

BEWEGUNGEN DES INLANDEISES IM LOHJA—SEEBECKEN, SÜDFINNLAND

GUNNAR GLÜCKERT

GLÜCKERT, GUNNAR 1971: Bewegungen des Inlandeises im Lohja—Seebecken, Südfinnland. *Bull. Geol. Soc. Finland* 43, 173—184.

About 760 glacial striae measurements made on polished bedrock outcrops indicate variations in the direction of the movement of Fennoscandian ice-stream in the lake basin of Lohjanjärvi, South Finland. Three major ice-movements of different ages can be observed in the area. The oldest were westerly (240—290°) and the middle flow direction from NNW (320—350°). The youngest glacial movement advancing from a WNW direction (290—320°) was controlled more strongly by the topography than the others. The great NW—SE, N—S and ENE—WSW orientated depressions in the 59-m-deep basin of Lohjanjärvi represent tectonic fracture lines, and they have in a noticeable degree turned the direction of the ice flow in the basin. The lake is a preglacial depression. Its bedrock was originally formed by strong folding and fracturing of the Svecofennian mountain followed by weathering and hollow formation of gneissose limebearing zones and finally by glacial erosion of several ice ages. Two groups of small rock drumlins are formed in the direction of the main ice flow in plane areas at Vohloinen and Lohjansaari. The so-called »Zungenbecken« formations occur in some deep bays near the town of Lohja.

Gunnar Glückert, Institut für Quartärgeologie, Universität Turku, 20500 Turku 50, Finnland.

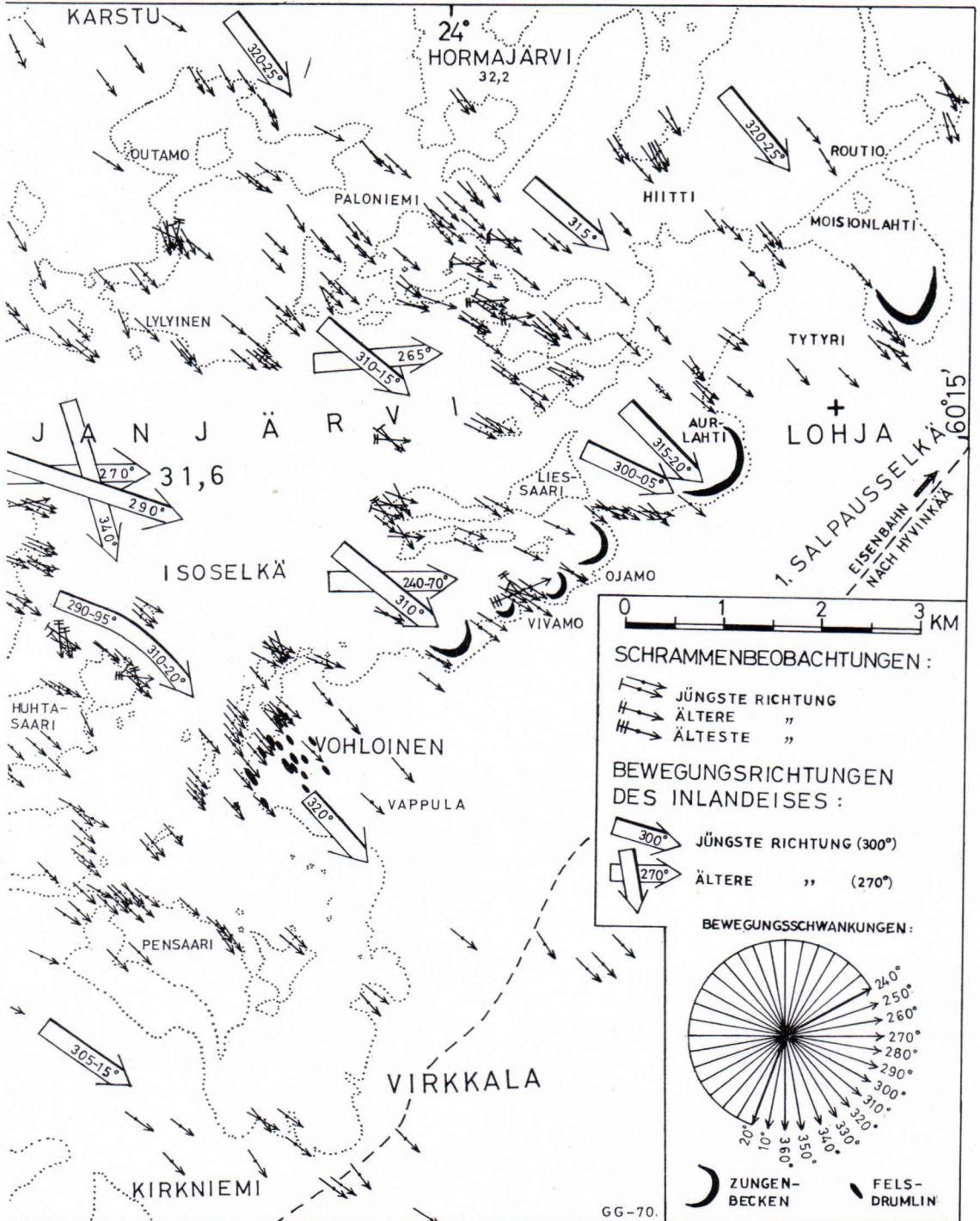
Einleitung

Etwa um die Mitte des letzten Jahrhunderts sind dem Lohjanselkä (1. Salpausselkä) und dem Lohja-Seebecken naturwissenschaftliche Untersuchungen zugewandt worden. Schon auf Nordenskiöld's (1863 S. 14—15) klassischer Schrammenkarte von Finnland sind Messungsergebnisse über die nordwestliche Hauptrichtung der fennoskandischen Eisbewegung in den Kirchspielen Lohja und Karjalohja angegeben. In Jernströms (1876 S. 82—87) Reisebericht werden aus dem Gebiet des Lohja-Sees 39 Schrammenbeobachtungen erwähnt, die zwischen 290 und 345° liegen,

während Kreuzverschrammung zwischen 326 und 327 sowie 300 und 302° wahrzunehmen ist. Hult (1887 S. 300—304, 333—340) hat die erste Untersuchung über die Entstehung des Lohja-Seebeckens und eine Tabelle mit 94 Schrammenbeobachtungen dargestellt. In der geologischen Kartenblatt-Erläuterung Mobergs (1889 S. 15—16) sind Schrammenbeobachtungen in der Gegend von Lohja angeführt. Boldt (1896) hat die erste Tiefenkarte vom östlichen Teil des Sees sowie Streng (1897) eine solche von dessen westlicher Hälfte publiziert. In Leiviskäs Salpausselkädokument sind in Lohja vorkommende



Abb. 1. Das Untersuchungsgebiet mit den Schrammen-



beobachtungen und Hauptflussrichtungen des Inlandeises.

Schrammen (325°) angegeben (Leiviskä 1920 S. 293—294). Saalas (1934) stellt einiges über die Entstehungsgeschichte der Gegend von Lohja und ihre geologischen Sehenswürdigkeiten dar.

Unter den Forschern, die die glazigene Felsabtragung und Landeisbewegungen in Fennoskandien in den letzten Jahrzehnten analysiert haben, seien u.a. Holmström (1904), Ljungner (1930), Helaakoski (1940), Virkkala (1948, 1951, 1960 a und b, 1962, 1969), Mölder (1948), Edelman (1949, 1951), Okko (1949, 1950), Svensson (1955), Johansson (1956), Markgren (1956) und Repo (1957) erwähnt. Der Verfasser hat im Seebecken Eisschrammenobservationen ausgeführt, deren rd. 760 Messungswerte zwischen 240 und 350° sowie 10 und 15° liegen.

Relief, Felsgrund und Erdboden

Die Lage des Untersuchungsgebiets ist auf der Karte Abb. 1 dargestellt. Der südlichste der grossen Binnenseen Finnlands ist das Lohja-Seebecken (60°14' N und 23°55' O), dessen Entfernung vom Finnischen Meerbusen etwa 15 km beträgt. Das Gebiet des Lohja-Sees, der 31.6 m ü.d.M. liegt, umfasst eine etwa 15 × 20 km weite Fläche Südfinnlands westlich der Stadt Lohja. Die östliche Hälfte des Sees ist durch die über 3 km breite offene Wasserfläche, den Isoselkä, gekennzeichnet, während die 3 × 10 km messende Insel Lohjansaari sowie mehrere lange, schmale Sunde und Halbinsel das westliche Seegebiet bilden.

Der Oberflächengestaltung gemäss gehört das Gebiet von Lohja nach Granö (1931 S. 5) zu dem Hügel- und Berglandtyp mit relativen Höhenunterschieden von 30—70 m. Die absolute Höhe im Bereich des Seegebiets wechselt zwischen 40 und 80 m, und nur wenige Gipfelpunkte liegen höher als 80 m. Die absoluten Höhen der Uferfelsen betragen grösstenteils bis zu 50—70 m ü.d.M. Sie liegen somit deutlich unter den Scheitelhöhen der Felserrhebungen in der See-Umgebung, die SO von Lohja 80—100 und NW davon 90—110 m ü.d.M. erreichen (Glückert 1969b S. 134—137).

Nach Hult (1887 S. 286—291) beläuft sich die Mittelhöhe der höchsten Felsen im ebenen Seegebiet auf 71 m; sie ist für die Grenzhöhenwerte von 54—94 m berechnet worden. Nach Hult bildet die Scheitelfläche der höchsten Felsgipfel des Seebeckens eine alte Erosionsfläche, die sich mit einem Gefälle von 0°6'—0°8' langsam gegen den Finnischen Meerbusen neigt (vgl. Tanner 1938 und Glückert 1969 b S. 134—137). Nach Renkonen (1933 S. 14) beträgt die Mittelhöhe des Geländes im Bereich des Lohja-Seebeckens gemäss verschiedenen Methoden 54.7—64.3 m ü.d.M.

Das Lohja-Seebecken wird von mehreren uralten Bruchtälern verschiedener Richtungen durchzogen, die tiefe Sunde und lange Buchten bilden. Die Formen dieser Gräben sind im Zusammenhang mit ungleichaltrigen Bruch- und Verwerfungsbewegungen im Felsgrund entstanden, von denen die deutlichsten orographischen Hauptlinien NW—SO-, SW—NO- und N—S-gerichtet sind (vgl. Hult 1887 S. 229—232, Moberg 1889, Boldt 1896, Streng 1897, Härme 1960 Beilage I und Glückert 1969a S. 11, 1970 S. 17).

Die Tiefenverhältnisse des Sees sind, ausser einigen Messungen der Finnischen Geologischen Kommission in den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts von Boldt (1896) und Streng (1897) mittels über 5 000 Tiefenlotungen ausführlich untersucht worden. Nach den von ihnen herausgegebenen Tiefenkarten liegt der Seeboden des tiefsten und grössten Grabens in der Mitte des Isoselkä, wo die grössten Bruchlinien einander kreuzen, ganze 58 m (59 m nach Hult, 1887) tief oder 27—28 m unter dem gegenwärtigen Wasserspiegel der Ostsee. Auf der Tiefenkarte umreist die 50 m Kurve annähernd ein Areal von zwei km² innerhalb der ganzen Bodenfläche des Isoselkä. Nach den Lotungen durchziehen mehrere tiefe Furchen in den Richtungen der grössten Verwerfungslinien den Seeboden des Isoselkä. Ausser dem Zentralgraben sind im See mehrere 20—40 m tiefe, ziemlich lange Gräben in den Bruchzonen zu finden. Z.B. beträgt die

Maximaltiefe der Bucht Karstunlahti 36—40 m, wie aus der Tiefenkarte des Sees ersichtlich ist (vgl. auch Hult 1887 S. 229—235).

Im Zentrum der südfinnischen Svekofenniden in der Gegend des Lohja-Sees in West-Uusimaa verläuft in der Richtung des Wurzelgebiets der archaischen Grundgebirgskette eine breite Zone, die in Tektonik, Gesteinsart und Fazies deutlich von dem umgebenen Felsgrund abweicht. Das Gerüst der Felsunterlage in Lohja bilden Pyroxendiorite und -gneise sowie Kinzigit. Mehrere Variationen von Pyroxengneisen werden angetroffen, die stellenweise gefaltete Kalkschichten enthalten. Die geschichteten, 5—50 m breiten Karbonatadern bestehen bisweilen aus reinem Kalzit, hier und da wiederum aus silikathaltigem Kalzitgestein, das Quarz- und Feldspatkörner enthält (Parras 1941 S. 485—487, 1946, 1958, Härme 1960 S. 16—20 und Glückert 1969a S. 9, 1970 S. 17—18).

Auf der Felsgrundkarte sind die häufigsten Gesteinsarten im Seegebiet kalkhaltiger, pyroxenführender Gneis, granathaltiger Quarz-Feldspatschiefer und -gneis oder Leptit, die Adern von Mikroklingranit, Kalzit, Amphibolit und Glimmergneis enthalten, sowie saure Tiefengesteine, vorwiegend Mikroklingranit, Amphibolit, Amphibolitgneis und Glimmergneis (Parras 1941, 1958, Salli 1955 und Härme 1960).

Eine etwa 5 km breite Zone mit kalkführenden Gesteinsarten durchzieht das Seegebiet zwischen Karjalohja, Lohjansaari und der Stadt Lohja. Die für das Gebiet von Lohja typische Leptite enthalten stellenweise gefaltete, steileinfallende kalkführende Schichten in unterschiedlich dicken Adern, die man an den Uferfelsen besonders auf Lohjansaari, der Halbinsel Karkalinniemi, einigen kleinen Inseln und in der Stadt Lohja beobachten kann. Die schönsten Faltungen im Kalkgestein werden in der Steilwand Ämmänkallio in Maila auf Lohjansaari angetroffen (Abb. 2) (vgl. Hult 1887 S. 261—263, Moberg 1889 S. 24, Saalas 1934 S. 48—49 und Eskola 1957 S. 263—264). Die grössten Kalksteinvorkommen liegen unter 10—60 m mächtigen Wasser- und Erdschichten

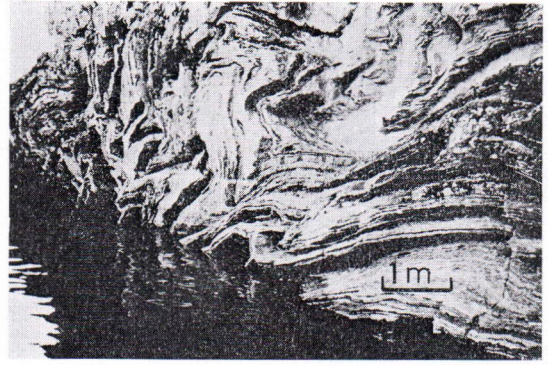


Abb. 2. Stark gefaltete kalkhaltige Gneisader an dem senkrecht aus dem See ragenden Uferfelsen Ämmänkallio an der Spitze der Halbinsel Maila auf Lohjansaari. Die Koordinaten der Beobachtungsstelle, 66 8077/4 9047, sind auf der topographischen Grundkarte angegeben. Photo P. Glückert 1960.

in der Stadt Lohja und den sie umgebenden Seebuchten.

Das Lohja-Seebecken liegt in dem wasserreichen Gebiet zwischen den beiden Salpausselkä-Landrücken. Kahle Felsblößen gibt es besonders an den Ufern des Sees in reichlichem Masse, aber die abgerundete Felsunterlage ist, wie in Finnland allgemein, grösstenteils von losen quartären Ablagerungen bedeckt. Die Formen der Bodenbedecke sind beinahe überall deutlich durch das Relief des Felsgrundes bedingt.

Die Ton- und Schluffablagerungen, die im Untersuchungsgebiet am weitesten verbreitet sind und die 10—30 % des Bodenflächenraums ausmachen, bedecken die ebenen, niedriggelegenen Gebiete. Die zweithäufigste lose Bodenart ist Moräne, die als 1—5 m mächtige Bedeckung im allgemeinen die übrigen glazigenen und postglazialen Absätze unterlagert. Sandige, nicht besonders stein- und blockreiche Moräne ist im Gebiet Lohja spärlich vorhanden. Auf der grossen Insel Lohjansaari gibt es moränenbedeckte Felshänge jedoch weitaus reichlicher und sogar einheitliche Moränengebiete, die hohe Felsgebiete überziehen. Die Moräne auf Lohjansaari ist auch etwas schluffartiger und enthält mehr Karbonate als im übrigen Untersuchungsgebiet.

Sortierte Bodenarten, Kies, Grob- und Feinsand, kommen meistens als mächtige Strandablagerungen vor, z.B. in Karjalohja und Lohja, wo die Salpausselkäs das Ufer des Sees begleiten, sowie als kleine Ablagerungen auf den Hängen der Felsen auf Lohjansaari. Torfschichten sind im Untersuchungsgebiet ausserordentlich spärlich anzutreffen (z.B. Glückert 1969a S. 9—10, 1969b S. 135 und 1970 S. 18).

Die Rundhöckerskulptur und Eisschrammensysteme

Überall im Bereich des Seegebiets, wo der Felsgrund unter den losen Bodenarten hervortritt oder wo der Bodenüberzug dünn ist, herrschen allgemein abgerundete Oberflächenformen vor. Die Anzeichen erosiver Tätigkeit des Eises sind am schärfsten an den gegenwärtig abgewaschenen Uferfelsen zu sehen, wo die geschliffenen Rundhöcker mit ihren typischen Formen der glatten Proximal- und der schroffgebrochenen Distalseiten zu erkennen sind. Die allerschönsten, ovalen Rundhöcker ragen als kleine Felsinseln und Klippen aus dem See empor.

Beim Analysieren der Richtungen der Eisbewegung hat der Verfasser hauptsächlich glaziale Eisschrammenobservationen benutzt, da die Messung einzig nach der Form des geschliffenen Felsrückens ungenau ist. Das Messen der Schrammen ist mit dem Kompass mit 5° Genauigkeit erfolgt. Der Mittelwert der Schrammenbeobachtung ist aus mehreren Messungswerten an einem und demselben Felsen berechnet worden. Dazu haben die flache, der Eisbewegung zugekehrte Stossseite oder die möglichst waagerechte Oberseite des Rundhöckers gedient, auf der die Schrammenrichtung nicht so sehr von der mittleren Eisbewegungsrichtung abweicht wie auf den schräger abfallenden und gewölbten Seitenflächen und den zersprungenen Distallagen der Felshöcker.

Auf das Vorhandensein der einander schneidenden Schrammen unterschiedlichen Alters ist besonders aufmerksam geachtet worden. Mit der

Eisschrammenmethodik können sowohl der Vereisungsverlauf als die Erosionsgrösse geschätzt werden (vgl. Mattsson 1954 S. 143—152). Postglaziale, durch Uferkräfte, meistens Eisexpansion, verursachte Schrammen, Kritze und andere Erosionsmarken sind bei den Messungen nicht in Betracht gezogen worden. Kurze gekrümmte Schrammen sind oft durch kleine sich schräg bewegende Steine verursacht worden (vgl. Markgren und Rasmusson 1961 S. 146—151).

An der Wassergrenze der glattpolierten Schleifflächen sind die allerdeutlichsten Anzeichen glazialer Wirksamkeit zu finden. Die Gesteinsart und ihre Schichtstellung wirken jedoch ganz ausschlaggebend auf das Bewahren der Schrammen ein. Auf den feinkörnigen Amphiboliten und Glimmergneisfelsen sind die Anzeichen gewöhnlich am besten erhalten, aber die grobkörnigen Granite (Pegmatite) und die kalkhaltigen Gesteinsadern sind oft gänzlich verwittert, wodurch die Spuren der Gletscherabtragung völlig vernichtet worden sind (Abb. 3 und 4).

Viele Spalten in der Oberfläche der Felshöcker nahe bei der Wassergrenze sind schon präglazial stärker und tiefer als das Nebengestein verwittert. Während der Eiszeit hat das Eis diese Spalten ausgeräumt und vertieft sowie ihre gerundeten Sohlen mit Schrammen versehen. Die schon präglazial vorhandenen verwitterten Vertiefungen alter Spalten und eine subglazial wirkende Frostspaltung haben die erodierende Wirkung des Eises befördert. In der Abtragung und Verwitterung einiger Spalten lässt sich die Arbeit mehrerer verschiedener Eisbewegungen und möglicherweise zweier Vereisungen und einer Interglazialzeit mit Verwitterung erkennen, was auch Tanner (1938 S. 429—431), Korpela (1962 S. 30), Okko (1964 S. 251) und Aartolahti (1968 S. 21) in ihren Untersuchungen anderswo in Finnland vermutet haben (Abb. 5).

Die Kalkadern sind noch schneller durch die Verwitterung ausgeräumt worden, weshalb die kalkreichen Gesteine keine Schrammen aufweisen. Durch chemische Lösung im Kalkge-

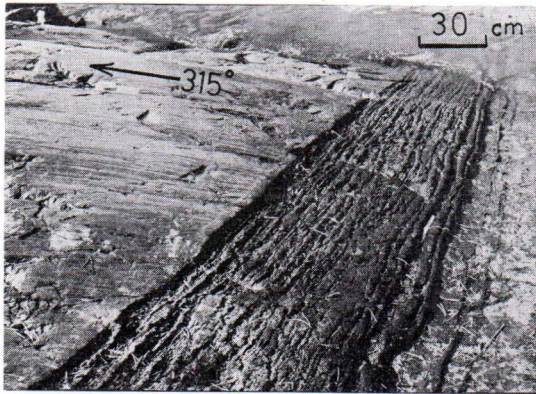


Abb. 3. Eine etwa 50 cm messende verwitterte Kalkader durchquert das Gneisgestein mit deutlichen Schrammen (315°) auf der Halbinsel Ruosniemi am SW-Ende der Insel Lohjansaari. Koordinaten: 66 7569/4 8810. Photo G. Glückert 10. 8. 1970.

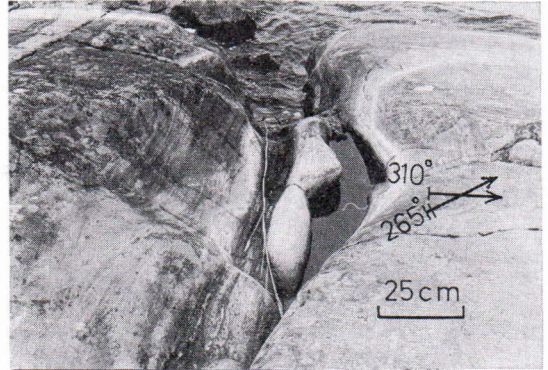


Abb. 5. Die kalkführende Spalte im granathaltigen Quarz-Feldspatschiefer und Glimmergneis auf der Insel Huhtasaari ist durch präglaziale Verwitterung und Glazialerosion entstanden. Koordinaten: 66 7933/4 9545. Photo G. Glückert 26. 9. 1970.

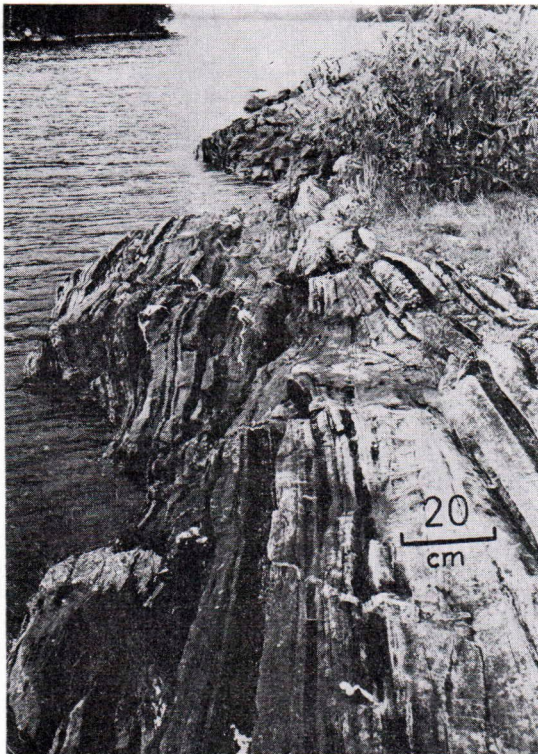


Abb. 4. Von den stark verwitterten, steil nach NW einfallenden kalkführenden Gneisschichten auf der nördlichsten Kleininsel der Selkäsaaret (Paratiisaaret) im Sund zwischen Torhola und Askola sind alle Anzeichen glazialer Tätigkeit völlig verwischt worden. Koordinaten: 66 8244/4 9417. Photo G. Glückert 25. 8. 1970.

stein eingedrungene etwa 5—15 cm tiefe Aushöhungen sind z.B. in Maila und an der Spitze der Halbinsel Karkalinniemi zu beobachten (Abb. 6).

Ungleich grosse glaziale Abtragungs- und Bruchanzeichen, die meistens breiter und stärker ausgebildet als die Schrammen sind, lassen sich in Felsflächen wahrnehmen. Deutliche Schlifffacetten, trogförmige Furchen, Rinnen und Klüfte, Sichelbrüche, Parabelrisse, kleine Gletschermühlen und Dreieckbrüche erscheinen, wenn auch verhältnismässig selten, in den frisch blossgelegten Uferfelsen. Solche eisbedingten Exarationsanzeichen in Rundhöckern sind u.a. von Ljungner (1930), Helaakoski (1940), Virkala (1948, 1951, 1960b), Edelman (1949, 1951), Okko (1950, 1964), Johnsson (1956), Flint (1957) und Repo (1957) eingehend untersucht worden (Abb. 7 und 8).

Die gegenseitige Einstellung der einander kreuzenden Schrammen sowie die an den Rundhöckern sichtbaren verschiedenartigen Erosionsfacetten erweisen die Altersverhältnisse der einzelnen Fliessrichtungen des Inlandeises. Nach dieser Untersuchung lassen sich im Lohja-Seebecken drei regionale, ungleichaltrige Eisströmungsphasen unterscheiden. Die Schrammen der

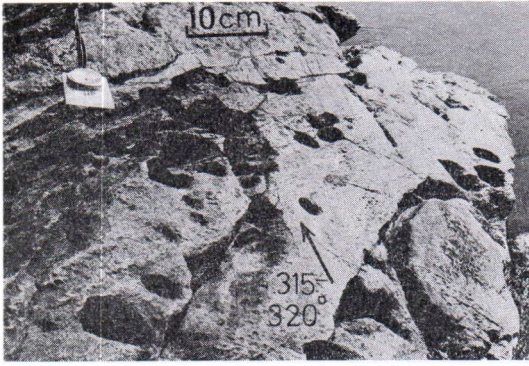


Abb. 6. Kleine Aushöhlungen sind durch chemische Verwitterung in einer breiten Kalkader in dem Uferfelsen an der Spitze der Halbinsel Karkalinniemi entstanden. Koordinaten: 66 8058/4 8811. Photo G. Glückert 27. 8. 1970.

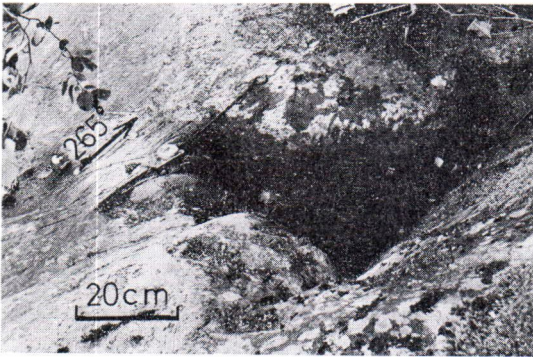


Abb. 7. Ein Dreieckbruch auf der Insel Seppälänsaari. Koordinaten: 66 8111/4 9213. Photo G. Glückert 10. 8. 1970.



Abb. 8. Kleine Vertiefungen im Uferfelsen auf der Insel Huhtasaari vertreten Anfänge rundlicher Gletschertöpfe. Koordinaten: 66 7933/4 9545. Photo G. Glückert 26. 9. 1970.

jüngsten Richtung der Landeisbewegung, zwischen 290 und 320°, sind überwiegend vorherrschend und am stärksten markiert, und der ganze Felsen hat sich meistens gemäss ihrer Richtung gestaltet (vgl. Glückert 1969a S. 9, 1969b S. 134 und 1970 S. 17).

In den vor der letzten Gletscherabtragung geschützten Lagen, besonders auf den Leeseiten und in kleinen Vertiefungen, haben sich Anzeichen älterer Facetten und früherer Verschrammung erhalten. Zwei ältere, im allgemeinen deutliche Schrammenrichtungen sind im Bereich des Seebeckens festgestellt worden. Am allerältesten scheint jene Ankunftsrichtung der Eisbewegung zu sein, die von Westen her gekommen ist (240—290°). Diese älteste Orientierung ist im Gebiet des Isoselkä noch durch jüngere, undeutliche, nördliche Schrammen (320—350°; mittlere Richtung) abgenutzt und zum Teil ausgelöscht worden (Abb. 9 und 10).

An den steilhängigen Felsen und vielgestaltigen Uferfelsen grosser Bruchlinien kann man lokale reliefbedingte Abweichungen der Eisbewegung von 10 bis 30° beobachten (vgl. z.B. Helaakoski 1940 S. 6 und Virkkala 1951). Die Strömungsrichtung des Inlandeises scheint deutlich auch vom Grossrelief des Untergrundes abhängig zu sein. Dies geht aus der 20—40° betragenden Abweichung der Eisbewegung nach

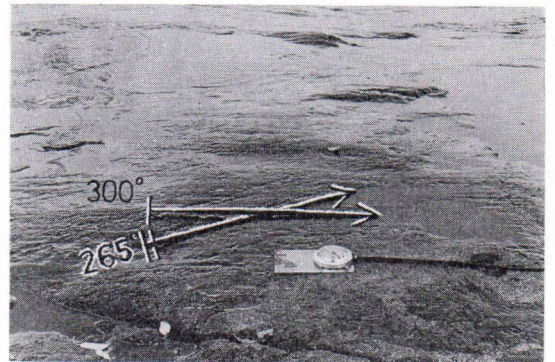


Abb. 9. Deutliche Kreuzschrammen, von denen die jüngsten Schrammen (300°) die ältesten (265°) schneiden, sind auf glattgeschliffenem Gneisfelsen auf der kleinen Insel Onkinen nahe bei Paloniemi zu sehen. Koordinaten: 66 8352/5 0053. Photo G. Glückert 23. 7. 1969.

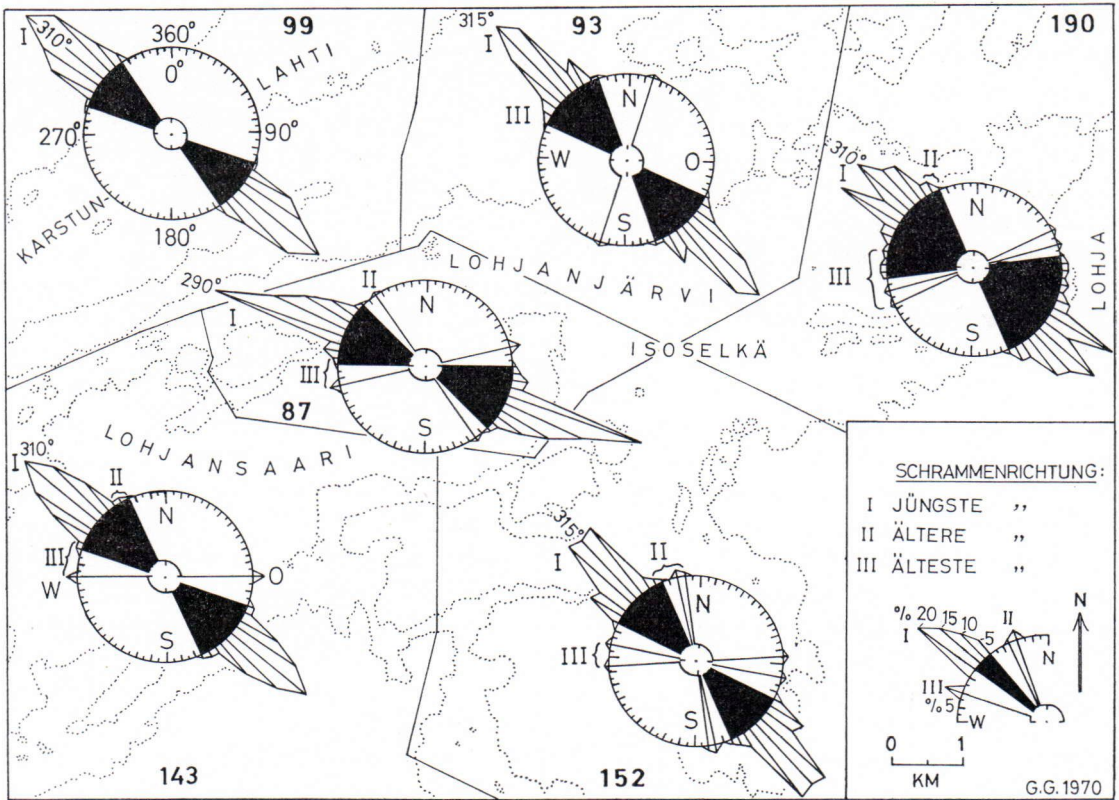


Abb. 10. Einige Orientierungsdiagramme der Schrammenrichtungen in verschiedenen Teilen des Lohja-Seebeckens. Die Anzahl der Schrammenmessungen ist in jedem Teilgebiet extra mit einem Zahlenwert angegeben.

Osten in dem tiefen Sund nördlich von Lohjansaari und im Nordteil des IsoSELKÄ deutlich hervor (vgl. Abb. 1). Diese grossen Veränderungen in der Fliessrichtung haben sich nicht unter dem dicken plastischen Inlandeis vollzogen, sondern unter der steifen, dünnen Eiszunge, die stärker reliefbedingt über das Terrain hinweg vorgedrungen ist (vgl. z.B. Thormark 1949 S. 518).

Die älteste erkennbare Bewegung des Eises in der Gegend von Lohja zeugt also von westlicher Strömungsrichtung, die später von einer nördlichen und zuletzt von der nordwestlichen abgelöst worden ist. Die alte westliche Fliessrichtung ist auch anderswo in Süd- und Mittelfinnland beobachtet worden (vgl. z.B. Helaakoski 1940 S. 28, Okko 1949 S. 15—18 und Virkkala 1962 S. 9—13 und 52—54).

Mehrere in der Landeisbewegung ausgerichtete Rundhöcker in der Gegend von Vohloinen und am westlichen Ende des Lohjansaari sind teilweise mit Moräne und Ton-Schluffablagerungen bedeckt, können aber ihrer Form und Orientierung nach als Felsdrumlins gedeutet werden (Abb. 1). Die Drumlins der Küstengebiete Fennoskandiens und auch anderorts sind gewöhnlich sog. Rockdrumlins (vgl. z.B. Fairchild 1907 S. 422, 1929 S. 25—29, Ebers 1926 S. 227, Sauramo 1928 S. 33, Gillberg 1955 S. 490, Flint 1957 S. 68, Svensson und Frisén 1964, Aartolahti 1968 S. 25—26, Virkkala 1969 S. 11, Lundqvist 1970 S. 317 und Glückert 1971 S. 156).

Die tiefsten Gräben und die schmalen, tiefen Buchten des Lohja-Seebeckens sind noch eisbedeckt gewesen, nachdem die Umgebung schon eisfrei geworden war. In diesen See-

buchten in der Nähe der Stadt Lohja, im Ostteil des Beckens, sind die letzten Vorstöße der oszillierenden Gletscherzungen als Zungenbecken gedeutet worden (vgl. Penck und Brückner 1909 S. 141, Hellaakoski 1922 S. 8, Woldstedt 1961 S. 85—87, Reinhard und Richter 1958 S. 55—75, Gripp 1964 S. 175—176 und Glückert 1969a S. 10—11).

Entstehung des Seebeckens

Als Ergebnis dieser Untersuchung hat sich die von Hult (1887 S. 333—340) vorgelegte Ansicht über die Entstehung des Seebeckens etwas weiter entwickeln lassen. Der Grund des Beckens besteht aus uralten archaischen Gesteinen, die von jüngeren Glimmer- und Hornblendengneisen sowie kalkführenden Pyroxengneisen überlagert sind. Diese Schichtenfolge ist starker NO—SW-gerichteter Faltung ausgesetzt gewesen. Nach dem Entstehen des hohen Faltengebirges fanden in der Gegend von Lohja grosse tektonische Störungen statt, die unterschiedlich ausgerichtete Risse und Spalten in der Lagerung des Gebirges verursachten. Als Ergebnis tektonischer Brüche und Verwerfungen entstand allmählich eine grosse Eintiefung im Zentrum des heutigen Seebeckens. Viele Spalten wurden von jüngeren Granitmassiven verengt und ausgefüllt, so dass Granite sowie kalk- und erzreiche Adern in den Gebieten stärkster Verwerfungen reichlich vorkommen.

Allmählich verwittrte das svekofennische Faltengebirge bis zu seinen Wurzeln herunter, ebnete sich zu einer Penepplain aus und wurde etwa in der Silurzeit vom Meere überflutet. In der Tertiärzeit setzte sich die Verwitterung fort, indem u.a. grosse Grotten im Seebecken entstanden, die meistens schon voreiszeitlich zu Kesseltälern zusammenbrachen. Die heutigen Felsgipfel markieren die Lage dieser Abtragungsfläche. In den Eiszeiten erodierte das Eis die tertiären wie auch die interglazialen Verwitterungsschichten, es räumte und schabte die Spalten und Täler des Felsgrundes aus. Auch während der letzten Eiszeit dürften kleine Verwerfungen in Lohja eingetreten sein (vgl. auch Frosterus 1913 S. 15 und Saalas 1934 S. 46—59).

Die Stratigraphie des Grundgebirges im Seebecken hat seine Entstehung und Form ausschlaggebend beeinflusst. Die tiefsten Gräben sind in den kalkreichen Stellen entstanden, wo auch die Verwitterung am nachhaltigsten eingewirkt hat. Starke Verwerfungen und Verwitterungen, das langsame Sinken des Felsgrundes, das Einstürzen der Grotten und die eiszeitliche Gletscherabtragung haben gemeinsam die Vertiefungen im Seebecken ausgestaltet. Die Gräben im Senkungsbecken des Lohja-Sees sind demnach als präglaziale Verwerfungs- und Verwitterungstäler anzusehen, die zuletzt noch zur Zeit der Vereisungen von den Eismassen erodiert und ausgeräumt worden sind.

SCHRIFTTUM

- AARTOLAHTI, TOIVE (1968) Die Geomorphologie des Gebiets von Tammela, Südfinnland. *Fennia* 97,7, S. 1—97.
- BOLDT, R., (1896) Djupkarta öfver Lojo sjö. Östra hälften. Referat: Tiefenkarte über den Lojosee. Östliche Hälfte. *Vetenskapliga Meddelanden af Geografiska Föreningen i Finland III*, 1896. Der Geographische Verein in Finland, S. 112—116.
- EBERS, EDITH (1926) Die bisherigen Ergebnisse der Drumlinforschung. Eine Monographie der Drumlins. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Beilagebände* 53, Abt. B, S. 153—270.
- EDELMAN, NILS (1949) Some morphological details of the roches moutonnées in the archipelago of SW Finland. *Bulletin de la Commission géologique de Finlande* 144, S. 129—137.
- (1951) Glacial abrasion and the ice movements in the area of Rosala-Nötö, SW Finland. *Bulletin de la Commission géologique de Finlande* 154, S. 157—169
- ESKOLA, PENTTI (1957) Kidetietaan, mineralogian ja geologian alkeet. Porvoo, S. 1—337.
- FAIRCHILD, HERMAN L. (1907) Drumlins of central western New York. *New York State Museum. Bulletin* 111. *Geology* 13, S. 391—439.

- FAIRCHILD, HERMAN L. (1929) New York Drumlins. Proceedings of the Rochester Academy of Science, Vol. 7, 1. Rochester, N. Y., S. 1—37.
- FLINT, RICHARD FOSTER (1957) Glacial and Pleistocene Geology. New York, S. 1—553.
- FROSTERUS, BENJ., (1913) Suomen geologinen yleiskartta. Lehti C2, Mikkelin Maalajikartan selitys. Geologinen toimisto, S. 1—49.
- GILLBERG, GUNNAR (1955) Den glaciala utvecklingen inom Sydsvenska höglandets västra randzon. I. Glacialerosion och moränakkumulation. English summary: Glacial erosion and till accumulation in the Western Marginal Zone of the South-Swedish Highlands. Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar 77, H. 4, S. 481—524.
- GLÜCKERT, GUNNAR (1969 a) Maa- ja kallioperän väliset suhteet Lohjalla. Referat: Verhältnisse zwischen Erdboden und Felsengrund in Lohja, Südfinnland. Terra 81, 1, S. 9—15.
- (1969 b) Profili Länsi-Uudenmaan korkeussuhteista. Referat: Profil über die Höhenverhältnisse im westlichen Uusimaa, Südfinnland. Terra 81, 3, S. 134—137.
- (1970) Vorzeitliche Uferentwicklung am ersten Salpausselkä in Lohja, Südfinnland. Annales Universitatis Turkuensis, Ser. A, II. Biologica-Geographica-Geologica 45, S. 1—116.
- (1971) Drumlinlandschaft auf der Wasserscheide zwischen Pieksämäki und Haukivuori in Mittelfinnland. Bulletin of the Geological Society of Finland, N:o 43, 2, S. 141—161.
- GRANÖ, J. G., (1931) Die geographischen Gebiete Finnlands. Eine vergleichende Übersicht nebst methodischen Erörterungen. Publ. Inst. Geogr. Univ. Åboensis 6. Fennia 52, 3, S. 1—182.
- GRIPP, KARL (1964) Erdgeschichte von Schleswig-Holstein. Neumünster, S. 1—411.
- HELLAAKOSKI, A. R., (1940) Mannerjäätikön liikuntosuunnista Pohjanmaan rannikolla ja Tampereen ympäristössä. Referat: Über die Bewegungsrichtungen des Inlandeises an der Küste von Pohjanmaa und in der Umgebung der Stadt von Tampere. Fennia 67, S. 1—36.
- HELLAAKOSKI, AARO (1922) Suursaimaa. Deutsches Referat. Fennia 43, 4, S. 1—122.
- HOLMSTRÖM, LEONARD (1904) Öfversikt af den glaciala afslipningen i Syd-skandinavien. Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar 26, 4, S. 241—316.
- HULT, R., (1887) Lojobäckenets bildning. Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk 45, S. 223—340.
- HÄRME, MAUNU (1960) Suomen geologinen yleiskartta. The general geological map of Finland. Lehti-Sheet B1, Turku. Kivilajikartan selitys. English summary. Geologinen tutkimuslaitos, S. 1—78.
- JOHNSSON, GUNNAR (1956) Glacialmorfologiska studier i Södra Sverige. Med särskild hänsyn till glaciala riktningselement och periglaciala frostfenomen. Summary: Glacial Morphology in Southern Sweden. With special reference to glacial orientation elements and periglacial cryoturbation. Meddelanden från Lunds Universitets Geografiska Institution Avhandlingar 31, S. 1—407.
- KORPELA, KAUKO (1962) Interglasiaalista turvetta Rovaniemen seudulla. Edeltävä tiedonanto. Interglacial peat in the Rovaniemi area. A preliminary report. Geologi 14, 2, S. 30.
- LJUNGNER, ERIK (1930) Spaltentektonik und Morphologie der schwedischen Skagerrakküste III:1. Bulletin Geol. Inst. Upsala, Vol. XXI, S. 1—21.
- LUNDQVIST, JAN (1970) Studies of drumlin tracts in Central Sweden. Acta Geographica Lodziensia, Nr. 24, S. 317—326.
- MARKGREN, MARTIN (1956) Glaciation och landskap i norra Fennoskandia. Summary: Glacierization and landscape in N Fennoscandia. Sveriges Geografiska Årsbok 1956. Årg. 32. The Swedish Geographical Yearbook 1956 (32). Meddelanden från Lunds Universitets Geografiska Institution Nr. 346, S. 7—43.
- MARKGREN, MARTIN and RASMUSSEN, GUNNAR (1961) Krökta räfflor. Summary: Arcuate glacial striae. Sveriges Geografiska Årsbok 1961. Årg. 37. The Swedish Geographical Yearbook 1961 (37). Meddelanden från Lunds Universitets Geografiska Institution Nr. 395, S. 146—151.
- MATTSSON, ÅKE (1954) Isräfflorernas användbarhet för tolkningen av nedslingsförloppet. Zusammenfassung. Die Verwendbarkeit der Eisschrammen um den Vereisungsverlauf zu deuten. Sveriges Geografiska Årsbok 1954. Årg. 30. The Swedish Geographical Yearbook 1954 (30). Meddelanden från Lunds Universitets Geografiska Institution Nr. 325, S. 139—152.
- MOBERG, K. AD., (1889) Kertomus karttalehteen No. 2, Lohja. Suomen geologinen tutkimus, S. 1—67.
- MÖLDER, KARL (1948) Die Verbreitung der Dacitblöcke in der Moräne in der Umgebung des Sees Lappajärvi. Bulletin de la Commission géologique de Finlande 142, S. 45—52.
- NORDENSKIÖLD, N., (1863) Beiträge zur Kenntnis der Schrammen in Finnland. Acta Societatis Scientiarum Fennicae, Tom. 7, S. 505—543.
- OKKO, VEIKKO (1949) Suomen geologinen yleiskartta. Lehti B4, Kokkola. Maalajikartan selitys. Geologinen tutkimuslaitos, S. 1—108.
- (1950) Friction cracs in Finland. Bulletin de la Commission géologique de Finlande 150, S. 45—50.
- (1964) Maaperä. Suomen geologia. Herausgegeben von Kalervo Rankama. Helsinki, S. 239—332.
- PARRAS, KAUKO (1941) Das Gebiet der Pyroxenführenden Gesteine im westlichen Uusimaa in Südfinnland. Geologische Rundschau 32, S. 484—507.

- PARRAS, KAUKO (1946) On the coarse-grained garnet-cordierite gneisses of South and South-west Finland. *Comptes Rendus de la Société géologique de Finlande* 19, S. 1—7. *Bulletin de la Commission géologique de Finlande* 138.
- (1958) On the Charnokites in the light of a highly metamorphic rock complex in Southwestern Finland. *Bulletin de la Commission géologique de Finlande* 181, S. 1—137.
- PENCK, A. — E. BRÜCKNER (1909) *Die Alpen im Eiszeitalter*. Bd. I Leipzig. S. 1—393.
- REINHARD, H. und RICHTER, G., (1958) Zur Genese der Gletscherzungenbecken Norddeutschlands. *Zeitschrift für Geomorphologie*, Bd. 2, Heft 1/2 (1958), S. 55—75.
- RENKONEN, OLAVI (1933) Über die mittlere Höhe Finnlands und seiner geographischen Gebiete. *Fennia* 58, 2, S. 1—21.
- REPO, REINO (1957) Untersuchungen über die Bewegungen des Inlandeises in Nordkarelien. *Bulletin de la Commission géologique de Finlande* 179, S. 1—178.
- SAALAS, UUNIO (1934) Piirteitä Lohjan seudun syntyhistoriasta ja geologisista nähtävyyksistä. *Suomen Matkailijyhdistyksen Vuosikirja* 1934, Uusimaa, S. 46—59.
- SALLI, ILMARI (1955) Suomen geologinen kartta. Geological map of Finland. 1:100 000. Lehti-Sheet-2023, Suomusjärvi. Kallioperäkartan selitys. Explanation to the map of rocks. *Geologinen tutkimuslaitos*, S. 1—40.
- SAURAMO, MATTI (1928) *Jääkaudesta nykyaikaan*. Porvoo, S. 1—231.
- STRENG, A. E., (1897) Djupkarta öfver Lojo sjö. Västra hälften. Referat: Tiefenkarte über den Lojosee, westliche Hälfte. *Vetenskapliga Meddelanden af Geografiska Föreningen i Finland* IV, 1897—1898, III. Der Geographische Verein in Finland, S. 1—14. *Geografiska Föreningens Tidskrift* IX, S. 145—155.
- SVENSSON, HARALD (1955) Några synpunkter på de glaciala hållarnas utbildning. Summary: Some aspects on the formation of roches moutonnées. *Sveriges Geografiska Årsbok* 1955. Årg. 31. *The Swedish Geographical Yearbook* 1955 (31). *Meddelanden från Lund Universitets Geografiska Institution* Nr. 336, S. 57—64.
- SVENSSON, HARALD und FRISÉN, RUNE (1964) Hällmorfologi och isrörelser inom ett alvarområde vid Degerhamn. Summary: Rock Morphology and Glacier Movement in a Limestone Area on the Island of Öland. *Sveriges Geografiska Årsbok* 1964. Årg. 40. *The Swedish Geographical Yearbook* 1964 (40). *Meddelanden från Lunds Universitets Geografiska Institution* Nr. 416, S. 19—30.
- TANNER, V., (1938) *Die Oberflächengestaltung Finnlands*. Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk 86, S. 1—762.
- THORMARK, MARIANNE (1949) Om inlandisens rörelser och avsmältning över Onsalalandet. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 71, 4, S. 513—524.
- VIRKKALA, K., (1948) Suomen geologinen yleiskartta. Lehti D4, Nurmes. Maalajikartan selitys. Suomen geologinen tutkimuslaitos, S. 1—101.
- (1951) Glacial geology of the Suomussalmi area, East Finland. *Bulletin de la Commission géologique de Finlande* 155, S. 1—66.
- (1960a) Geological map of Finland. 1:100 000. Sheets — 4421, 4422, 4423-4441, 4424, Hyrynsalmi, Suomussalmi, Vuokkijärvi, Raate. Explanation to the map of superficial deposits. *Geologinen tutkimuslaitos*. The Geological Survey of Finland, S. 1—62.
- (1960b) Kallioiden glasiaaliset kulumismuodot ja moreenitutkimus malminetsijän apuna. Summary: The glacial erosion forms of rocks and the study of till to facilitate ore prospecting. *Geologinen tutkimuslaitos*. *Geoteknillisiä julkaisuja* 65, 7—24.
- (1962) Suomen geologinen kartta. Geological map of Finland. 1:100 000. Lehti-Sheet-2123, Tampere. Maaperäkartan selitys. Explanation to the map of superficial deposits. *Geologinen tutkimuslaitos*. The Geological Survey of Finland, S. 1—70.
- (1969) Suomen geologinen kartta. Geological map of Finland. 1:100 000. Lehti-Sheet-2131, Hämeenlinna. Maaperäkartan selitys. Summary: Explanatory text to the map of Quaternary deposits. *Geologinen tutkimuslaitos*. The Geological Survey of Finland, S. 1—69.
- WOLDSTEDT, PAUL (1961) *Das Eiszeitalter* I. Stuttgart, S. 1—374.

Manuskript eingegangen am 18. Dezember 1970.