

Nye boringer i Nexø-sandstenen ved Aakirkeby

New borings in the Nexø sandstone at Aakirkeby

af

GUNNAR LARSEN

Abstract

Rock samples from 8 borings drilled into the lower Cambrian Nexø sandstone at Aakirkeby have been investigated macroscopically, and the drilled sections have been subdivided on the basis of lithology as shown on plate I.

A fault trending approximately N-S as suggested by a previous resistivity survey has been located. Kaolinization of the basement gneiss-granite and bleaching of the sandstone observed in wells close to the fault have been related to the fault.

I foråret 1954 blev der af DANMARKS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE'S BOREARKIV foretaget geoelektriske undersøgelser for AAKIRKEBY VANDVÆRK i egnen NØ for Aakirkeby.

Til brug ved vurderingen af de geoelektriske målinger blev det af TH. SORGENFREI overdraget mig at gennemgå prøverne fra boringer udført i undersøgelsesterrænet før og efter de geoelektriske opmålinger.

Med D.G.U.'s tilladelse offentliggøres resultaterne hermed.

I visse retninger skulle de supplere vor viden om Nexø-sandstenen, som sidst har været behandlet af KAJ HANSEN og HELGE GRY i 1936.

A. Boreprofilerne

Undersøgelsen omfatter ialt 8 boringer, der i D.G.U.'s BOREARKIV har arkivnumrene 247.91, 247.92, 247.115, 247.116, 247.118 og 247.119.a—c. Boringernes beliggenhed er angivet på kortet fig. 1 (s. 21). Boringerne 247.119.a og b er beliggende få m fra 247.119.c.

Boringerne er udført som stødboring med mejsel. Prøvematerialet er for største delen skyllet op. Kun i enkelte tilfælde foreligger der kærneprøver. Man kan derfor ikke altid gå ud fra, at en prøves udseende svarer fuldstændigt til bjergarten i den angivne dybde.

Fra boringerne foreligger der ca. 170 prøver. Af dette prøvemateriale er der foretaget en makroskopisk undersøgelse, der i vid udstrækning er suppleret med iagttagelser i binokulært mikroskop. Ved den anvendte metode har det ikke været muligt at angive bjergarternes kvantitative

mineralindhold. Derfor er sedimenterne i beskrivelsen benævnt efter hovedkornstørrelse — således er betegnelsen sandsten anvendt også hvor en kvantitativ mineralundersøgelse sandsynligvis vil vise, at betegnelsen arkose er rigtigere.

Da de udarbejdede prøvebeskrivelser er ret omfattende, er der i det følgende af hensyn til plads og overskuelighed kun gengivet en sammenfatning heraf. I denne sammenfatning findes anført: kote i m, dybde i m, antal prøver, beskrivelse og korrelation med KAJ HANSEN's sedimenttyper.

Aakirkeby vandværk, boring 1. 1939. Arkiv nr. 247.91.

- Udført af borefirmaet K. B. Larsen, København.
 + 67,0. 0,0—3,2. 3: Moræneler, nederst stærkt sandet.
 + 63,8. 3,2—12,35. 5: Sandsten, overvejende finkornet, m. enkelte større korn, svagt rødlig m. næsten hvide partier; enkelte lag af mørk brunviolet, leret sandsten; enkelte lag af grønlig, skifret finsandsten.
 Synes overvejende at svare til KAJ HANSEN's type II (KAJ HANSEN, 1936, s. 11).
 + 54,65. 12,35—43,95. 17: Finsandsten og sandsten, leret, overvejende finkornet, stedvis konglomeratisk (30,95 m; 36,80—38,45 m), mørk brunviolet; m. lag af grønlig, skifret finsandsten, der især er fremtrædende i afsnittet ca. 19—ca. 31 m.
 Synes at svare til KAJ HANSEN's type I (KAJ HANSEN, 1936, s. 9).
 + 23,05. 43,95—61,85. 11: Granit, finkornet, sribet, m. brunligrød glimmer (sandsynligvis forvitret biotit).

Aakirkeby vandværk, boring 2. 1939. Arkiv nr. 247.92.

- Udført af borefirmaet K. B. Larsen, København.
 + 64,0. 0,0—0,5: Muld.
 + 63,5. 0,5—2,3: Moræneler.
 + 61,7. 2,3—14,95. 6: Finsandsten og sandsten, leret, overvejende finkornet, m. en del grovere korn, mørk brunviolet; m. enkelte, spredte lag af brunlig og grålig til grønlig, skifret finsandsten.
 Synes at svare til KAJ HANSEN's type I.
 + 49,05. 14,95—37,0. 8: Granit, finkornet, m. brunligrød glimmer (sandsynligvis forvitret biotit).

Aakirkeby vandværk, boring 1. 1954. Arkiv nr. 247.115.

- Udført af borefirmaet Brødrene Anker, Hasle.
 + 64,0. 0—1,0: Muld.
 + 63,0. 1,0—2,2: Moræne.
 + 61,8. 2,2—33,0. 22 prøver fra 15 dybder: Granit, overvejende finkornet, nederst (32,5 m) pegmatitisk, undertiden hård og ret frisk, undertiden ret blød og mere eller mindre kaoliniseret. Den kaoliniserede og den mere friske granit fordeler sig tilsyneladende uregelmæssigt profilet igennem. Graniten er stedvis sprækket og breccieret. I tilknytning hertil optræder der gange af overvejende grålig, tæt til finkornet kvartsit og pyrit. Pyriten forekommer dels som korn og kornede masser i kvartsit og granit, dels som større brudstykker og knolde med konvekse, »pudeagtige» overflader, radialstrålet opbygning og sorte årer forløbende stort set parallelt med overfladerne.
Særlige bemærkninger.
 ca. 3 m: Uenskornt, kaolinholdigt sand. Granit ikke påvist, men prøven ligner visse kaolinrige partier i kærneprøve 14,0 m.
 7—7,3 m (pr. mrk. 5704): Ler, sandet, mørkegråt, pyritholdigt.
 14,0 m (kærneprøve): Stedvis jævn overgang mellem blød, kaoliniseret granit og kaolinholdigt materiale uden granitstruktur, stedvis findes den kaoliniserede granit som kantede, velafgrænsede partier.

17,5 m: Ler, sandet, m. spredte gruskorn, gråt-hvidligt. Granit ikke påvist.
 18,65 (kærneprøve): I kaoliniseret granit ses vertikale kvartssitgange, med hulrum indeholdende kvartskrystaller.
 25—25,5 m: Overvejende ret ren kaolin.
 32,5 m: Breccieret pegmatit med kvartssitisk mellemmasse. Feldspaten er stedvis frisk, stedvis kaoliniseret.

Aakirkeby vandværk. Arkiv nr. 247.118.

Boring ved punkt 1 efter D.G.U.'s geoelektriske undersøgelser. 1954.

Udført af borefirmaet Brødrene Anker, Hasle.

+64,0. 0,0—0,5: Muld.

+63,5. 0,5—7,5: Moræneler.

+56,5. 7,5—16,5. 4: Sandsten, fin- mellemkornet, stedvis leret, dels lys grålig til hvidliggrå, dels grålig m. svagt rødlig tone.

Synes at svare til KAJ HANSEN's type III (KAJ HANSEN 1936, s. 13) og type II.
 +47,5. 16,5—39,0. 12: Finsandsten og sandsten, fin- til mellemkornet, m. enkelte grove korn, vekslende mørk brunviolet, grålig m. svag rødlig tone og hvidliggrå; m. lag af grøn og brun lerskifer og skifret finsandsten, der især er hyppige fra 19,8 til 25,0 m.

Synes at svare til KAJ HANSEN's typer I, II og III.

+25,0. 39,0—49,3. 4: Finsandsten og sandsten, overvejende finkornet, leret, nederst konglomeratisk; m. lag af brun skifret finsandsten.

Fra 49 m (~+15 m) optræder der ifølge boremesteren granit. Graniten er imidlertid ikke iagttaget i prøverne.

Synes at svare til KAJ HANSEN's type I.

Aakirkeby vandværk. Arkiv nr. 247.118.

Boring ved punkt 2 efter D.G.U.'s geoelektriske undersøgelser. 1954.

Udført af borefirmaet Brødrene Anker, Hasle.

+64,0. 0,0—0,4: Muld.

+63,6. 0,4—1,75: Moræneler.

+62,25. 1,75—18,0. 11: Sandsten, fin- til mellemkornet, m. enkelte større korn, stedvis leret, hvidliggrå, gulliggrå og grå; m. lag af grønlig, skifret finsandsten, der især findes ved 10—12 m.

Synes at svare til KAJ HANSEN's typer II og III.

+46,0. 18,0—40,0. 11: Finsandsten og sandsten, fin- til mellemkornet, m. enkelte grovere korn, overvejende lys rødlig m. underordnede mørke brunviolette og ved ca. 19 m hvidlige farver; m. lag af grøn og brun, lerskifer og skifret finsandsten, der er særlig hyppig ved 33—37 m.

Synes at svare til KAJ HANSEN's typer II, I og III?

+24,0. 40,0—65,8. 9: Finsandsten og sandsten, overvejende finkornet, m. enkelte grovere korn, leret, konglomeratisk nederst (fra 57 m), mørk brunviolet; over konglomeratzonen forekommer lag af grønlig og brunlig, skifret finsandsten.

Fra 63,5 m (+0,5 m) optræder der ifølge boremesteren granit. Graniten er ikke iagttaget i prøverne.

Synes at svare til KAJ HANSEN's type I.

Aakirkeby vandværk. Arkiv nr. 247.119.a.

Boring a ved punkt 3 efter D.G.U.'s geoelektriske undersøgelser. 1954.

Udført af borefirmaet Brødrene Anker, Hasle.

+66,0. 0—1,0: Muld.

+65,0. 1,0—4,0: Moræneler.

+62,0. 1,0—21,5. 6: Sandsten, fin- til mellemkornet m. enkelte grovere korn, stedvis leret, lysegrå til grå, stedvis m. svagt rødlig tone; m. lag af grønlig, skifret finsandsten i den nedre del.

Synes overvejende at svare til KAJ HANSEN's typer II og III.

Aakirkeby vandværk. Arkiv nr. 247.119.b.

Boring b ved punkt 3 efter D.G.U.'s geoelektriske undersøgelser. 1954.

Udført af borefirmaet Brødrene Anker, Hasle.

+66,0. 0,0—1,0: Muld.

+65,0. 1,0—4,0. 1: Moræneler.

+62,0. 4,0—16,8. 4: Sandsten, fin- til mellemkornet, m. enkelte grovere korn, stedvis leret, lysegrå til grå, stedvis m. svag rødlig tone; ved 14 m lag af grå til grønlig, skifret finsandsten.

Synes overvejende at svare til KAJ HANSEN's typer II og III.

Aakirkeby vandværk. Arkiv nr. 247.119.c.

Boring c ved punkt 3 efter D.G.U.'s geoelektriske undersøgelser. 1954—55.

Udført af borefirmaet Brødrene Anker, Hasle.

+66,0. 0,0—0,7: Muld.

+65,3. 0,7—3,7. 2: Moræneler.

+62,3. 3,7—20,5. 9: Sandsten, fin- til mellemkornet, stedvis grovkornet, stedvis leret, lysegrå til rødliggrå, m. lag af grønlig, skifret finsandsten (især ca. 12—ca. 15 m).

Synes overvejende at svare til KAJ HANSEN's typer II og III.

+45,5. 20,5—38,0. 10: Finsandsten og sandsten, fin- til mellemkornet, stedvis grovkornet (især ved 21 m), nederst rødlig, opefter rødliggrå til grå; m. underordnede lag af finsandsten, leret, mørk brunviolet; m. lag af grøn lerskifer og skifrede finsandsten.

Synes overvejende at svare til KAJ HANSEN's type II, med indslag af type I.

+28,0. 38,0—75,2. 13: Finsandsten og sandsten, overvejende finkornet, leret, nedre del fra ca. 54 m gruset, mørkt brunviolet, m. lag af overvejende grønlig, skifret finsandsten (især 44—47 m); i afsnittet 57,0—60,2 m træffes blålige, grønsorte, gulgrønne og gulgrå farver, der muligvis hidrører fra forvitret diabas; under 64 m, optræder bl. a. finsandet lersten, rødbrun m. underordnede grønlig farver; under ca. 70 m findes veludviklede kvartskrystaller.

Synes at svare til KAJ HANSEN's type I.

÷9,2. 75,2. 1: Granit, finkornet, grålig, m. rødbrun glimmer (formodentlig forvitret biotit).

B. Nexø-sandstenen og »Aaker-formationen«

Tidligere diskussion

Den geologiske udvikling af sandstenen ved Aakirkeby har været diskuteret stærkt, idet meget divergerende meninger er kommet til orde. KAJ HANSEN og HELGE GRY har i 1936 gjort følgende opfattelser gældende.

KAJ HANSEN opdeler Nexø-sandstenen i 7 petrografiske typer. Heraf findes hovedsagelig 2: type I og type III, på Aakirkeby-blokken, hvor de fordeler sig som angivet på kortet fig. 1 (s. 21). Type III overlejrer type I.

KAJ HANSEN finder, at de to typer afviger fra hinanden på følgende væsentlige punkter:

Type I	Type III
Rød farve (indhold af ferrioxyd).	Rødfarvning og jern mangler.
Betydeligt indhold af frisk, rødlig feldspat.	Feldspat næsten altid forvitret og hvid.
Porer og hulrum udfyldt af siallitisk substans.	Siallitisk materiale spiller en ringe rolle. Hulrum udfyldt af kiseltsyre.
Grove korn: kvarts, feldspat og granitfragmenter.	Grove korn: kvarts og metamorfoseret kvartsit.
Oftest løs og lidet forkislet.	Oftest hård og stærkt forkislet.

På grund af farveforskellen mener KAJ HANSEN at de to typer er dannet under vidt forskellige naturforhold, idet type I's farve er fremkommet som følge af rødforvitring i aride eller semiaride egne, hvor mekanisk disintegration dominerede, og hvor jernet afsattes på stedet, medens type III er præget af blegningsforvitring, der må have fundet sted i humide omgivelser, hvor et betydeligt plantedække har produceret humusstoffer, som har hindret jernets udskillelse.

Da den kambriske landoverflade øjensynlig ikke har været plantedækket, har den sandsynligvis haft ørkenkarakter. Type I passer udmærket ind i dette billede. Det gør type III derimod ikke. KAJ HANSEN mener derfor, den er dannet betydeligt senere end type I.

Ved studier af lejringsforholdene finder KAJ HANSEN, at der er en jævn overgang mellem de to typer. Dette forklares ved at blegningsforvitringen, da den satte ind, også påvirkede de tidligere aflejringer. — Som nævnt var forekomsten af metamorferet kvartsit karakteristisk for type III i modsætning til type I. KAJ HANSEN kender ikke dennes hjemsted, men da den fortrinsvis optræder i Aakirkeby-egnen, antager han, den hører hjemme i Egby-forkastningen, da sådan kvartsit netop må forventes at være dannet i forkastningsstrøg. — KAJ HANSEN anser det herefter for muligt, at type III er yngre end Egby-forkastningen, d.v.s. i hvert fald post-silurisk. Da denne forkastning betragtes som et led i forkastningsstrøget, som går fra Oslo-området over Skåne til Bornholm, og som i Sverige og Norge er dateret til Perm, antager KAJ HANSEN, at type III er yngre end Perm eller af permisk alder.

Uden for Aakirkeby-blokken træffer KAJ HANSEN bl. a. flg. forhold:

Aaker Smålyng: Hvid kvartsit (VI)

Blågrå arkose (IV)

Sort kvartsit (VII)

Vest for Bauneklint. Lok. 12: Hvid arkose (III)

Svagt rødlig arkose (II)

Forkislet, rødviolet arkose

Lok. 13: Hvid arkose (III)

Ginghamsten (V)

På grund af ovennævnte: blegningsforvitring, petrografi og lejringsforhold udskiller KAJ HANSEN fra Nexø-sandstenen typerne III og IV og henfører dem sammen med Vellengsby-sandstenen, kaolinsandstenen fra Grødbyå og Læså og sandstenen fra Salenebugten til en »Aaker-formation«, der i hvert fald er post-silurisk, og som muligvis svarer til Skånes Kågerød-formation.

Med hensyn til placeringen af »Aaker-formationens« bjergarter i lagserien når HELGE GRV til en anden opfattelse.

GRV foretog en tungmineralanalyse af bjergarterne: type II, type III, type IV, type VI samt Vellengsby-sandstenen, Grødby-sandstenen og grus med kaolin fra Julegård. De to sidste, der er sikkert yngre end Nexø-sandstenen, har et mineralindhold, der afviger afgørende fra de øvrige ved

at indeholde elementer, der må stamme fra egne uden for Bornholm. De øvrige bjergarters mineralindhold er praktisk taget ens, og der forekommer ikke nævneværdige bestanddele, som ikke er fundet i de bornholmske graniter. Tungmineralanalysen tyder altså på, at type III og type IV hører til Nexø-sandstenen.

Ved studier af petrografi og lejringsforhold kom HELGE GRY bl. a. til flg. resultater:

1. III og IV er kun fundet sammen med Nexø-sandsten.
2. Der er intetsteds påvist en pålejrning af yngre lag over »Aaker-formationen«.
3. Der er veksellejrning mellem rødlige og hvidlige lag på overgangen til type III på lokaliteterne 12 og 13.
4. I Aaker Smålyng er der ikke en overlejrning af IV over VII. Derimod træffes grove, mørke bjergarter, som varierer i forkislingsgrad og farve, men som udgør een serie.
5. Blandt sikre Nexø-sandsten bjergarter findes typer, der er petrografisk identiske med III og IV.
6. I pegmatiter i Paradisbakkerne findes metamorfoserede kvartsiter af samme slags som i type III.

Ud fra dette konkluderer HELGE GRY, at de omtalte bjergarter må udgøre en del af Nexø-sandstenen.

Da disse bjergarter forekommer over den røde, terrestriske serie og på visse steder indeholder røde lag, der knytter dem til denne, og andre steder indeholder kvartsitiske lag, der knytter dem til den marine serie, betragter GRY dem som litoralaflejringer og placerer dem på overgangen fra den terrestriske til den marine afdeling af Nexø-sandstenen.

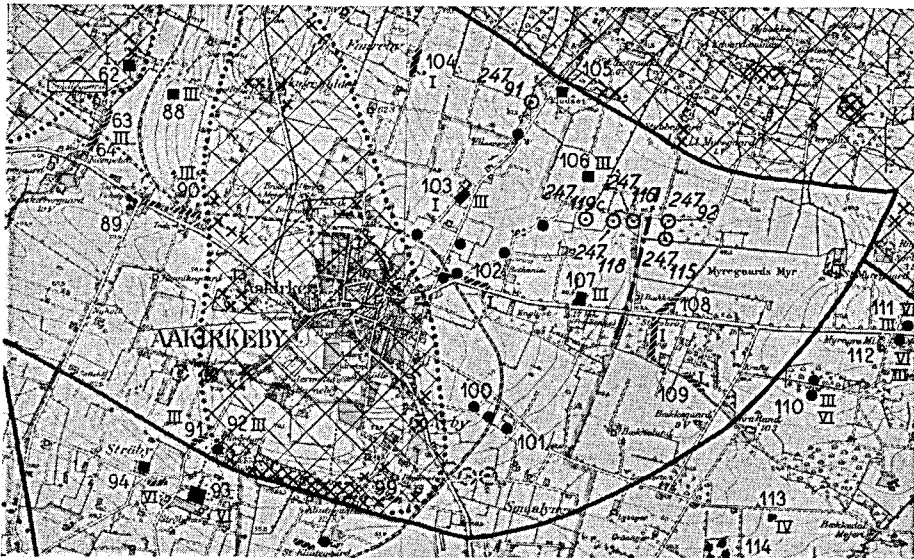
C. Resultaterne af de nye borer i Aakirkeby

De tidligere geologiske undersøgelser på Aakirkeby-blokken støttede sig hovedsagelig på daglokaliteter. Det kan derfor på forhånd forventes, at boringernes vertikalsnit gennem dannelserne giver forskellige nye bidrag til områdets geologi.

Den efterfølgende redegørelse for boringernes geologiske resultater bygger på prøvebeskrivelserne. Disse har også dannet grundlag for udarbejdelsen af tværprofilen i tavle I. I profillinien forløb ligger der til en vis grad en fortolkning, idet boring 247.115 er anbragt mellem borerne 247.02 og 247.116 under hensyntagen til forfatterens opfattelse af de tektoniske forhold.

1. De tektoniske forhold.

Lagrækken i de undersøgte profiler er følgende: over forvitret granit træffes lerede, brunviolet sandsten (~ KAJ HANSEN's type I), der overlæres af rødlige og grålige sandsten (~ KAJ HANSEN's typer II og III). Denne lagrække har i de vestlige borer tilsyneladende en sydøstlig hæld-



0 500 1000 1500m
 Autoriseret reproduktion efter GEODÆTISK INSTITUT'S målebordsblade (M.5334 og M.5335)

FIG. 1 GEOLOGISK KORT OVER ÅKIRKEBY-EGNEN
 Hovedsagelig efter KAJ HANSEN
 GEOLOGICAL MAP OF THE ÅKIRKEBY AREA
 Mainly according to KAJ HANSEN (1936 fig. 29 p.120)

- | | | | |
|---------|-----------|---|--|
| ● 109 I | ■ 106 III | Hovedlokalitet med nr. og bjerg-
artstype og udefineret lok. | Main exposure, corresponding no.,
and rock type, and undefined exp. |
| ×× | | Granitlokalitet | Granite exposure |
| ○ | | Observation i gravet brønd | Observation in dug well |
| | | Denudationsgrænse | Denudation boundary |
| — | | Forkastning | Fault |
| VI | | Sandsten, hvid, kvartsitisk | Sandstone, white, quartzitic |
| IV | | Arkose, blågrå, grov | Arkose, bluish gray, coarse |
| III | | Arkose, hvid, gullig | Arkose, white, yellowish |
| I | | Arkose, mørk, rødbrun | Arkose, dark, brownish red |
| ⊗ | | Granitområde | Granite area |
| ○ 247g | | Boring med arkiv nr. | Boring and DGU File no. |
| -.-.- | | Den nye forkastning | The new fault |

According to KAJ HANSEN

ning, hvilket stemmer overens med at GRÖNWALL og KAJ HANSEN angiver en østlig til sydlig hældning i området på 5—8°. I modsætning hertil er der imellem boringerne 247.92 og 247.116 en vestlig hældning i granitoverfladen på mellem 10° og 14°.

Det nuværende relief må enten være et oprindelig træk i den prækambriske landoverflade eller resultatet af senere tektoniske kræfters virksomhed.

Det skal i denne forbindelse nævnes, at TH. SORGENFREI før udførelsen af boringerne i 1954 på grundlag af den geoelektriske kortlægning har antaget tilstedeværelsen af en forkastning, der forløber ca. N-S langs vejen V for Myregårds myre. Den vestlige blok antages at være nedsænket i forhold til den østlige.

Da det af det følgende yderligere fremgår, at iagttagelserne fra boringerne tilsyneladende bedst kan forenes med antagelsen af en forkastning, kan man sandsynligvis se bort fra førstnævnte mulighed og antage, at der mellem boringerne 247.92 og 247.116 findes en forkastning.

Forkastningens østside er karakteriseret ved højtliggende granit og højtliggende sandsten af type I, i modsætning til vestsiden, hvor disse bjergarter ligger dybt. Det må derfor formodes, at forkastningen er beliggende vest for KAJ HANSEN's lokalitet 108, hvor type I går i dagen. Fra lokalitet 107 angiver KAJ HANSEN typerne III og VI. Forekomsten af type VI tyder på, at lokalitet 107 repræsenterer et relativt højt niveau i Nexø-sandstenen. Forkastningen må derfor antages at forløbe øst for lokalitet 107. — Ud fra disse forhold at dømme må forkastningen sandsynligvis forløbe som angivet på kortet fig. 1 (s. 21), hvilket i det store og hele stemmer med SORGENFREI's antagelse.

Det skal imidlertid nævnes, at dersom opsprækningen og breccieringen af graniten i boring 247.115 står i forbindelse med den omtalte forkastning, skal dennes forløb måske angives lidt østligere end på kortet, medmindre der ved boring 247.115 optræder lokale afvigelser fra hovedforløbet. Da forskydningerne muligvis ikke er foregået langs et plan men i en zone, hvilket udmærket kan være tilfældet, er den sidstnævnte mulighed ikke usandsynlig. Yderligere boringer i området er imidlertid nødvendige for at en nøjere udredning af disse forhold kan foretages. Indtil sådanne foreligger kan vi antage, at der i området findes en forkastning, hvis retning stort set er N-S som angivet på kortet.

Det er vanskeligt at følge forkastningen længere end angivet på fig. 1 med de oplysninger, vi på nuværende tidspunkt er i besiddelse af. Der skal imidlertid nævnes forskellige forhold, der synes at belyse dette spørgsmål, i et forsøg på at skabe et helhedsbillede.

GRÖNWALL angiver, at grænsen mellem Aakirkeby-graniten og den øst for liggende sandsten er en erosionsgrænse, og at sandstenen herfra hælder svagt mod øst. KAJ HANSEN tilslutter sig denne anskuelse. Derimod angives Aakirkeby-granitens vestside af GRÖNWALL som en forkastning, medens KAJ HANSEN mener, der også her er tale om en erosionsgrænse. — Da forekomsten af type III i det østlige område, som der redegøres for senere, synes at være betinget af tilstedeværelsen af en forkastning, kan type III's tilstedeværelse vest for Aakirkeby-bakken muligvis tyde på, at GRÖNWALL's anskuelse er rigtig.

Der kan ud fra det nævnte fremsættes den formodning, at den eventuelle forkastning langs Aakirkeby-granitens vestside er opstået på samme tid som forkastningen i det østlige sedimentområde, og at blokken mellem de to forkastninger har fået en østlig hældning.

Denne formodning er naturligvis behæftet med nogen usikkerhed på grund af utilstrækkelige oplysninger.

2. Forekomst af kaolin og pyrit.

Boreprofilen i 247.115 afviger fra de øvrige borer i området ved overvejende at bestå af granit, der er sprækket og breccieret, og ved at der i tilknytning til graniten optræder kaolin, kvartsitgange og pyrit.

a. *Kaolin.* I boring 247.115 forekommer der lysegråt til hvidligt, leret materiale, som utvivlsomt er kaolinholdigt. Da kaolinen forekommer i forbindelse med granit, og da der visse steder f. ex. i kærneprøverne 14.0 m og 18.65 m kan iagttages jævne overgange mellem granit og stærkt kaolinholdigt materiale, er der næppe tvivl om, at der foreligger en kaolinforekomst på primært leje. Ligeledes i kærneprøverne 14.0 m og 18.65 m ses mere eller mindre kantede stykker af ret blød, omdannet — kaoliniseret — granit. På grundlag heraf kan det antages, at kaoliniseringen er yngre end breccieringen, idet man i modsat fald sandsynligvis kunne forvente en smuldring af de bløde bjergarter. Yderligere kan det i lighed med forholdene ved de øvrige forekomster af kaolin på primært leje på Bornholm (GRÖNWALL og CALLISEN) antages, at kaoliniseringens optræden her er betinget af sprækkezonens tilstedeværelse.

Om kaolinen oprindelse har der hersket nogen uenighed, idet den dels er blevet betragtet som endogen (f. ex. GRÖNWALL) og dels som exogen (f. ex. CALLISEN). Senest har KAJ HANSEN (1940) med udgangspunkt i HARRASSOWITZ's lateritstudier gjort gældende, at kaoliniseringen på Bornholm er en lateritforvitring, og han antager den er foregået i Karbon-tiden, bl. a. fordi størstedelen af de europæiske lateriter er dateret til Karbon. Hvis denne aldersbestemmelse er rigtig, skal kaolinen i boring 247.115 sandsynligvis ligeledes henføres til Karbon. Der bliver hermed mulighed for, at breccieringen og dermed muligvis den omtalte forkastning er karbonsk eller præ-karbonsk. — Det skal imidlertid understreges, at vi ikke med sikkerhed kender kaolinen alder.

b. *Pyrit.* Pyriten i boring 247.115 optræder dels som korn, kornede masser og årer i kvartsiten og den mere eller mindre omdannede granit, dels som større brudstykker, hvorpå der undertiden ses hvælvede, »pudeagtige« overflader, radialstrålet struktur og sorte årer, der forløber mere eller mindre parallelt med de »pudeagtige« overflader, dels som knolde, der til alle sider er begrænset af de nævnte »pudeagtige« overflader. Knoldene har stedvis radialstrålet opbygning og sorte årer ligesom brudstykkerne.

Da pyriten optræder i forbindelse med opsprækkede bjergarter og kvartsitgange, er der tilsyneladende en vis ydre lighed med forholdene i blygangen ved Spidlegård, hvor man ifølge HANS PAULY i stærkt opsprækket Nexø-sandsten træffer en sulfidimpregnation i kvartsitgange. Ifølge

PAULY består malmen i Spidlegård-forekomsten af blyglans, zinkblende, pyrit og markasit, af hvilke de to sidste undertiden er dominerende.

Da en del af pyriten i boring 247.115 har en radialstrålet struktur, var der mulighed for, at en del heraf kunne være markasit. Derfor blev nogle pyritbrudstykker fra prøverne 6.0 m (Pr. mrk. 5952), 20.0 m og 20.6 m (Pr. mrk. 9521) pulveriseret og behandlet med varm, stærk HNO_3 . Med undtagelse af nogle kvartskorn dekomponeredes materialet fuldstændigt uden svovludskillelse. Dette viser, at der ikke findes markasit i det undersøgte materiale. I de sorte årer i pyriten kunne der tænkes at være blyglans m.m. Derfor blev materiale heraf fra prøverne 20.0 m og 20.6 m (Pr. mrk. 9521) behandlet med blæserør, hvorved der dannedes SO_2 og magnetisk kugle. Yderligere blev tilsvarende materiale fra samme prøver pulveriseret og opvarmet i stærk HNO_3 . Herved dekomponeredes materialet fuldstændigt. Der er derfor sikkert også her tale om pyrit.

Undersøgelsen gav altså ingen bekræftelse på en eventuel mineralogisk lighed mellem de to forekomster. Imidlertid kan den nævnte ydre lighed sandsynligvis tyde på, at 247.115.-forekomsten er opstået under hovedsagelig samme ydre betingelser som Spidlegård-forekomsten, altså ved at vand indeholdende de nødvendige stoffer har gennemtrængt sprækkezonen, og her ved en fysisk eller kemisk ændring af opløsningens tilstand udskilt stofferne — i dette tilfælde SiO_2 og FeS_2 .

Pyriten, der optræder i graniten, er sandsynligvis produktet af en reaktion mellem mineralopløsningen og graniten. Det er i denne forbindelse nærliggende at antage, at der ved denne proces er gået kiseltsyre i opløsning fra graniten, og at denne kiseltsyre senere er udskilt i kvartsitgangene.

Den pyrit, der findes som store brudstykker, kan muligvis til en vis grad opfattes som vægafsætninger i åbne spalter. De hvælvede »pudeagtige« overflader, som kan iagttages på visse brudstykker, må antages at repræsentere udskillelsernes slutstadium, der i så fald må være indtrådt før spaltens lukning. De mørke årer, der i brudstykkerne forløber mere eller mindre parallelt med overfladen, afspejler sikkert en vis rytme i afsætningen. En del af de store pyritstykker optræder som knolde, der til alle sider er begrænset af den omtalte »pudeagtige« overflade. De har således karakter af konkretioner, og er derfor muligvis dannet i tilknytning til bløde bjergarter.

Sammenholdes pyritens forekomstmåde med dens tilsyneladende uforvitrede tilstand, er det mest nærliggende at antage, at den er yngre end kaolinen.

3. Sedimenterne.

De snit, vi i borerigerne 247.91, 247.92, 247.116, 247.118 og 247.119 a—c har gennem sandstensserien, forøger på forskellig måde kendskabet til Aakirkeby-blokkens sedimenter og kan sammenholdt med de tidligere iagttagelser hjælpe med til at klarlægge visse forhold omkring disse sedimenters udvikling.

a. *Sedimenttypernes fordeling.* De sedimenttyper KAJ HANSEN har opstillet for Nexø-sandstenen skulle makroskopisk være ret karakteristiske

og derfor forholdsvis lette at identificere. Dette forhold gør en makroskopisk prøvebeskrivelse anvendelig ved oversigtsmæssige undersøgelser inden for dette sedimentområde.

Gennemgangen af prøveserierne, der er sammenfattet i afsnittet om boreprofilerne, viser, at der optræder følgende bjergarter, der med nogen sikkerhed kan korreleres med KAJ HANSENS typer: mørk, brunviolet, overvejende finkornet, leret sandsten, der svarer til type I, rødlig til rødliggrå til grålig sandsten, der må paralleliseres med type II, og hvidliggrå til gulliggrå sandsten, der nærmest må henføres til type III. Desuden forekommer der grålige sandsten, som synes at danne overgangsled mellem typerne II og III.

Betragtes disse typers optræden i borerne 247.116, 247.118 og 247.119.c, der repræsenterer sandstenenes mægtigste og mest fuldstændige udvikling i det undersøgte område, får vi en karakteristisk fordeling. Noget forenklet er denne gengivet i følgende skema, der ikke udtrykker en stratigrafisk korrelation.

	247.119.c ← 150 m → 247.118 ← 100 m → 247.116		
Øvre serie	ca. 16 m II og III	ca. 16 m ca. 9 m overvejende III med indslag af II	
Overgangszone	ca. 18 m overvejende II m. indslag af I	ca. 22 m overvejende II m. indslag af I og III?	ca. 22 m overvejende III m. indslag af I og II
Nedre serie	ca. 37 m I	ca. 24 m + ? I	ca. 10 m + ? I

Udviklingen i 247.119.c genfindes i 247.91, hvor vi dog kun har overgangszonen og den nedre serie bevaret.

b. *Sedimenterne og forkastningen.* Om årsagen til de hvidliggrå farvers optræden kan følgende opfattelser fremføres.

Ifølge KAJ HANSEN skyldes den hvide farve i type III som tidligere omtalt en blegningsproces, der ikke kan have virket på en kambrisk landoverflade, og han henfører bl. a. på grundlag af dette forhold type III til en post-silurisk Aaker-formation. Da de hvidlige sandsten i borerne 247.116 og 247.118 veksellejrer med brunviolette og rødliggrå sandsten tilhørende Nexø-sandstens type I og II, er der næppe grundlag for at henregne disse sandstens dannelse til post-Siluret. — Lignende forhold nævner HELGE GRV fra området vest for Bauneklinton.

Det er et påfaldende og karakteristisk træk ved typefordelingen i skemaet ovenfor, at type III fra Ø mod V viser en "transgressiv" tendens i forhold til de øvrige typer. En naturlig forklaring på dette forhold synes at være, at de hvidlige farver er opstået ved senere blegningsprocessers indvirkning på en oprindelig rødlig-grålig sedimentserie. Denne formodning sandsynliggøres af, at vi, som omtalt tidligere, øst for 247.116 antager tilstedeværelsen af en forkastningszone, i hvilken der efter forholdene i boring 247.115 at dømme er foregået en kaoliniseringsproces.

Denne proces må tænkes at have virket ikke blot i selve knusningszonen, men også i forkastningens sidesten. I boring 247.115 har vi set, at kaoliniseringen har virket med vekslende intensitet profilet igennem, hvilket sikkert har sin årsag i sprækkernes forløb og tæthed. Derfor kan tilstedeværelsen af rødliggrå og brunviolette lag i den hvidliggrå serie i borerne 247.116 og 247.118 udmærket forenes med den fremsatte anskuelse. — I tilslutning hertil skal nævnes, at GRV opfatter feldspatens forvitring i type III som sekundær.

Hvorvidt de øvrige forekomster af type III kan forklares på samme måde, kan ikke med sikkerhed afgøres her. Det kan imidlertid til belysning af dette spørgsmål nævnes, at sandstensområdet vest for Aakirkebybakken og sandstensområdet vest for Bauneklint, der er hovedområderne for type III, af GRÖNWALL og KAJ HANSEN angives at være delvis begrænsede af forkastninger. Da disse forkastninger på grund af deres beliggenhed og retninger kan antages at være samtidige med de øvrige forkastninger i det palæozoiske sedimentområde, er der under henvisning til ovennævnte forudsætninger til stede for, at sekundære blegningsprocesser kan have virket i disse områder.

c. Profilernes korrelation. Af hensyn til en klarlæggelse af sammenhængen mellem sedimentprofilerne vest for forkastningen er der forsøgt en korrelation på grundlag af litologiske karakterer. Som korrelationsniveauer er anvendt den brunviolette series grænse mod den underliggende granit og dens grænse mod den overliggende lyse, rødlige sandsten.

Den øvre grænse for den brunviolette serie er nogenlunde sikkert fastlagt i 247.91, 247.119.c og 247.118, og grænsen mod graniten kendes med sikkerhed i 247.91 og 247.119.c. Derimod ved vi ikke sikkert hvor granitoverfladen findes i 247.118 og 247.116. Ifølge boremesteren findes den i henholdsvis kote ca. +0,5 m og kote +15 m. Tager man imidlertid i betragtning, at granit ikke er påvist i de to borer, og at boremesteren i 247.119.c på et vist tidspunkt antog, at graniten fandtes i ca. 60 m's dybde, medens den i virkeligheden først optræder i ca. 75 m's dybde, er der grund til at antage, at graniten i borerne 247.118 og 247.116 ligger noget dybere end formodet. Hvor dybt den antagelig ligger skal søges belyst i det følgende.

Den brunviolette serie lader sig naturligt opdele i en nedre og en øvre enhed, der er karakteriseret ved henholdsvis tilstedeværelse og fraværelse af konglomeratagtige bestanddele. Disse enheders indbyrdes mægtighed er ret ensartet i de to vestligste borer. Med hensyn til mægtighed og udseende er den øvre enhed i borerne 247.119.c og 147.118 næsten ens udviklet. Derfor har forskellene i dannelsesforhold og dermed i den oprindelige terrænoverflade næppe været store. Der er derfor holdpunkt for at formode, at den brunviolette serie som helhed er ensartet udviklet på de to lokaliteter. I så tilfælde må granitoverfladen i boring 247.118 formodes at ligge i kote ca. ÷14 m.

Dersom den formodede ensartethed i den brunviolette series udvikling genfindes i boring 247.116, hvor sekundære blegningsprocesser antages at have ændret sedimentseriens oprindelige udseende, kan man med ud-

ganspunkt i konglomeratlagets overflade antage at seriens nedre grænse ligger i kote ca. \div 3—4 m og dens øvre grænse i kote ca. +32 m. Denne formodning sandsynliggøres af, at den markante skiferhorisont ved 20—25 m i 247.118 herved kommer til at modsvare en lignende markant skiferhorisont ved 33—37 m i 247.118.

Resultatet af denne korrelation er angivet med linier på tværprofilen (tavle I).

Det skal imidlertid nævnes, at dersom graniten virkelig findes i de dybder boremasteren angiver i borerne 247.118 og 247.118, er der mulighed for, at de omtalte skiferhorisonter i disse borer svarer til skiferhorisonter ved 44—47 m i boring 247.118.c. I så tilfælde kan det formodes, at de sekundære blegningsprocesser til en vis grad har tilsløret type I omkring 35—37 m i boring 247.118.

d. *Sedimentationen.* Den vertikale udvikling i sedimentprofilen må, når der af ovennævnte grunde ses bort fra de hvidlige farver, antages at afspejle sedimentationsforløbet.

Den nedre, brunviolette serie, der ofte indledes med et konglomeratisk bundlag, er ret heterogen med hensyn til kornstørrelse, idet der optræder et betydeligt lerindhold i sandstenen. Dog forekommer der i denne serie mere enskornede lag i form af skifrede finsandsten. Disse lag er ofte grønne af farve.

Forekomsten af oprindelige røde-brune og grønne farver i sedimentet er ofte udtryk for tilstedeværelse af henholdsvis ferri- og ferroforbindelser, der sandsynligvis vidner om dannelse under henholdsvis iltende og reducerende forhold. De røde-brune farver i Nexø-sandstenen hidrører ifølge KAJ HANSEN fra et pigment af ferrioxyd, der må antages at være oprindeligt i sedimentet. I en brunviolet skifer i prøve 19,8 m i boring 247.118 optræder der lyse, grønne farver i form af små, sfæriske partier, tynde lag og bræmmer langs randen af visse skiferbrudstykker. Da de grønne farver således her har karakter af »reduktionspletter« er der god grund til at antage, at de skyldes tilstedeværelse af ferrooxyder. I de vestlige borer, hvor sandstenen ikke synes at være præget af sekundære reduktionsprocesser optræder samme grønne farve i skiferlagene. Farven kan da sandsynligvis her tilskrives et oprindeligt ferrooxydindhold.

Den brunviolette serie er, som KAJ HANSEN har vist, sandsynligvis en mere eller mindre residualpræget kontinentaldannelse. Skiferlagenes tilstedeværelse viser imidlertid, at der til tider er foregået en betydelig sortering af materialet før afsætningen. Da skiferlagene ofte er grønne, er der grund til at formode, at afsætningen til en vis grad er foregået akvatisk. Dette stemmer iøvrigt udmærket med, at KAJ HANSEN ikke regner med, at de kontinentale arkoser er afsat under udpræget aride forhold.

Over den nedre, brunviolette serie følger overgangszonen og den øvre serie med overvejende rødlige, rødliggrå og grå farver. Disse farver fordeles sig op gennem profilen stort set i den nævnte rækkefølge. Sandstenene her er tilsyneladende mindre lerede og derved mere ensartede i kornstørrelse end de brunviolettede sedimentet, omend de på ingen måde kan betegnes som enskornede.

Forskellen i udseende mellem de brunviolette og den rødlig-grålige serie må sandsynligvis bero på forskelle i dannelsesforhold. Da de rødlig-grålige sandsten er præget af en noget bedre sortering end de underliggende, må man antage, at materialet her er mere omlejret og derfor muligvis har været genstand for en længere transport før afsætningen. I hvilket medium afsætningen har fundet sted er vanskeligt at afgøre med sikkerhed. Da imidlertid de rødlig farver og dermed det terrestriske præg aftager opetter, er der et vist holdepunkt for at antage, at afsætningen er akvatisk. Angående vanddækkets karakter må det fremhæves, at der intet sikkert grundlag er for at betragte det som marint, da hverken marine organismer eller glauconit er konstateret.

I den formodede akvatiske serie som i den underliggende optræder der zoner med skifrede lag, der for størstedelen er grønlig af farve. Disse zoner kan ikke i alle tilfælde korreleres fra boring til boring, hvilket må ses på baggrund af, at skiferlagene, hvor de kan iagttages i daglokaliteter, optræder som udkilende lag. De er derfor muligvis afsat i småbassiner under periodevis optrædende rolige forhold i vandmasserne. En anden mulighed er, at de oprindeligt er afsat i mere eller mindre kontinuerlige lag, men at en efterfølgende erosion har fjernet noget, således at kun de mere lavtliggende, beskyttede dele er blevet bevaret. I alle tilfælde synes skiferlagenes optræden at afspejle en mere eller mindre rytmisk sedimentation.

Der optræder iøvrigt skiferlag med overvejende grønlig farver i alle dele af Nexø-sandstenen ifølge KAJ HANSEN og HELGE GRY. Fra den skånske Hardeberga-sandsten angiver HADDING ligeledes forekomst af tynde, grønlig skiferlag. Hardeberga-sandstenen skal ifølge KAJ HANSEN (1937) tidsmæssigt korreleres med den nedre afdeling af de bornholmske Grønne skifre, men facielt svarer den hovedsagelig til Nexø-sandstens hvide kvartsiter. — Skiferlagene og dermed den form for rytmisk sedimentation, de formodes at afspejle, synes således at være et karakteristisk træk ved de tidlig-kambriske lavtvandsdannelser i den foreliggende del af sedimentationsområdet.

e. *Nexø-sandstens mægtighed.* KAJ HANSEN angiver i området øst for linien Døvredal-Øleå, hvor Nexø-sandstenen findes i sin fuldstændige og typiske udvikling, at Nexø-sandstens mægtighed er 60—70 m. Heraf udgør de kvartsitiske sandsten ca. 30 m. Kvartsiterne må på grund af deres formodede marine oprindelse antages at være ret ensartet udviklet og derfor optræde med ret ensartet mægtighed over større områder.

I boring 247.119.c, er der gennemboret omkring 73 m af Nexø-sandstens terrestriske og formode litorale del. Lægges til dette tal kvartsiternes ca. 30 m opnås en samlet mægtighed på omkring 100 m, altså et betydeligt større tal end hidtil angivet.

Det skal imidlertid nævnes, at dersom den fremsatte formodning om forekomsten af en hældende blok er rigtig, vil den registrerende lagtykkelse være noget større end den virkelige tykkelse.

Mægtigheden ca. 100 m kan ikke betragtes som et ekstrem for Nexø-sandstenen, idet man i boring 247.102, der er udført for Nexø bryggeri,

har boret i Nexø-sandstenen fra ca. 2 m til ca. 104 m under terræn til-syneladende uden at nå graniten.

SAMMENFATNING

Gennemgangen af boringernes resultater kan kort sammenfattes til følgende udviklingsbillede.

I tidlig nedre-kambrisk (eller eo-kambrisk) tid bestod områdets land-overflade af en finkornet, stribet granit. Gennem forvitningsprocessers indvirkning i dette tidsrum omdannedes den til betydelig dybde. Materialet fra processerne blev til en vis grad afsat som brunviolette, heterogene sand- og lermasser. Kun periodevis er der formodentlig i akvatisk miljø foregået en bedre sortering af materialet.

Senere omdannedes området antageligt til et lavtvandsbassin, hvori der afsattes rødlige og grålige, sandede sedimenter. Disse sandaflejrings-vekslen med mere finkornede bestanddele tyder på en form for rytmisk udvikling.

Sedimentationsudviklingen kan ikke følges længere end til dette stadium i det undersøgte område. Imidlertid kan man på grundlag af forholdene på andre lokaliteter antage, at udviklingen i sedimentations-bassinet i den følgende tid fortsatte uden større ændringer. Først ved indledningen til de Grønne skifre bliver sedimentationen med sikkerhed marin.

Efter materialets afsætning er der foregået en konsolidering, hvorved aflejringerne har fået karakter af faste sedimenter.

Endnu senere — sandsynligvis post-silurisk — er området blevet udsat for tektoniske påvirkninger, der på grund af områdets tilstand har ytret sig som blokforkastninger langs vertikale brudlinier. En sådan brudlinie er antaget i det undersøgte område.

I tiden efter de tektoniske forstyrrelser er der nogle steder i forkastnings-breccien foregået en kaoliniseringsproces, der stedvis har bleget dele af de nedre-kambriske Nexø-sandsten. Af sandsynligvis endnu senere oprindelse er pyritforekomster i forbindelse med breccien.

DANMARKS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE,
Marts 1955.

SUMMARY

New borings in the Nexø sandstone at Aakirkeby (Bornholm)

Geoelectric mapping was carried out NE of Aakirkeby by the Geological Survey of Denmark during the spring of 1954 with the location of water wells for the municipal water works of Aakirkeby as the objective.

The present paper deals with the geological results of 8 wells drilled previous and subsequent to the geoelectric mapping in the surveyed area. The location of the wells D.G.U. file Nos. 247,91, 247,92, 247,115, 247,116, 247,118 and 247,119.a-b-c is shown on map fig. 1, p. 21. The borings No 247.119.a and b, which are not entered on the map are situated a few metres from No. 247.119.c. A number of rock samples

have been investigated macroscopically. The results are shown on the graphic logs on plate I, they may be summarized as follows:

The basement is a gneiss-granite of fine texture. The Nexø sandstone above the granite may be subdivided into a lower and upper member. The lower unit is a more or less argillaceous, dark, brownish violet sandstone (or arkose) with a basal residual conglomerate. The upper unit includes reddish to greyish sandstone (or arkose) with occasional conglomeratic beds. The entire sequence contains beds of shale, the frequency of the shale beds is indicated on the graphic logs. As is well known the Nexø sandstone is generally referred to the lower Cambrian on the basis of stratigraphic evidence, despite of the absence of fossils.

Deviations from the above succession which may be considered normal occur conspicuously in the well sections Nos. 247.116 and 247.118. The main difference observed is that the brownish violet and reddish colours partly recede, and are replaced by light grey to whitish grey colours.

The assumed normal sequence suggests a development from terrestrial to aquatic conditions during sedimentation. The alternation of sandstone and shale beds may furthermore be indicative of some kind of rhythmic sedimentation. It may be added in this connection that shale beds as observed may be a characteristic feature both of the Nexø sandstone and the Hardeberga sandstone.

The differences in lithology noticed at wells Nos. 247.116 and 247.118 may be ascribed to secondary bleaching related to structural features.

Local maximum thickness occurs in well No. 247.119.c where about 73 metres of Nexø sandstone have been encountered. Maximum thickness of the Nexø sandstone on Bornholm exceeds 100 metres as proved by well No. 247.102 at Nexø which was drilled through 102 metres of Nexø sandstone and completed in this rock.

The cross section indicates structural displacements between wells Nos. 247.92 and 247.116 at least of an order of 30 to 35 m. The nature of the structural situation may be that of a fault as suggested by the resistivity survey (TH. SORGENFREI). The location of the fault has been inferred on the basis of: 1. the distribution of the rock types as displayed by the geologic map (fig. 1) published by KAJ HANSEN (1936), 2. the evidence of the resistivity survey, and 3. the results of the drillings.

Well No. 247.115 may be located in the fault zone as evidenced by the brecciation of the granite. The granite in this well is altered by kaolinization. The processes responsible for the bleaching as observed in case of the Nexø sandstone in wells Nos. 247.116 and 247.118 are assumed to be related to the processes which caused the kaolinization. Unaltered pyrite in the kaolinized granite and in quartzite veins in this granite may be of a later origin.

GEOLOGICAL SURVEY OF DENMARK.
March 1955.

LITTERATUR

- D.G.F. = Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening, København.
D.G.U. = Danmarks Geologiske Undersøgelser skrifter, København.
- CALLISEN, K., 1934: Das Grundgebirge von Bornholm. D.G.U. II. række, nr. 50.
GRY, HELGE, 1936: Om Nexø-sandstenen og »Aakerformationen«. En Tungmineral-Korrelation. D.G.F. bd. 9, s. 27-42.
GRÖNWALL, K. A. og V. MILTHERS, 1916: Beskrivelse til Geologisk Kort over Danmark. Kortbladet Bornholm. D.G.U. I. række, nr. 13.
HÄDDING, ASSAR, 1929: The pre-Quaternary sedimentary rocks of Sweden. III. The Paleozoic and Mesozoic sandstones of Sweden. Lunds Univ. Årskrift, Lund.
HANSEN, KAJ, 1936: Die Gesteine des Unterkambriums auf Bornholm. D.G.U. II. række, nr. 62.
— 1937: Sammenlignende Studier over Kambriet i Skåne og paa Bornholm. I. Nedre Kambrium. D.G.F. bd. 9, s. 151-178.
— 1940: De bornholmske Kaolinforekomsters Oprindelse og Alder. D.G.F. bd. 9, s. 533-541.
PAULY, HANS, 1944: Blygangen ved Spidlegaard. D.G.F. bd. 10, s. 468-473.

