5. Die ordovizischen Geschiebe im Schärengebiet von Hangö und Ekenäs im südwestlichen Finnland

Von

Anders Martinsson

Abstract.—This paper deals with the occurrence of boulders of Middle and Upper Ordovician limestones in the archipelago of Hangö and Ekenäs in southern Finland. Out from a find of boulders showing a close resemblance to the Vasalemma (D_3) rocks of Estonia, the author has collected and examined boulders of Ordovician rocks between Hangö and the island of Jussarö. Stratigraphically the origin of these boulders is extended maximally from the Vasalemma (D_3) stage to the Saunja (F_1a) stage inclusive. The fact that no boulders from other strata in the South Bothnian (Northern Baltic) area are found, the dolomitization of the limestones, the pretented Vasalemma boulders, and the position of the distribution area suggest a connection with the Estonian facies of the three Ordovician stages in question. From records hitherto available in literature and collections, the distribution area does not seem to be connected with the area of South Bothnian drift. In this connection OLE EKLUND's *Gullkrona problem* and ÖPIK's theory of "*glintfremde Gesteine*" (boulders foreign to the Estonian cliff) are discussed (see maps and references). There exist some slight indications that the boulders have been transported during the last glaciation by an early ice stream, bending towards E. and ENE. into the Gulf of Finland as suggested by EDELMAN for the Gullkrona area.

Einleitung.

Seit fünfzig Jahren ist bekannt, dass auf der kleinen Felseninsel Skarvkyrkan etwa 6 km OSO von der Zoologischen Station Tvärminne eine Spaltenausfüllung von kambrischem Sandstein vorkommt. Die Entdeckung des Sandsteinganges wurde von J. J. SEDERHOLM am 8. Mai 1908 in einem Vortrag im Geologischen Verein zu Helsingfors mitgeteilt; schon im Sommer 1904 wurde aber, während einer Untersuchung der Urkalksteingänge im Gebiete, der Sandsteingang auf Skarvkyrkan von Dr. M. SERGELIUS und Professor J. A. PALMÉN beobachtet (M. SERGELIUS, briefliche Mitteilung). Der

ersten Literaturangabe, bei TANNER 1911, wird hinzugefügt, dass südlich von Skarvkyrkan eine Anzahl Felseninseln liegen, „auf welchen Blöcke von silurischem Ostseekalkstein sehr zahlreich sind, während sie sonst in der Nähe äusserst spärlich vorkommen. Sederholm folgerte daraus auf das Vorhandensein einer gesunkenen Partie von Silur an dieser Stelle." Dieser Ostseekalkstein ist den Biologen in Tvärminne von der Insel Segelskär wohlbekannt, aber keine Untersuchung oder systematische Einsammlung ist bisher unternommen worden.

In Sommer 1953 traf ich in einem Felsentümpel auf dem Felsen Bönholms Lillgrund, der sich ein wenig über die Wasseroberfläche von Tvärminne Byviken erhebt, Blöcke eines ganz verschiedenen Gesteins an. Später wurde beim Algendretschen von einer Untiefe 1½ km NNW Storgadden aus etwa 10 m Tiefe ein Kalksteinstück aufgeholt. Diese Blöcke wurden zusammen mit einem grossen Material von Segelskär nach Uppsala gebracht. Der Kalkstein von Bönholms Lillgrund, ein sehr grobes, mit zahlreichen fragmentarischen Pelmatozoenstielen vermischtes Gestein, erwies sich nach dem Urteil Fil. lic. V. JAANUSSONS sehr gut der Vasalemmastufe (D_3) in Estland anschliessbar. Diese Blöcke und einige Blöcke von Segelskär wiesen eine mehr oder weniger weitgehende Dolomitisierung auf. Da während des Studiums des Materials ausserdem die wesentlichen Züge der untenstehenden Literaturdiskussion hervortraten und das Verbreitungsbild der aus der Literatur bekannten Kalksteingeschiebe im südwestlichen Finnland zusammengestellt wurde (Abb. 3), erschien eine weitere Untersuchung, wenigstens im Schärengebiet von Tvärminne, wünschenswert. Diese Untersuchung wurde mit Unterstützung der Kgl. Universität Uppsala im August 1954 unternommen.

Verbreitung der Geschiebe.

Um das Verbreitungsgebiet der Geschiebe feststellen zu können, wurden die meisten von den äussersten Schären zwischen Russarö (bei Hangö) und Jussarö und weiter eine annähernd nord-südliche Reihe von Inseln und Schären zwischen Lappvik und Segelskär untersucht. Weder im Westen (Stora Tärnskär bei Russarö) noch im Osten (Jussarö Hamngadd) wurde die Begrenzung des Verbreitungsgebiets erreicht. Das Abnehmen der Kalksteinfrequenz gegen Norden ist jedoch sehr deutlich. Während der wochenlangen Untersuchung der Blockufer in der Nähe von Bönholms Lillgrund wurden insgesamt nur 8 kleine Ostseekalksteine an 3 Lokalitäten (Munken, Kvarnskär, Skomakarskär) gefunden; auf den Schären und an den Ufern um den nördlicheren Teil von Tvärminne Storfjärd herum wurden sie überhaupt nicht angetroffen.

Auf den äussersten Schären, wo es nur wenige m^2 oder oft dm^2 von losen Ablagerungen gibt, kommen sie aber bis zu einer Anzahl von 181 (Stor Segelskär) vor. Auf den wenigen untersuchten Schären (Slätskär, Stor Sten-

skär), wo es grosse Mengen von Blöcken und Steinen gibt, wurden nur wenige Kalkgeschiebe (2 bzw. 25) angetroffen; von diesen wurden nur zwei in den schweren Klapperablagerungen gefunden (am Nordufer von Stor Stenskär). Überhaupt scheinen die Ostseekalkgeschiebe in den dicken ferntransportierten Ablagerungen ausserordentlich selten — in primärer Lage vielleicht abwesend — zu sein.

Hier erheben sich zwei Fragen, die eine Rolle in einer folgenden Besprechung spielen können: 1) Stammen die Geschiebe aus Moränenablagerungen, und 2) fehlen sie in den dicken Klapperablagerungen, weil sie in solcher Lage vollständig zermalmt worden sind? Leider kann man sich von den Moränen der äusseren Schären keine Auffassung bilden, weil dort die Ablagerungen oberhalb der Brandungszone ganz durchspült worden sind. Man hat jedoch auf Segelskär beobachtet (Dozent H. LUTHER, mündliche Mitteilung), dass jeden Sommer neue Steine auf den hier etwas dickeren Klapperablagerungen auftreten; wo ich mit Hilfe der Teilnehmer der Nordischen Wasserpflanzenkurse auf dieser Klapperfläche 1953 alle sichtbaren Geschiebe aufgelesen und entfernt hatte, waren 1954 kleine Kalksteinstücke wieder häufig. Die Lokalität ist dem Anprall der Wogen und wahrscheinlich dem Eisgang stark ausgesetzt.

Die Geschiebe sind meistens von Steingrösse; ziemlich selten erreichen sie Blockgrösse sensu ATTERBERG. Oft kommen kleine Steine von augenscheinlich ganz gleichen petrographischen Eigenschaften gruppenweise vor, wahrscheinlich infolge der Zersplitterung eines grösseren Blockes. Auf einigen der äussersten Schären, wo nur sehr wenige Steine festgekeilt steckten, bildeten die Kalksteinstücke einen proportionell sehr grossen Anteil am Geschiebematerial.

Unter den obigen Voraussetzungen dürfte es nicht möglich sein, die Frequenz der Geschiebe in relativen Zahlen auszudrücken. Auf der Verbreitungskarte (Abb. 1) sind darum die Funde in absoluten Zahlen angegeben; die Funde sind in vier Fraktionen aufgeteilt und durch flächenproportionelle, spitzgestellte Dreiecke markiert worden.

Zwei Spaltenausfüllungen von kambrischem Sandstein sind im Gebiete angetroffen worden, auf Skarvkyrkan (siehe oben) und auf Örn (von SEDERHOLM gefunden, vgl. ESKOLA 1913: „Örnen"). Die Sandsteingänge sind beide etwa 3 cm dick und petrographisch voneinander sehr verschieden. Der Skarvkyrkansandstein ist schwach konsolidiert, mit wenig Feldspat, und aus wohl abgerundeten Quarzsandkörnern bestehend; der Örnsandstein ist ganz konsolidiert und stark arkotisch, mit zahlreichen dem Sand beigemengten grösseren, eckigen Feldspat- und Quarzstücken. Kleine Stücke von ähnlichem Sandstein wurden vom Verfasser auf den Felseninseln Segelskär und Myggan — auf Myggan ausserdem ein grösserer Block — eingesammelt. Weder die Gänge noch die Geschiebe aus Sandstein wiesen Fossilien auf. — Geschiebe von jotnischem Sandstein kommen im Gebiet sehr häufig vor.

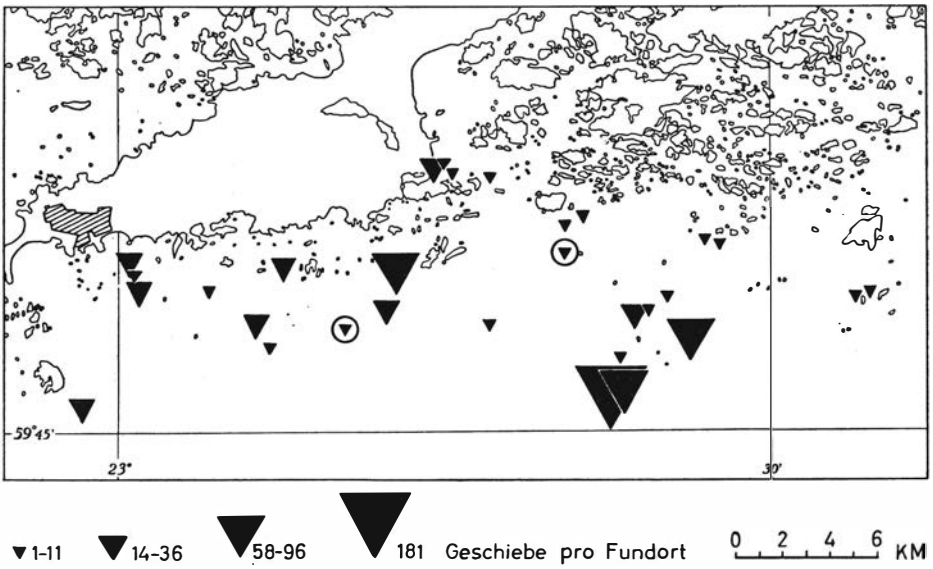


Abb. 1. Verbreitung der ordovizischen Kalksteingeschiebe in den äusseren Schären von Hangö und Ekenäs. Die Sandsteingänge von Örn und Skarvkyrkan sind durch kleine Kreise bezeichnet.

Distribution of boulders of Ordovician limestone in the archipelago of Hangö and Ekenäs. The absolute numbers of boulders from the localities are plotted in four fractions. Sandstone dikes are marked with circlets.

Stratigraphische Zugehörigkeit.

Die Hauptmasse der Kalksteinsgeschiebe verteilt sich auf zwei petrographische Typen. — Teils kommen typische Calcilutite (im Sinne JAANUSSONS 1952) vor, die gewöhnlich hell gelbgrau, mit dunkleren, grauen oder grüngrauen Flammen, sind. Sie haben einen stark muscheligen Bruch. Das Gestein ist von feinen, kalzitgeheilten Spalten durchsetzt; die Fossilfragmente sind oft verkieselt und in manchen Blöcken finden sich Kieselkonkretionen, die an korrodierten Flächen wie Knollen hervorstehen. Blöcke von ähnlichem Gestein, zuweilen mit verkieselten Fossilien, kommen unter den südbottnischen Geschieben unter der Bezeichnung Ostseekalkstein vor. Es ist aber zu bemerken, dass die distinkt rotgefleckten Blöcke, die im südbottnischen Material von Ostseekalkstein häufig vorkommen, nicht im aktuellen Gebiet angetroffen worden sind. — Teils kommt auch ein gleichmässig graues Gestein vor, das etwas gröber ist und als ein calcarenitischer Calcilutit (JAANUSSON op. cit.) bezeichnet werden dürfte. Dieses Gestein ist viel reicher an Fossilfragmenten als das Obige; Verkieselungen und vereinzelte grosse Pyritkristalle kommen vor. Dieses Gestein ist auch oft durch Eisenoxide fein rotorange getüpfelt. Im südbottnischen Material von Ostseekalk (u. a. sind die Sammlungen C. WIMANS durchgegangen worden) kommen Blöcke von ähnlichem Gestein wahrscheinlich sehr spärlich vor. Zwischen diesen beiden Gesteinsarten gibt es viele Übergänge.

Die Blöcke sind ziemlich arm an Fossilien. Im lichten Ostseekalkstein sind ein Pygidium von *Encrinurus seebachi* FR. SCHMIDT und einige Wangenfragmente von *Isotelus sp.* gefunden worden. Dies sind die einzigen Leitfossilien, die in bestimmbarem Zustand angetroffen worden sind. — Algen der Gattungen *Cyclocrinus* und *Coelosphaeridium* kommen mehr oder weniger fragmentarisch vor. Ostracoden der Gattungen *Bolbina*, *Platybolbina*, *Öpikella* — alle nur junge Exemplare oder ♂-Exemplare — und *Cryptophyllus* sind repräsentiert, sowie eine Reihe von Brachiopoden, Gastropoden, Anthozoen, Graptolithen, Scolecodonten und Problematica. Da die Stratigraphie und die Fauna der oberordovizischen Sedimente im ostbaltischen Gebiet allzu wenig bearbeitet sind, kann jedoch dieses Material keinen Leitfaden für die genauere Altersbestimmung der Geschiebe bieten. Die Trilobiten verweisen sie aber in die Rakvere- (E) und Saunjastufen (F_1a) in Estland. Petrographisch schliessen sich die untersuchten Geschiebe ganz diesen einander sehr ähnlichen Stufen an (vgl. JAANUSSON 1955 und u. a. die Beschreibung des Saunjacalcilutits von MARTNA 1955). Unter diesen Ostseekalkblöcken kommen auch Geschiebe vor, die aus einem feinkörnigen Kalksandstein bestehen, und Geschiebe, die mehr oder weniger dolomitisiert sind. Ähnliche Blöcke sind im südbottnischen Material nicht gefunden worden; ähnliches Gestein ist aber für die Saunjastufe in Estland bezeichnend (vgl. JAANUSSON 1944, S. 93–95).

Von diesen Geschieben weicht der Fund auf Bönholms Lillgrund ab. Wie oben in der Einleitung erwähnt worden ist, bestehen diese Blöcke aus einem groben, porösen Gestein, reich an Pelmatozoenfragmenten, dessen grobe Struktur die Folge einer durchgreifenden Dolomitrekristallisation ist. Die Dolomitisierung wurde mit den von HÖGBERG (1950, S. 356) beschriebenen Tinten- und Naphtolgrünreaktionen kontrolliert. Zusammen mit den zuerst auf Bönholms Lillgrund gefundenen Dolomitblöcken kamen aber auch wenige Blöcke von Kalksandstein vor.

Der Fund im Felsentümpel auf Bönholms Lillgrund, der erst ganz isoliert und darum sehr rätselhaft erschien, verlangte eine Untersuchung der Umgebung und der Fundlokalität selbst, u. a. um meinen allerdings wenig begründeten Verdacht, dass die Blöcke verschleppt sein könnten, zu kontrollieren. Nach langer Untersuchung erwies sich, dass Geschiebe, jedoch aus Ostseekalk bestehend, sehr spärlich an den Ufern der naheliegenden Schären vorkommen.

Der kleine Felsentümpel (die aus Blöcken bestehende Bodenoberfläche war etwa 1,8 × 1,6 m) wurde ganz ausgegraben. Die obersten etwa 35 cm bestanden aus einer Schicht von Steinen und Blöcken, mit den kleinsten zuunterst, die in eine Schicht von grobem Sand von etwa 15–20 cm Mächtigkeit eingesenkt waren. Dieser Sand ging nach unten allmählich in eine Schicht von etwa 30 cm sandigem Ton über. Es wurde festgestellt, dass die Tümpel auf mehreren untersuchten, nackten Felseninseln ganz dieselben Verhältnisse aufweisen. Der Ton ist ganz karbonatfrei. Möglicherweise ist diese Anordnung der gewöhnlich unter seichtem Wasser liegenden Felsentümpelsedimente eine Folge nicht nur der Spülung durch Wellen, sondern auch der Refrigerationsbewegungen während des Winters.

Unter den Steinen und im Sande wurden zusammen 358 Fragmente von Block-

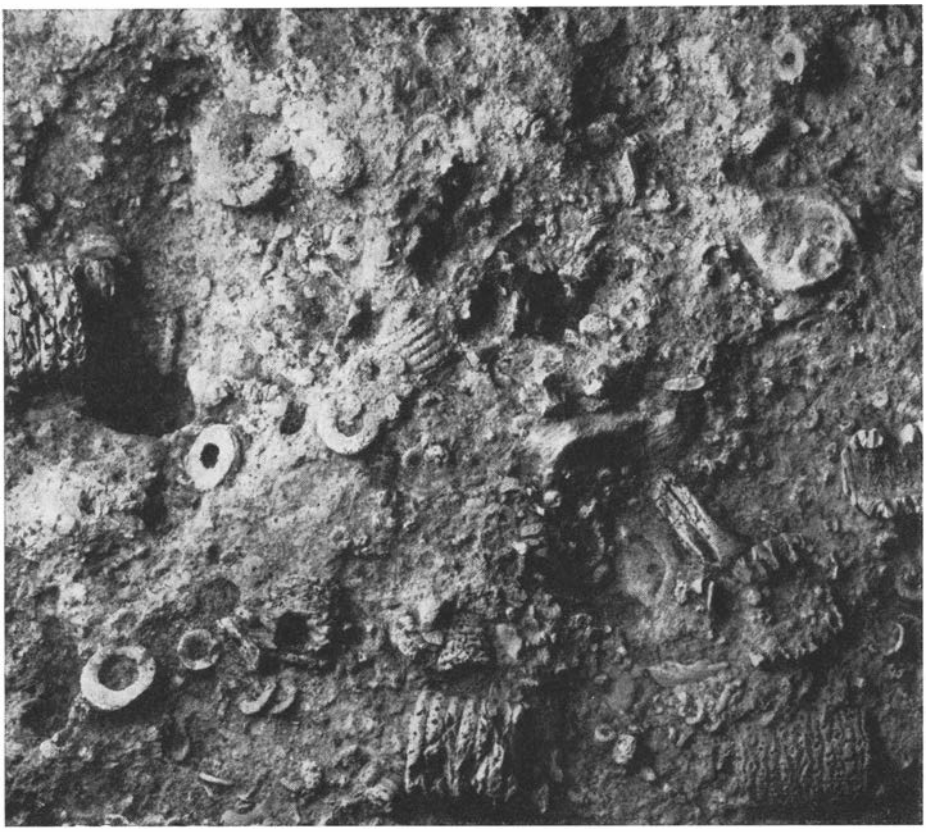


Abb. 2. Mit Pelmatozoenstielträmmern überstreuter, dolomitisierter Block von Bönholms Lillgrund. Petrographisch ist er dem Gestein der Vasalemmastufe in Estland ganz gleich. Natürliche Grösse.

Surface of a boulder from a rock pool on the skerry of Bönholms Lillgrund, dolomitized and containing Pelmatozoan fragments. Petrographically it is closely similar to the Vasalemma rocks of Estonia. Natural size.

grösse bis Erbsengrösse eingesammelt. Ein grosser Teil der kleineren Steine besteht aus einem sandigen Sediment, viel feinkörniger als die typischen Pelmatozoenblöcke, in manchen Fällen homogen, aber oft mit mehr oder weniger zahlreichen, zerstreuten Pelmatozoenstielfragmenten; auch hier ist eine Dolomitisierung vorhanden. Wahrscheinlich haben die grobkristallinen, grubigen und mit Pelmatozoenstielfragmenten überstreuten Dolomitstücke (Abb. 2) eine oder mehrere, mit dem feinkörnigeren Sediment wechselnde Schichten in einem einzigen Block, der nach der Deposition zersplittert worden ist, gebildet. — Auf der Karte (Abb. 1) ist diese Lokalität nur nach den oberflächlich liegenden (27) Dolomitstücken eingetragen.

Wie oben erwähnt worden ist, dürfte der Dolomit von Bönholms Lillgrund zu der faunistisch in einer Schlüsselposition stehenden und in typischer Ausbildung nur von Estland bekannten Vasalemmastufe (vgl. JAANUSSON 1945, S. 223) gehören. Zwei grobkristalline Dolomitgeschiebe von Andalskär SO von Hangö mit zahlreichen kleineren Pelmatozoenstielfragmenten sind den

Blöcken von Bönholms Lillgrund sehr ähnlich. — Ein etwas abweichendes Geschiebe von Bönholms Lillgrund ist augenscheinlich von dolomitisierten Kalksandsteinblöcken von Segelskär und Stora Tärnskär nicht zu trennen.

Die ordovizischen Geschiebe im betreffenden Gebiet gehören wahrscheinlich ziemlich eng zusammen. Ihre stratigraphische Zugehörigkeit dürfte innerhalb einer Maximalverbreitung von drei Stufen (Vasalemma [D_3], Rakvere [E] und Saunja [F_1a]) zu suchen sein.

Geographische Lage und Begrenzung des Verbreitungsgebiets.

Das Verbreitungsgebiet der hier behandelten Geschiebe ist zwischen den südbottnischen und ostbaltischen anstehenden Kambrosilurgebieten gelegen. Oben ist erwähnt worden, dass die untersuchten Geschiebe faziell an anstehende Schichten in Estland erinnern. Es ist darum von grösstem Interesse festzustellen, ob es zwischen dem südbottnischen und dem hier beschriebenen Geschiebegebiet ein Zwischengebiet gibt, wo ordovizische Geschiebe offensichtlich seltener sind oder praktisch fehlen.

Die Entdeckungsgeschichte des südbottnischen Kambrosilurgebiets (des nordbaltischen Silurgebiets) ist bei C. WIMAN (1903) wiedergegeben. In seinen Studien über dieses Gebiet beschäftigte sich WIMAN (1893, 1903, 1907) hauptsächlich mit Material von Uppland und dem Festen Åland (schw. Fasta Åland, die åländischen Hauptinseln). Über die Verbreitungsverhältnisse der Geschiebe ist aber sehr wenig geschrieben worden. A. METZGER, dessen Untersuchungen in 1927 in einer vorläufigen Mitteilung veröffentlicht wurden, hegte ursprünglich die Absicht, die östliche Grenze der südbottnischen Geschiebe festzustellen, konzentrierte seine Untersuchungen aber auf das Feste Åland, wo in 1926 der Ostseekalkfelsen im Lumparn entdeckt worden war (KULLING 1926). Eine unvollständige Tiefbohrung durch diesen Felsen, wobei auch nur Teile des Bohrkerns aufbewahrt wurden, zeigt eine sehr rätselhafte Schichtenfolge (SAURAMO 1942), und es dürfte nicht ohne neue Bohrung festzustellen sein, ob der Felsen anstehend ist oder nicht. — H. HAUSEN hat in einer populären Arbeit (1946) eine Zusammenstellung der Kenntnisse des åländischen Kambrosilurs gegeben.

Durch mehr als zwei Jahrzehnte wurde die Kalkwirkung in den Schären zwischen Åland und dem finnländischen Festland nach vor allem botanischen Richtlinien von OLE EKLUND untersucht. Nach Eliminierung anderer Kalkfaktoren, und zwar des Urkalksteins, Kalkmergels und ornithokoprösen Kalkes, untersuchte EKLUND die physiologische und chemische Einwirkung des Ostseekalkes und stellte nach einer Reihe von anderen Schriften 1946 das Gullkronaproblem auf: „Das Gullkronaproblem ist ein pflanzengeographisches und zwar ein regionalfloristisches Problem, das indessen Anlass zu einem geologischen Probleme gibt“ (EKLUND op. c., S. 197). Es ist dadurch ent-

standen, dass EKLUND weit östlich von der Ostgrenze der chemischen Ostseekalkwirkung in der Moräne noch ein Gebiet im Gullkrona Fjärd und seinen Umgebungen fand, wo Kalkwirkungen, die ihren Ursprung im Ostseekalk haben dürften, nachweisbar sind. Zusammenfassend sagt EKLUND: „Die Zeugnisse der Pflanzenwelt lassen vermuten, dass irgendwo in den Fjärden des Gullkrona-Gebietes Fragmente kambrosilurischer Schichten vorhanden sein können."

N. EDELMAN (1949, 1951) hat das Gullkronagebiet u. a. von glazialmorphologischen Gesichtspunkten aus untersucht. Er teilt mit, dass Geschiebe von silurischem Kalkstein (silurisch in der Meinung ordovizisch-silurisch) im Gebiete sehr selten sind; nach brieflicher Mitteilung dürfte die Anzahl von Blöcken und grösseren Steinen aus Kalkstein, die im Gebiet beobachtet worden sind, kleiner als 10 sein. Von Korpo Björkö im Gebiet liegt auch ein von Dozent H. LUTHER eingesammelter Block vor.

Ohne eigene Untersuchung im Gebiet weist L. FAGERSTRÖM in einer kürzlich erschienenen Arbeit (1954, S. 141–148) den Kalkfaktor als eine ausschlaggebende Ursache des pflanzengeographischen Gullkronaproblems zurück. Wahrscheinlich ist aber diesem Verfasser entgangen, dass EKLUND das Gullkronaproblem als abhängig von nur kambrosilurischen Kalkbeimischungen der Moräne aufgestellt hat, und dass EKLUND versucht, diesen Faktor in Reinkultur zu bringen; EKLUNDS Hervorheben, dass Urkalk- und Mergelvorkommen im Gebiet sehr selten sind, wird bei FAGERSTRÖM (op. c., Zitat S. 146 oben) zum Argument für die Seltenheit nachweisbarer Kalkwirkungen überhaupt.

Der kurzgefasste Entwurf des Gullkronaproblems erschien in EKLUNDS letzten Schriften am Ende seiner langen Bemühungen, um ein Gesamtbild der Kalkverhältnisse der südwestfinnländischen Schären aufzubauen. Leider war es ihm nicht vergönnt die Arbeit weiterzuführen.

A. ÖPIK hat in mehreren Arbeiten (vgl. ÖPIK 1927 S. 29–30, 1929 S. 8–10, 1931 S. 15–16) das Vorkommen glintfremder Gesteine in Estland hervorgehoben. Darunter sind auf dem Küstenstreifen unter dem Glint liegende Geschiebe eingerechnet, die nicht nur aus den submarin anstehenden unterkambrischen Schichten stammen, sondern auch aus Schichten, die in Estland südlich von dem Glint anstehend sind, und zwar werden die Keila- (D_2) und Rakverestufen (E) erwähnt. Unter diesen Geschieben ist ein Dolomitstück (ÖPIK 1931) petrographisch genau beschrieben. Das Auftreten dieser Gesteine wurde von ÖPIK als mutmassliche Zeugnisse für ein versunkenes Kambrosilurgebiet an der Mündung des Finnischen Meerbusens aufgefasst. Die Ausdehnung seines gedachten Verwerfungsgebietes hat ÖPIK auf einer Karte (1929, Abb. 1) in groben Zügen skizziert.

Einzelfunde von kambrosilurischen Geschieben ausserhalb der erwähnten Gebiete, die in der Literatur oder in Sammlungen zu finden sind, sind aber sehr selten. Auf einer Karte (Abb. 3) sind die Vorkommen kambrosilurischer

Gänge und Geschiebe und weiter die oben zitierten, mehr oder weniger hypothetischen submarinen Kambrosilurgebiete zusammenstellt worden.

Die Grenzen des südbottnischen Kambrosilurgebiets sind mehrmals kartographisch dargestellt worden (BACKLUND 1937, J. EKLUND 1949 in HULTÉN 1950, J. EKLUND 1952, vgl. RUDBERG 1954). Auf der Karte Abb. 3 sind sie nach EKLUND (1952, Fig. 1) eingetragen worden. Mit derselben Bezeichnung ist die Umgrenzung des versunkenen Gebiets ÖPIKS (1929, Abb. 1) eingezeichnet worden.

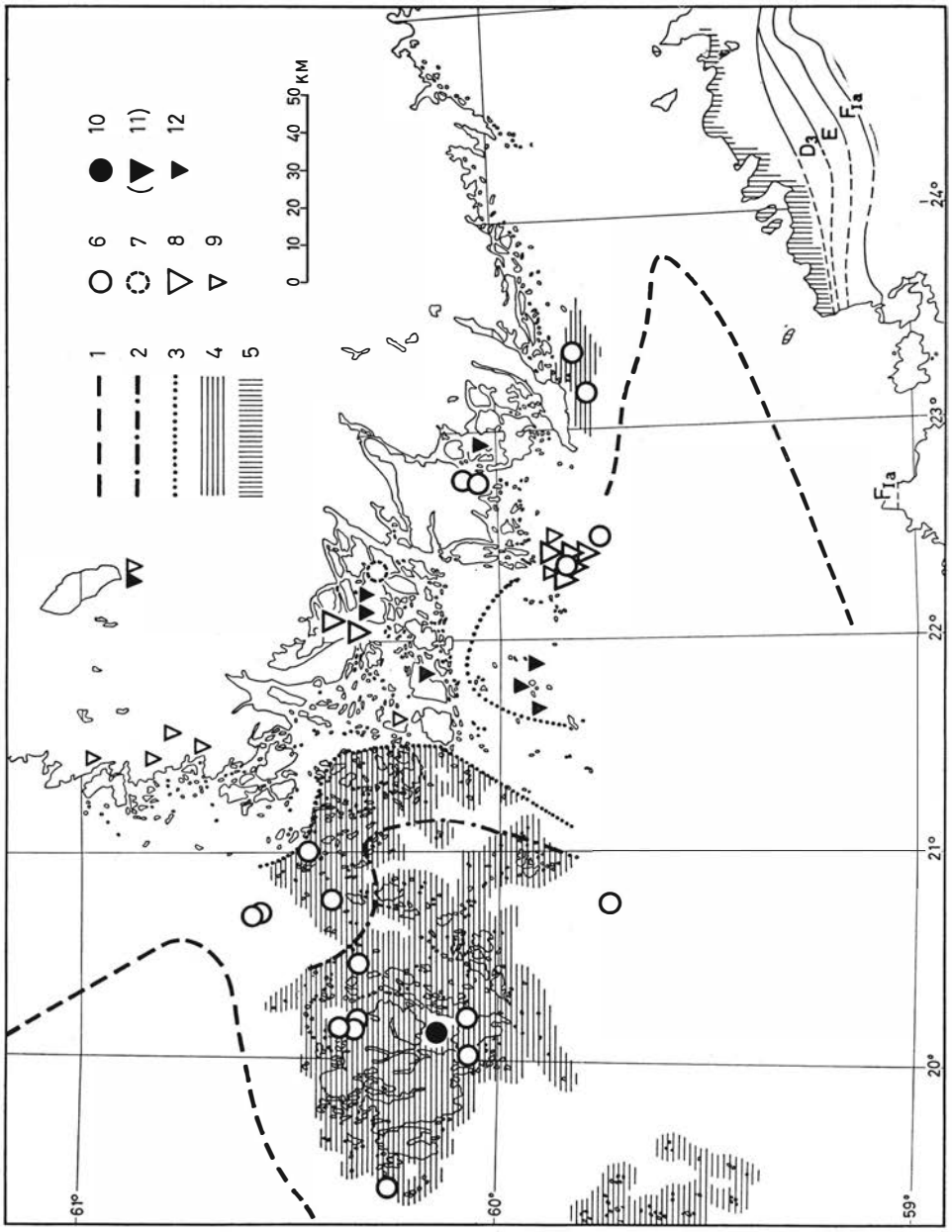
Die bisher vollständigsten Angaben über die Ostgrenze der südbottnischen Kalkmoränen dürften bei OLE EKLUND (1935, 1946, 1948, vgl. METZGER 1927) zu finden sein; EKLUNDS Ostgrenzen der absoluten Kalkwirkungen und der für Gefässpflanzen aktuellen Kalkwirkungen (1946, Fig. 2) sind eingezeichnet worden. Mit derselben Bezeichnung wie das åländische Gebiet sind das hier beschriebene Gebiet und die Stockholmer Schären, die innerhalb des südbottnischen Kalkwirkungsgebietes liegen dürften (vgl. LUNDQVIST 1953, Fig. 2), eingetragen worden; da ÖPIKS Gebiet des glintfremden Kalksteins nach anderen Gründen beurteilt ist (ÖPIK 1927, 1929, 1931), ist eine Sonderbezeichnung gewählt worden.

Die Einzelfunde ausserhalb dieser Gebiete stammen aus folgenden Quellen: WIMAN 1903, METZGER 1927, MIÖDH in ZENZÉN 1927, EDELMAN 1951, MARMO und LAITAKARI 1952, Museum d. Min.-Geol. Inst. der Akademie Åbo (Kalkgeschiebe von Pettu holme, Finby), briefliche Mitteilungen von A. LAITAKARI (Kalkgeschiebe bei Elijärvi, Yläne), G. PEHRMAN (mehrere Sandsteingeschiebe an den Ufern von Erstan bei Åbo), H. LUTHER (Kalkgeschiebe auf Björkö, Korpo, coll. 1954).

Angaben über kambrische Sandsteinvorkommen sind in folgenden Quellen zu finden: TANNER 1911, ESKOLA 1913, ASKLUND 1926, HAUSEN 1934, 1946, EDELMAN 1949, 1951, KAITARO 1949, 1953. Der von Skräbböle, Pargas, beschriebene Sandstein (HAUSEN 1934) wurde, ebenso wie der Sandstein von Illo und Lammala, Västanfjärd, von HAUSEN für mesozoisch gehalten. Da sich dies gegenwärtig nicht beurteilen lässt, ist die Lokalität jedoch mit einer Sonderbezeichnung eingetragen worden. Die Sandsteine von Karstula, Isojoki und Kauhajoki (SAURAMO 1924, vgl. METZGER 1927), deren Alter auch verschieden angegeben ist, fallen ausserhalb des Kartengebiets.

Auf Åland hat METZGER (in HAUSEN 1946) auch das Auftreten anderer festen Kalksteinvorkommen derselben Art wie der Lumparnkalk angedeutet. Sie sind nicht eingetragen worden. — Die etwaige Verbreitung der Vasalemma- (D_3), Rakvere- (E) und Saunjastufen (F_1a) ist eingezeichnet worden (nach „Geological Map of Estonia, compiled by V. JAANUSSON and J. MARTNA". Uppsala 1951. Masstab 1: 200 000).

Die Karte (Abb. 3) zeigt, wie die südwestfinnländische Landoberfläche, die, den Sandsteingängen nach, sich dem subkambrischen Peneplan genau anschliesst, sich zwischen dem südbottnischen und dem ostbaltischen Gebiet unter die Meeresoberfläche senkt. Nur in einem Fall (TANNER 1911, vgl. METZGER 1922) ist das Alter der Gänge mit Fossilien belegt. In den drei Geschiebegebieten, die zwischen dem åländischen und dem estnischen liegen, hat man das Vorkommen eingesenkter Kambrosilurgebiete als den Ursprung der Geschiebe behauptet (SEDERHOLM, ÖPIK, O. EKLUND). Die Tiefe einer solchen Einsenkung müsste also der Mächtigkeit vom oberen Ordovizium bis zur subkambrischen Sedimentationsfläche wenigstens gleichkommen, aber


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11)
12
0 10 20 30 40 50 KM
D3
E
F1a
F1a
24°
23°
22°
21°
20°
61°
60°
59°

in keinem Fall sind die tektonischen Möglichkeiten solcher Bewegungen nachgewiesen; die Hypothesen sind nur auf Geschiebefunde begründet. Die Natur des Lumparnfelsens, der als eingesenkt betrachtet worden ist, kann — wie oben angedeutet worden ist — nicht ohne eine neue und vollständige Tiefbohrung festgestellt werden.

Provenienz der Geschiebe.

Die Geschiebe des untersuchten Gebiets dürften nach den bisher bekannten Tatsachen nicht lokalen Ursprunges sein, auch dürften sie nach dem Hauptverlauf der Gletscherbewegungen nicht von dem südbottnischen Gebiet transportiert worden sein können. Es ist nicht wahrscheinlich, dass eine vom Gebiet gegen Norden zunehmende Frequenz ordovizischer Blöcke der Aufmerksamkeit vollständig hätte entgehen können. Es gibt keine Veranlassung für die Behauptung, dass von Eisbergen verschlepptes Material gerade im betreffenden äusseren Schärengebiet in grösseren Mengen als anderswo hätte abgeladen werden sollen. Überhaupt ist es schwierig, die begrenzte stratigraphische Zugehörigkeit und die wahrscheinlich ostbaltische Facies des Gesteins zu erklären.

Unter den in Tvärminne arbeitenden Naturwissenschaftlern, die die Kalkgeschiebe auf Segelskär beobachtet haben, ist es für natürlich gehalten worden, dass die Blöcke im rezenten Wintereis eingefroren von Estland verschleppt sein könnten. Es dürfte nicht schwierig sein, aktuelle Beispiele einer solchen Verschleppung zu finden. Man erwartete jedoch von einem solchen rezenten — oder subrezenten — Eistransport eine Musterkarte des ganzen ostbaltischen Paläozoikums und nicht Blöcke aus höchstens drei Stufen, die übrigens am rezenten Ufer von Glazialablagerungen bedeckt sind. — Dass eingefrorene Strandblöcke — sowie ausgeworfener Ballast — die vom Wintereis umhergeschleppt worden sind, oft eine Erklärung rätselhafter Blockfunde sein könnten, ist nicht ausser Acht zu lassen.

Abb. 3. Verbreitung kambrosilurischer Geschiebe und Gänge im südwestlichen Finnland. — 1. Grenzen des südbottnischen Kambrosilurgebiets, nach J. EKLUND, und des von ÖPIK angenommenen Kambrosilurgebiets in der Mündung des Finnischen Meerbusens. 2. Grenze der für Gefässpflanzen aktuellen Kalkwirkungen im Ålandgebiet, nach O. EKLUND. 3. Grenze der feststellbaren Kalkwirkungen im Ålandgebiet und im Gullkronagebiet, nach O. EKLUND. 4. Das südbottnische Kalkgeschiebegebiet und das hier beschriebene Gebiet. 5. Das Gebiet der glintfremden Kalkgeschiebe in Estland, nach ÖPIK. 6. Sandsteingänge. 7. Der Sandstein von Skräbböle, Pargas (HAUSEN). 8. Kambrische Geschiebe, zahlreich. 9. Kambrische Geschiebe, spärlich. 10. Der Lumparnkalkstein. 11. Ordovizische Geschiebe, zahlreich. 12. Ordovizische Geschiebe, spärlich.

Distribution of Cambro-Silurian boulders and Cambrian dikes in south-western Finnland. — 1. Limits of the South Bothnian Cambro-Silurian area, after J. EKLUND, *and of the Cambro-silurian area in the mouth of the Gulf of Finland suggested by* ÖPIK. *2. Limit of lime influence on vascular plants in the Åland area, after* O. EKLUND. *3. Absolute limit of influence of morainic lime in the Åland area, after* O. EKLUND. *4. Distribution of drift from the South Bothnian area and the drift area in the archipelago of Hangö and Ekenäs. 5. Distribution area of boulders of limestone foreign to the Estonian cliff, after* ÖPIK. *6. Sandstone dikes. 7. Cavity filling of sandstone in Archean limestone, Skräbböle, Pargas* (HAUSEN). *8. Cambrian boulders, numerous. 9. Cambrian boulders, few. 10. The rock of Upper Ordovician "Baltic limestone" in Lumparn. 11. Ordovician boulders, numerous. 12. Ordovician boulders, few.*

Wahrscheinlich hängen die Geschiebe in den Schären von Hangö und Ekenäs mit den estnischen glintfremden Geschieben zusammen und haben denselben Ursprung. Ob dies auch mit dem Moränenkalk und den wenigen Geschieben, die bisher im Gullkronagebiet gefunden worden sind, der Fall ist, kann vorläufig nicht beurteilt werden.

Es liegt nahe, das Vorkommen der Geschiebe als das Ergebnis eines Differentialstroms während der Vereisung zu erklären. Es erscheint sehr auffallend, dass die kräftigen morphologischen Züge des Ostseebeckens, u. a. der Glint und seine untergetauchte Fortsetzung, nicht ohne Komplikationen von den frühen Eisströmen forciert werden konnten. Es gibt tatsächlich Beobachtungen, die eine solche Auffassung stützen. EDELMAN hat in seiner glazialmorphologischen Arbeit über das Gullkronagebiet (1951) das ehemalige Vorhandensein eines solchen Differentialstroms nach Sichelbrüchen im Gullkronagebiet und nach ähnlichen Beobachtungen in Südfinnland von HYYPPÄ, OKKO und VIRKKALA angedeutet. Er zitiert auch (op. c. S. 116) eine mündlich vorgeschlagene Hypothese von HYYPPÄ, der eine Differentialbewegung gegen Osten als die Folge einer Aufdämmung des Eises vor der Schwelle zwischen Svenska Björn und Sarjewo, südlich vom Åländischen Meer, behauptet. Die Bewegungsrichtung dürfte im betreffenden Gebiet nach EDELMAN von WSW gegen ONO sein; EDELMAN schlägt auch vor, dass die Geschiebe im Gullkronagebiet von WSW transportiert worden sein könnten, falls die Frequenz kalkiger Moränenbeimischungen wirklich gegen NW abnimmt.

Eine solche Hypothese dürfte das Vorhandensein eines Kalkmoränengebiets an der Mündung des Finnischen Meerbusens, ohne unbelegte Annahmen versunkener Gebiete, erklären können. Erosion an oder nahe der untergetauchten Fortsetzung des Glintes könnte den Gehalt an ostbaltischen Gesteinen erklären. Wenige Belege für diesen behaupteten Eisstrom sind bisher vorgebracht worden, und es ist überhaupt schwer die Rekonstruktion eines frühen Vergletscherungsstadiums durchzuführen. Dies wäre aber notwendig, um das Auftreten der Geschiebe so weit gegen Norden wie unter den äussersten finnländischen Schären erklären zu können.

Zusammenfassung.

Geschiebe ordovizischer Gesteine kommen in den äusseren Schären von Hangö und Ekenäs vor. Wegen der auftretenden Dolomitisierung und des Vorkommens von Geschieben, die wahrscheinlich aus der Vasalemmastufe stammen, dürften sie faziell zu dem estnischen Ordovizium gehören; stratigraphisch dürften sie nicht ausserhalb der drei Vasalemma-, Rakvere- und Saunjastufen zu stellen sein.

An dem westlichen Teil der estnischen Küste kommen ähnliche Geschiebe vor (ÖPIK). Auch westlich von Hangö kommen kalkbemengte Moränen vor,

die von den südbottnischen Kalkmoränen durch ein kalkoses Gebiet getrennt sein dürften (O. EKLUND). Es ist nicht wahrscheinlich, dass die Geschiebe aus lokalen, versunkenen Kalksteingebieten stammen. Einige Beobachtungen (von EDELMAN zusammengestellt) deuten darauf, dass die Geschiebe von einem gegen Osten in den Finnischen Meerbusen abweichenden Differentialstrom, während eines frühen Stadiums der spätesten Eiszeit, transportiert worden sein können.

Die Anregung zur Untersuchung dieses Geschiebegebiets verdanke ich zum grossen Teil Dozent Dr. H. LUTHER, Helsingfors, der mir eine wertvolle Introduktion und später mehrmalige Ratschläge über finnländische Schärenverhältnisse gegeben hat. Fil. lic. V. JAANUSSON, Uppsala, hat freundlichst das Fossilmaterial durchgesehen; seine Erfahrung von den estnischen geologischen Verhältnissen ist mir eine grosse Hilfe gewesen. Durch das Entgegenkommen der Professoren Dr. P. THORSLUND und Dr. P. PALMGREN und Dozent Dr. E. PALMÉN habe ich die Hilfsmittel des Paläontologischen Instituts in Uppsala bzw. der Zoologischen Station in Tvärminne zu meiner Verfügung gehabt.

Bei der Zusammenstellung des Geschiebe- und Gangmaterials wurden dank der freundlichen Literaturangaben des Direktors Professor Dr. A. LAITAKARI, Helsingfors, die Sandsteingänge von Åva und Mariehamn und mehrere Einzelfunde meiner Karte beigefügt. Angaben oder Briefantworten betreffs dieser Karte habe ich von Dr. N. EDELMAN, Viljakkala, Dr. B. KURTÉN, Helsingfors, Professor Dr. G. PEHRMAN, Åbo, Fil. kand. R. REPO, Helsingfors, und Industrierat Dr. M. SERGELIUS, Helsingfors, bekommen.

Professor Dr. O. ZDANSKY hat mein Manuskript sprachlich durchgesehen. Die Abbildungen 1 und 3 sind von Frau I. THOMASSON gezeichnet worden, Abbildung 2 ist von Herrn N. HJORTH angefertigt worden.

Allen wünsche ich einen herzlichen Dank auszusprechen.

Paläontologisches Institut der Kgl. Universität Uppsala, Dezember 1954.

Literatur.

ASKLUND, B., 1926: I. Fynd av kambrisk sandstensgång och jotnisk basalbreccia. — Nya data till Ålands geologi. — Geol. Fören. Förh. Bd 48, H. 4. Stockholm.

BACKLUND, H., 1937: Die Umgrenzung der Svekofenniden. — Bull. Geol. Inst. Upsala. Vol. XXVII. Upsala.

EDELMAN, N., 1949: Sandsten. — Geologi N:o 2: 1949. Helsinki.

——, 1949: Några morfologiska drag i Gullkronaområdet. — Geologi N:o 8: 1949. Helsingfors.

——, 1951: Glacial Abrasion and Ice Movement in the Area of Rosala — Nötö, S. W. Finland. — Bull. Comm. Géol. Finl. N:o 154. Helsinki.

EKLUND, J., 1952: Bergarternas betydelse för markens bördighet. — Atlas över Sverige. Stockholm.

EKLUND, O., 1935: Silurmoränen i Skärgårdshavet. — Terra, 47: 2–3. Helsingfors.

——, 1946: Das Gullkrona-Problem. — Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica 22. Helsingforsiae.

——, 1948: Skärgårdsväxterna och kalken. — Skärgårdsboken. Helsingfors.

ESKOLA, P., 1913: On Phenomena of Solution in Finnish Limestones and on Sandstone Filling Cavities. — Bull. Comm. Géol. Finl. N:o 36. Helsingfors.

FAGERSTRÖM, L., 1954: Västgeografiska studier i Strömfors-Pyttis skärgård i östra Nyland, med speciellt beaktande av lövängarna, artantalet samt en del arters fördelning och invandring. — Acta Botanica Fennica 54. Helsingforsiae.

HAUSEN, H., 1934: Über ein neuentdecktes Kaolin-Sandstein-Vorkommen im kristallinen Kalkstein auf Pargas-Ålön, gegend von Åbo-Turku, SW. Finnland. — Medd. Åbo akad. geol. mineral. inst. N:o 16. — Acta Academiae Aboënsis, Mathematica et Physica VIII, N:o 1. Åbo.

——, 1946: 3. Berggrunden, dess stenarter, mineral, sprickor och ytformer. — »Ålands natur», utgiven av H. Hausen. Åbo.

HULTÉN, E., 1950: Atlas över växternas utbredning i Norden. Stockholm.

HÖGBERG, E., 1950: Färgningsmetoder för fältundersökning av karbonatbergarter. (Summary in English.) — Geol. Fören. Förh. Bd 72, H. 3. Stockholm.

JAANUSSON, V., 1944: Übersicht der Stratigraphie der Lyckholm-Komplexstufe. — Comptes Rendus de la Société Géologique de Finlande. N:o XVI. Helsinki.

——, 1945: Über die Stratigraphie der Viru- resp. Chasmops-Serie in Estland. — Geol. Fören. Förh. Bd 67, H. 2. Stockholm.

——, 1952: Untersuchungen über die Korngrösse der ordovizischen Kalksteine. — Geol. Fören. Förh. Bd 74, H. 2. Stockholm.

——, 1955: Untersuchungen über die oberordovizische Lyckholm-Komplexstufe in Estland. — Annales Societatis Rebus Naturae Investigandis in Universitate Tartuensi Constitutae. N.S.I. Editio Saecularis. (Im Druck). Lund 1955.

KAITARO, S., 1949: Lisää kambrisia hiekkakivijuonia. — Geologi N:o 3–4: 1949. Helsinki.

——, 1953: Geologic Structure of the Late Pre-cambrian Intrusives in the Åva Area, Åland Islands. — Bull. Comm. Géol. Finl. N:o 162. Helsinki.

KULLING, O., 1926: II. Den nyupptäckta östersjökalken i Lumparfjärden. — Nya data till Ålands geologi. — Geol. Fören. Förh. Bd 48, H. 4. Stockholm.

LUNDQVIST, G., 1953: Jordarterna. — Atlas över Sverige. Stockholm.

MARMO, V. ja LAITAKARI, A., 1952: Lounais-Suomen rikkikiisukonkretioista. With an English Summary: On the Pyrite-concretions of South West Finland. — Geoteknillisiä julkaisuja N:o 53. Helsinki.

MARTNA, J., 1955: Notes on the Upper Ordovician and Lower Silurian of the Tapa District, Estonia. — Annales Societatis Rebus Naturae Investigandis in Universitate Tartuensi Constitutae. N.S.I. Editio Saecularis. (Im Druck.) Lund.

METZGER, A., 1922: Beiträge zur Paläontologie des nordbaltischen Silurs im Ålandsgebiet. — Bull. Comm. Géol. Finl. N:o 56. Helsingfors.

——, 1927: Zur Kenntnis des Nordbaltischen Kambro-Silurs auf Åland und im südwestlichen Küstengebiet Finnlands. Vorläufige Mitteilung. — Fennia Bd 47, N:o 12. Helsingfors.

ÖPIK, A., 1927: Die Inseln Odensholm und Rågö. Ein Beitrag zur Geologie von NW-Estland. — Tartu Ülikooli Geoloogia-instituudi Toimetused No 9. Tartu.

——, 1929: Studien über das estnische Unterkambrium (Estonium) I–IV. — Tartu Ülikooli Geologia-instituudi Toimetused No 15. Tartu.

——, 1931: Über einige Karbonatgesteine im Glazialgeschiebe NW-Estlands. — Tartu Ülikooli Geoloogia-instituudi Toimetused No 25. Tartu.

RUDBERG, S., 1954: Västerbottens berggrundsmorfologi. — Geographica Nr 25. Uppsala.

SAURAMO, M., 1916: Über das Vorkommen von Sandstein in Karstula, Finland. — Fennia Bd 39. N:o 7. Helsingfors.

——, 1942: En djupborrning genom silurkalksten i Lumparfjärden, Åland. — Soc. Sci. Fenn. Comm. Phys. Math. XI: 12. Helsingfors.

TANNER, V., 1911: Über eine Gangformation von fossilführendem Sandstein auf der Halbinsel Långebergöda-Öjen im Kirchspiel Saltvik. Åland-Inseln. — Bull. Comm. Géol. Finl. N:o 25. Helsingfors.

WIMAN, C., 1893: Über das Silurgebiet des Bottnischen Meeres. — Bull. Geol. Inst. Upsala. Vol. I. Upsala.

——, 1903: Studien über das Nordbaltische Silurgebiet I. Bull. Geol. Inst. Upsala. Vol. VI. Upsala.

——, 1907: Studien über das Nordbaltische Silurgebiet II. — Bull. Geol. Inst. Upsala. Vol. VIII. Upsala.

ZENZÉN, N., 1927: En skriftväxling år 1761 mellan Daniel Tilas och prosten Abraham Miödh angående fyndet av ett fossilförande kalkstensblock på ön Nagu. — Geol. Fören. Förh. Bd 49, H. 2. Stockholm.