen?	Bøhmen
			Skotland
			Rusland
			Nordamerika
			Kina.

<sup>1)</sup> l. c. p. 365.

<sup>2)</sup> l. c. p. 381.

<sup>3)</sup> l. c. p. 407.



Det vil heraf ses, at Karbonperioden er den eneste, hvorfra der findes sikkert paaviste fossile Lateriter paa Breddegrader, der ligger baade umiddelbart Syd (Tyskland) og Nord (Skotland) for Østersøegnen.

Kaolinen ved Rønne maa derfor, saafremt MALLING's Datering af Sandlagene over den til Wealden er rigtig, efter alt at dømme være dannet i Karbonperioden.

At man i Karbonperioden her i Landet har haft Klimaforhold, der begunstigede en Lateritforvitring sandsynliggøres yderligere ved, at man i Kågerödformationen i Skåne, der henføres til Tidsrummet Perm—Keuper foruden aride Elementer tillige finder Elementer fra de forskellige Dele af Lateritprofilet. Paa det tredie nordiske Geologmøde i 1938 præsenteredes Deltagerne i Skåne-ekskursionen for en Borekerne ved Skromberga, der særdeles smukt illustrerede dette. Ogsaa de paa Bornholms Sydkyst forekommende røde Lerlag, der ligger umiddelbart under Jûradannelserne og maa betragtes som en Rødslik, stammende fra den røde Jernskorpe hos en Laterit peger i samme Retning.

Den anden Kaolinforekomst paa Bornholm ved Mundingen af Læsaa og Grødby Aa maa naturligvis være noget yngre end den ved Rønne, men noget nærmere om dens Alder kan ikke siges.