

SUOMEN
KALLIO-
PERÄN
'TUTKI-
MUKSEN
HISTORIA

Ilmari Haapala

Geologian kehitys tieteksi

Niin kauas menneisyyteen kuin ihmiskunnan historiaa on voitu seurata, on ihminen käyttänyt mineraaleja ja kiviä työkaluina, aseina ja rakennusmateriaalina, usein hämmästyttävän suurta taitoa ja asiantuntemusta edellyttävällä tavalla. Kauan on myös pohdittu maapallon ja sen geologisten muodostumien, mineraalien, fossiilien ja malmien syntyä. Vanhan ajan oppineet, renessanssijan yleisnerot sekä uuden ajan alun filosofit ja luonnontutkijat esittävät kirjoituksissaan näkemyksiään, jotka tavallisesti perustuivat vanhojen kirjoitusten tuntemiseen, filosofiseen päättelyyn ja taikauskoon enemmän kuin muodostumien systemaattiseen tutkimiseen. Tämä näkyy hyvin esim. suomalaisen Sigfrid Aronus Forsiuksen (n. 1550–1624) tunnetussa teoksessa ”Minerographia”.

Geologia ja mineralogia saavuttivat itsenäisten tieteiden aseman vasta n. 200 vuotta sitten, kun perusluonnontieteet kemia, fyysikka ja biologia olivat kehittyneet niin pitkälle, että ne saattoivat tarjota apuvälineitä ja malleja geologisten prosessien ymmärtämiselle ja luokittelulle. Mineralogian kehittäjiä oli ennen muuta ranskalainen René Haiüy (1743–1822), joka otti kidejärjestelmät mineralogisen luokittelun perustaksi aikaisempien hyvin epämääräisten luokittelujen sijaan. Geologian kehittäjiä olivat saksalainen Abraham Gottlob Werner (1749–1817), joka tunnetaan neptunistisen koulukunnan (*kivet syntyneet veden kerrostamina tai vedestä saostumalla*) oppi-isänä, James Hutton (1726–1797), plutonistisen koulukunnan (*kivet syntyneet kivisulasta kitey-*

tymällä) johtohahmo, sekä toinen skotti, Sir Charles Lyell (1797–1875), aktualistisen oppisuunnan (*geologiset prosessit olleet muinaisina aikoina samoja kuin nykyisinkin*) läpiviejä. Lyellin kolmiosainen teos ”Principles of Geology” (1830–1833) syntetisoi silloisen geologisen tietämyksen ja esitti tieteellisen geologian periaatteet.

Stratigrafian ja historiallisen geologian uranuurtajana oli englantilainen William Smith (1769–1839). Vuorijonojen muodostuksen selittivät geosynkliiniteorian avulla amerikkalaiset James Hall (1811–1898) ja James Dana (1813–1895); tämän mallin syrjäytti vasta 1960-luvulla geologiseksi yleisteoriaksi noussut laattatektoniikka. Englantilainen Sir Henry Sorby (1826–1908) julkaisi 1858 periaatteet polarisaatiomikroskoopin soveltamisesta mineraalien ja kivien tutkimiseen, ja tämän tutkimusmenetelmän pohjalta kehittivät saksalaiset geologit Ferdinand Zirkel (1838–1912) ja Harry Rosenbusch (1836–1914) pian uuden geologian haaran, petrologian, millä on ollut suuri merkitys Suomen geologiassa. Käsitys geologisesta aikaskaalasta ja maapallon iästä saatiin realistiselle pohjalle, kun radioaktiiviseen hajoamiseen perustuvat iänmääritysmenetelmät keksittiin 20. vuosisadan alussa.

Suomen geologisen tutkimuksen alkutaival

Suomen geologista tutkimusta ovat eri aikoina säädelleet alan kansainvälinen kehitys ja yleinen historia taloudellisine, poliittisine

ja kulttuurisine aatesuuntineen ja mahdollisuuksineen. Taloudelliset näkökohdat, mineraalisten luonnonvarojen etsintä ja hyödyntäminen olivat 1800-luvulle asti määräävä tekijä ja edelleenkin ne paljolti ohjaavat maankamaramme tutkimusta.

Ruotsin vallan aikana suoritettiin Suomessa valtiovallan järjestämää mutta silti melko satunnaista malminetsintää jo 1500- ja 1600-luvulla. Vuonna 1542 avattiin ensimmäinen kaivos, Lohjan Ojamon rauta-kaivos. Malminetsinnän ja vuoriteollisuuden edistämiseksi perustettiin 1638 vuorimestarin virka, jonka seuraajana voidaan pitää nykyistä kauppa- ja teollisuusministeriön kaivostoimiston ylitarkastajan virkaa.

Mahdollisuudet korkeampaan geologiseen ja mineralogiseen tutkimukseen ja opetukseen paranivat oleellisesti, kun maamme perustettiin 1640 yliopisto, Academia Aboensis, joka 1828 siirrettiin opettajineen ja oppilaineen Turusta Helsinkiin. Suuren Pohjan sodan (1700–1721) jälkeen, hyödyn aikakautena, tehostettiin alan yliopistollista tutkimusta ja opetusta sekä valtion organisoimaa malminetsintää. Sodissa köyhtynyt ja suurvalta-asemansa menettänyt Ruotsi-Suomi pyrki hakemaan kompensatiota taloudellisen hyvinvoinnin ja sivistyksen kohottamisesta. Tänä aikana löydettiin mm. merkittävä Orijärven sinkki-lyijy-kupari- ja Sillbölen rautamalmiesiintymä. Turun Akatemian taloustieteen professorin Pehr Kalmin ja kemian professorin Pehr Adrian Gaddin johdolla laadittiin joukko maisterinväitöskirjoja, joiden aiheet olivat geologis-mineralogisia käsitellen mineraaleja, metallien valmistusta, kivi- ja maalajeja sekä läänien ja pitäjien mineraalihistoriaa. Kemian professorit Johan Gadolin, Pehr Adolf von Bonsdorff ja Adolf Edvard Arppe jatkoivat oppilaineen tutkimusperinnettä mineralogian, erityisesti mineraalikemian alalla, kunnes v. 1852 Helsingin yliopistoon perustettiin geologian ja mineralogian oppituoli.

Suomen geologia 1800-luvulla

Suomen tultua liitetyksi Venäjään 1808–1809 sodan seurauksena, vaikutti maassamme kenraalikuvernöörinä 1810–1823 kreivi Fabian Steinheil, innokas mineralogian harrastaja, jonka mukaan on nimetty Helsingin yliopiston päärakennuksen sivuitse kulkeva katu Fabianinkaduksi. Steinheil piti tärkeänä malminetsinnän kehittämistä. Hänen aloitteestaan vanhan vuorimestarin työn tehostamiseksi perustettiin 1821 vuorikonttori (nimi muutettiin 1858 vuorihallitukseksi), jonka yli-intendentiksi tuli vuosiksi 1823–1855 hänen suojattinsa Suomen Mineralogian Isänä tunnettu tutkija Nils Nordenskiöld. Aktiivisen malminetsinnän tuloksena löytyi-kin Etelä-Suomesta useita rautamalmiaiheita, jotka kuitenkin osoittautuivat taloudellisesti jokseenkin merkityksettömiksi. Kun myös Kemin kultalohkarelöydön johdosta 1837–1844 suoritettujen kenttätutkimukset tuottivat pettymyksen, oli kansallisrunoilijamme J.L. Runeberg saanut aiheen 1846 sepittämänsä Maamme laulun tunnetuille säkeille ”On maamme köyhä, siksi jää, jos kultaa kaipaa ken” - näiden todellisuutta vastaamattomien sanojen kielteinen vaikutus on tuntunut näihin aikoihin saakka.

Vaatimattomasta menestyksestä Nordenskiöld teki sen päätelmän, että malminetsinnän tueksi oli koko maa geologisesti kartoitettava. Nordenskiöldin ehdotusten (1856, 1860, 1864) pohjalta aloitettiin 1860-luvulla maamme geologinen kartoitus, jonka Etelä-Suomessa keskeyttivät 1868 Ivalojoen kultalöydökset. Ensimmäisenä julkaistiin 1874 A.M. Jernströmin väitöskirjaan sisältyvä Inarin ja Utsjoen kallioperäkarta mittakaavassa 1:800 000. Vuonna 1877 perustettiin vuorihallituksen yhteyteen geologinen toimisto, joka sai oman johtosäännön ja 10 vuoden budjetin, ja Lapin kultatutkimusten keskeyttämää kartoitusta päästiin jatkamaan. Vuoteen 1885 mennessä olikin Etelä-Suomesta ilmestynyt jo

yhdeksän 1:200 000 -mittakaavaista kallio- ja maaperäkarttatehtä, ja keisari Aleksanteri III hyväksyi Senaatin esityksen itsenäisen, pysyvän ”Geologisen komisionin” perustamiseksi jatkamaan geologista tutkimusta, mutta nyt vastaperustetun teollisuushallituksen valvonnassa. Komisioni aloitti toimintansa 1886, ja kun samana vuonna vielä perustettiin Suomen Geologinen Seura, tuli vuodesta 1886 Suomen geologian juhluvuosi. Komisionin (nykyinen Geologian tutkimuskeskus) ensimmäiseksi johtajaksi tuli vuori-insinööri, maisteri K.A. Moberg.

Suomessa vaikutti geologian kriittisinä vuosikymmeninä 1800-luvun alussa ja puolivälissä useita kansainvälisesti tunnettuja mineralogea: yli-intendentti Nils Nordenskiöld (1792–1866) ja hänen tutkimusmatkailijana maailmanmaineeseen nousut poikansa A.E. Nordenskiöld (1832–1901), tykistökenraali Axel Gadolin (1828–1892) ja professori F.J. Wiik (1839–1909). Mutta nimekkäät geologit tältä ajalta puuttuvat. Tälle on luonnollinen selitys. Etelä-Suomen kallioperä sisältää runsaasti graniittipegmatiitteja ja karsiesiintymiä, joista löytyy kookkaita mineraalikiteitä, joukossa harvinaisuuksia. Niiden tutkiminen tarjosi kiitollisen haasteen senaikaiset kristallografiset ja mineraalikemialliset tutkimusmenetelmät hallitseville mineralogeeille. Varsinaisen geologian kohdalla tilanne oli toinen. Maastamme puuttuivat sellaiset geologia prosesseja kuvaavat nähtävyydet kuten toimivat tulivuoret, korkeat vuorijonot, syvät kanjonileikkaukset ja fossiileja sisältävät sedimenttisarjat, joiden tutkimiseen ja tulkitsemiseen silloinen kirjallisuus ja tietämys olisivat antaneet realistisia mahdollisuuksia. Pääasiassa gneissejä ja graniitteja sisältävä alava ja tasainen kallioperämme oli aivan liian vaikea pala 1800-luvun alku- ja keskivuosikymmenien geologeille.

Mutta muutos oli tulossa. Henri Sorbyn ideoima polarisaatiomikroskoopin käyttö yleistyi nopeasti 19. vuosisadan jälkipuolis-

kolla erityisesti Saksassa, jossa Heidelbergin Harry Rosenbusch nousi uuden geologian haaran, petrologian, oppi-isäksi. Mikroskoopinen petrografia tarjosi menetelmän kivilajien mineraalikoostumuksen ja rakenteen tarkalle tutkimiselle, kivien systemaattiselle luokittelulle ja entistä varmemmalle alkupe-
rän selvittämiselle. Tämä avasi mahdollisuudet myös Suomen kallioperän tieteelliseen tutkimiseen. Meillä polarisaatiomikroskoopin otti ensimmäisenä käyttöön professori F.J. Wiik 1870-luvulla. Itseoppineena ei Wiik näissä tutkimuksissa kuitenkaan kovin pitkälle edennyt, mutta antoi kyllä petrografian perusopetusta oppilailleen, jotka kykenivät sitä julkaisuissaan jo 1870-luvulta alkaen hyödyntämään. Useat Wiikin lahjakkaimmista oppilaista (Sederholm, Ramsay, Hackman, Wahl) jatkoivat petrografian opintojaan kuuluisan Rosenbuschin luona Heidelbergissä. Syvällistä perehtyneisyyttään he sovelsivat tutkimuksissaan ja opetustoimissaan. Tulokset alkoivat pian näkyä. Wiikin oppilaat J.J. Sederholm ja Wilhelm Ramsay sekä Ramsayn oppilas Pentti Eskola nousivat 1800-luvun lopulla ja 1900-luvun alkupuolella geologian kansainvälisiksi voimahahmoiksi ja kohottivat Suomen geologian, erityisesti petrologian, alalla maailman johtavien maiden joukkoon.

Geologisesta komisionista Geologian tutkimuskeskukseksi

Vuonna 1886 toimintansa aloittaneesta Geologisesta komisionista on nimenmuutosten (1925 Geologinen toimikunta, 1945 Geologinen tutkimuslaitos, 1984 Geologian tutkimuskeskus) ja kasvun myötä kehittynyt nykyinen 700 työntekijän geotieteellinen organisaatio, jolla on johtava asema maamme geologisessa tutkimuksessa ja mineraalisten luonnonvarojen etsinnässä. Laitosta ovat johtaneet K.A. Moberg 1886–1893,

J.J. Sederholm 1893–1933, Aarne Laitakari 1935–1960, Vladi Marmo 1960–1969, Herman Stigzelius 1970–1980, Kalevi Kauranne 1980–1991, Veikko Lappalainen 1992–1997 ja Raimo Matikainen 1997–2003.

Laitoksen vakituinen henkilökunta pysyi pitkään pienenä, 4 – 6 henkilöä, mutta Suomen itsenäistyttyä alkoi laitoksen tasainen, ajoittain hyppäyksellinenkin, kasvu ja kehitys. Suurimmillaan laitos oli 1980-luvulla, n. 1 000 henkilöä, mutta on meneillään olevassa valtionhallinnon rationalisoinnissa pienentynyt n. 700 työntekijään. Geologian tutkimuskeskuksella on nykyisin päätoimipaikka tutkimusosastoineen Espoossa sekä aluetoimistot Espoossa (Etelä-Suomi), Kuopiossa (Väli-Suomi) ja Rovaniemellä (Pohjois-Suomi). Laitoksen päätehtävinä ovat mm. geotieteellinen kartoitus, malmien ja muiden geologisten luonnonvarojen etsintä sekä alan tutkimus- ja kehitystyö. Geologisesta kartoituksesta 1:200 000 luovuttiin jo viime vuosisadan puolella, ja siirryttiin 1:400 000 -kaavaiseen kartoitukseen, mikä onkin loppuunviety ja julkaistu sekä kallioperän että maaperän osalta koko maan alueelta, ja 1:100 000 -kaavainen kartoituskin on jo edennyt pitkälle. Vuonna 1951 aloitettiin maan geofysikaalinen kartoitus lentokoneesta käsin 150 m:n korkeudelta 200 m:n linjavälein; tämä kartoitustyö valmistui 1972. Kartoitusta on jatkettu 200 m:n linjavälein 30 – 50 m:n lentokorkeudesta ja tämä kartoitus kattaa maastamme noin 80 %. Maaperän systemaattinen geokemiallinen kartoitustyö aloitettiin 1973; tehtäväkenttä on edellyttänyt paljon kehitystyötä, jonka tuloksena myös geokemiallinen kartoitus on Suomessa kansainvälisellä huipputasolla.

Geologisesta tutkimus- ja kehitystoiminnasta vastaavat vuoden 1998 alusta lähtien T&K-yksikön tutkimuslinjat (kallioperä- ja malmitutkimus, maaperä- ja ympäristögeologia, geofysiikka). Isotooppigeologian laboratoriossa suoritettut tutkimukset ovat mahdollistaneet kallioperämme iänmukai-

sen kehityksen selvittämisen ja antaneet informaatiota kivilajien alkuperästä sekä prekambriajan ympäristöolosuhteista. Petrologiset tutkimukset ovat keskittyneet proteksoisen kallioperämme metamorfisen ja magmaattisen kehityksen selvittämiseen. Malmitutkimukset ovat keskittyneet metallogeneettisiin ja malmimineralogisiin tutkimuksiin; hyväksi esimerkiksi viime vuosilta sopivat Ilomantsin kultatutkimukset. Geofysikaaliset ja geokemialliset tutkimukset antavat mm. tietoa kallioperän rakenteesta ja eri kivilajien levinneisyydestä sekä vihjeitä malmiesiintymien sijainnista; geokemiallinen kartoitus luo perustan myös ympäristön kemiallisen tilan (mm. saastuminen) seurannalle.

Malminetsintä on aina ollut tärkeä osa Geologian tutkimuskeskuksen toimintaa, ja nykyisin laitos kantaa päävastuun Suomen malminetsinnästä. Pitkän aikavälin tulokset ovat olleet komeita: Geologian tutkimuskeskus ja kaivosyhtiöt ovat 1900-luvulla löytäneet yli 30 kaivostoimintaan johtanutta metallisten malmien esiintymää, joista esimerkkeinä mainittakoon Outokummun Keretti ja Vuonos (kupari, sinkki, koboltti), Petsamo (nikkeli, kupari), Otanmäki (rauta, vanadiini, titaani), Vihanti (kupari, sinkki, lyijy), Kotalahti (nikkeli, kupari), Pyhäsalmi (kupari, sinkki), Kemi (kromi), Hitura (nikkeli, kupari), Virtasalmi (kupari) ja Vammala (nikkeli, kupari). Myös teollisuusmineraalien etsintä ja tutkimus on ollut menestyksellistä.

Yliopistot ja korkeakoulut

Helsingin yliopistoon perustettiin geologian ja mineralogian oppituoli huomattavan varhain, 1852, ja ensimmäiseksi viranhaltijaksi nimitettiin F.J. Wiik 1877. Wiik suoritti ansiokkaita mineralogisia tutkimuksia mm. amfibolien ja pyrokseenien fysikaalisten ominaisuuksien ja kemiallisten koostumus-

ten välisistä suhteista, ja hän pyrki myös selvittämään Suomen kallioperän alkuperää ja stratigrafiaa. Wiikin seuraajat Wilhelm Ramsay (1865–1928) ja Pentti Eskola (1884–1964) nostivat yliopiston geologisen tutkimuksen ja opetuksen korkealle kansainväliselle tasolle, josta myöhemmät viranhaltijat ovat voineet jatkaa. Eskolan oppilaat Th.G. Sahama (1910–1983) ja Kalervo Rankama (1913–1995), molemmat yliopiston henkilökohtaisia ylimääräisiä professoreja, nousivat geokemian kansainvälisiksi johtohahmoiksi. Professori Martti Sakselan (1898–1977) aikana syvennettiin malmigeologista ja malmimineralogista tutkimusta ja opetusta, ja professori Heikki Tuomisen (1914–1985) aikana oli kehittämisvuorossa rakennegeologia. 1980-luvulta alkaen, Ilmari Haapalan (s. 1939) aikana, on laitoksen ”kovan kiven” tutkimushankkeissa keskitytty graniittien, erityisesti rapakivigraniittien geotektonisen ympäristön ja petrogenesiksen selvittämiseen Suomessa ja muualla (Kiina, Yhdysvallat), Antarktisen geologiaan, Suomen kultamalmien ja muinaisten tulivuorten kivien tutkimiseen sekä kallioperän pohjavesiin.

Helsingin yliopistossa on erillislaitoksena seismologian laitos, jossa suoritetaan mm. seismisiin syväluotauksiin perustuvaa korkeatasoista litosfääriin (maankuoren ja vaipan yläosan) rakennetutkimusta. Yhteistyö seismologian ja geologian laitosten kesken on viime vuosina tehostunut mm. yhteisprojektein. Yliopiston geofysiikan laitoksen tutkimustoiminta on keskittynyt vesivaipan geofysiikkaan, mutta äskettäin perustetun kiinteän maan geofysiikan apulaisprofessorin myötä myös tämän sektorin tutkimustyö tulee kehittymään.

Suomen itsenäistymisen aikoihin 1918 perustetussa ruotsinkielisessä Åbo Akademissa on alusta alkaen ollut geologian ja mineralogian oppituoli, viranhaltijoina Helge Backlund (1884–1979), Hans Hausen (1884–1979), Gunnar Pehrman (1895–1980), Adolf Metzger (1896–1965),

Nils Edelman (1918–2005) ja Carl Ehlers (s. 1944). Laitoksen tutkimustoiminta on keskittynyt varsinkin Ahvenanmaan ja Lounais-Suomen kallioperän rakenteen ja synnyn selvittämiseen, viime vuosina erityisesti rapakivigraniittien ja vulkanogeenisten kivien tutkimiseen.

Turun yliopistossa on ollut geologian ja mineralogian oppituoli vuodesta 1958. Professori K.J. Neuvosen (s. 1918) tutkimustoiminta on keskittynyt prekambrian paleomagnetismiin, ja hänen seuraajansa professori Heikki Papusen (s. 1936) johdolla on suoritettu malmigeologisia tutkimuksia eri puolilla Suomea, erityisesti on tutkittu emäksiisiin magmakiviin liittyvää malminmuodostusta.

Oulun yliopistoon perustettiin geologian ja mineralogian oppituoli 1961, ja sen haltijoina ovat olleet Juhani Seitsaari (1913–1976) ja Kauko Laajoki (s. 1940). Apulaisprofessori Tauno Piiraisen johdolla on tutkittu Pohjois- ja Itä-Suomen emäksisiä magmakiviä ja niihin liittyvää malminmuodostusta, ja professori Laajoen johdolla Kainuun kallioperän sedimentologista, rakennegeologista ja metamorfista kehitystä. Oulun yliopiston geofysiikan laitoksessa (1 professori, 1 apulaisprofessori) tutkimuksen painopiste on ollut litosfääri-geofysiikassa, josta erityisesti mainittakoon sähkömagneettinen syvätutkimus. Vuonna 1994 yliopiston geologian, geofysiikan ja tähtitieteen laitokset yhdistettiin geotieteiden ja tähtitieteen laitokseksi.

Helsingin teknillisessä korkeakoulussa on insinöörigeologian ja sovelletun geofysiikan laboratorio, jossa on 1937 perustettu taloudellisen geologian oppituoli. Viranhaltijoina ovat olleet Heikki Väyrynen (1888–1956), Aimo Mikkola (s. 1917) ja Heikki Niini (s. 1937). Lisäksi yksikössä on sovelletun geofysiikan apulaisprofessori. Viimeaikainen tutkimustoiminta on keskittynyt ydinjätteiden sijoituspaikatutkimuksiin ja geofysikaaliseen mallintamiseen. Tampereen

teknillisessä korkeakoulussa on insinööri-geologian apulaisprofessori vuodesta 1967.

Suomen yliopistojen geologian laitokset ovat pienehköjä, geologiassa ja mineralogiassa yksi professori ja yksi tai kaksi apulaisprofessoria. Helsingin, Turun ja Oulun yliopistojen geologian laitoksilla on lisäksi maaperägeologian tai geologian ja paleontologian professorin ja apulaisprofessorin virat. Laitosten pienuudesta huolimatta niiden panos Suomen geologisessa tutkimuksessa on ollut hyvin merkittävä, ja viime aikoina yleinen tutkimusaktiiviteetti sekä kotimainen ja kansainvälinen yhteistyö ovat selvästi lisääntyneet.

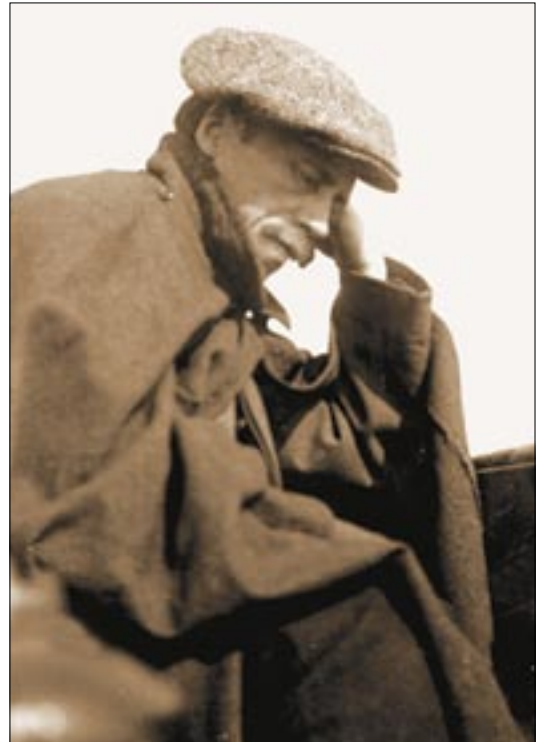
Kuuluisia suomalaisia geologeja

Petrologia on ollut suomalaisen geologian vahvoja alueita 1800-luvun lopulta alkaen. Tämä on perustunut hyvään geologiseen peruskoulutukseen, johon meillä on aina oleellisena osana kuulunut kenttägeologian osaaminen, vahva kemia ja perusteellinen mikroskooppisen petrografian hallinta. Petrologian ja siihen liittyvien mineralogian ja geokemian aloilla on maassamme ollut useita maailmanmainetta saavuttaneita tiedemiehiä, joista tunnetuimpia ovat J.J. Sederholm, Wilhelm Ramsay, Pentti Eskola, Eero Mäkinen, Th.G. Sahama ja Kalervo Rankama.

J.J. Sederholm (1863–1934), geologisen toimikunnan pitkäaikainen johtaja, saavutti jo nuorena mainetta soveltamalla aktuaalista periaatetta Suomen ikivanhan kallioperän syntyyn. Tuoreita tutkimustuloksiaan hän saattoi esitellä myös kentällä laajalle kansainväliselle asiantuntijajoukolle toimiessaan v. 1897 Pietarin VII kansainvälisen geologikongressin Suomeen suuntautuneen retkeilyn oppaana.

Sederholmin tutkimusala oli hyvin laaja: prekambriegerologiasta kvartaari-geologiaan ja kultamalmeista pohjavesiin. Kes-

keisintä hänen laajassa tuotannossaan on migmatiittien ja graniittien tutkimus sekä kokonaiskuvan luominen Suomen kallioperästä ja sen kehityksestä. Useat hänen migmatiittista peruskalliotamme käsittelevät tutkimuksensa ovat prekambriegerologian klassikkoja. Rosenbuschin oppilaana Sederholm oli magmatisti, mutta Lounais-Suomen migmatiitteja tutkiessaan hän omaksui myös transformatistisia käsityksiä migmatiittien ja graniittien synnystä. Tarkat kenttägeologiset ja petrografiset tutkimukset, niihin perustuva oleellisten kysymysten pohdinta ja tulkinta, sekä kirjoitusten johdonmukainen tyyli tekivät Sederholmin tutkimuksista merkkiteoksia, joilla on edelleen tunnustettu asema tieteellisessä kirjallisuudessa.



Kuva 1.1. Viisaskin väsähtää. Prof. J.J. Sederholm johtamallaan ekskursiolla Pellingin saaristossa 1913. Kuva ylioppilas Aarne Laitakarin (myöhemmin Geologisen tutkimuslaitoksen johtaja, professori) ottama.

Tutkimustensa yhteydessä Sederholm joutui luomaan myös uusia geologisia käsitteitä, ja monet petrologiassa yleisesti käytetyt termit ovat hänen tekemiään (esim. migmatiitti, anateksis, palingenesis, synteksis, arteriitti, ptygmaattinen, nebuliittinen, myrmekiitti ym.). Sederholmin valitut teokset, ”Granites and Migmatites”, ilmestyi Skotlannissa 1967.

Wilhelm Ramsay (1865–1928), Sederholmin opiskelutoveri ja elinikäinen ystävä, antautui yliopistouralle. Hän oli ideoista rikas geologian monitaituri, joka hallitsi aikansa mineralogian, petrologian, yleisen geologian ja kvartaärigeologian. Monet hänen tutkimuksensa ja teoriansa saavuttivat aikanaan suurta huomiota, mainittakoon vaikkapa tutkimukset merenpinnan eustaat-

tisista vaihteluista tai hänen tulkintansa vuorijononmuodostuksen ja jääkausien välisistä yhteyksistä. Hän loi käsitteen Fennoskandia ja hänen oppikirjansa ”Geologins Grunder” oli kauan käytössä Pohjoismaissa. Hänen merkittävin saavutuksensa on kuitenkin Kuolan niemimaan alkalikivien löytäminen ja tutkiminen, aluksi yksin, myöhemmin yhteistyössä oppilaittensa ja opettajatoveriensä kanssa. Kaikkiaan hän teki Kuolaan 7 tutkimusmatkaa vuosina 1887–1914.

Pentti Eskola (1883–1964) saavutti maailmanmainetta jo 1914 ilmestyneellä väitöskirjallaan Orijärven alueen petrologiasta. Seuraavana vuonna hän esitti kuuluisan metamorfisen fasiesoppinsa periaatteet, ja tätä doktriinia hän täydensi 1920 julkaisullaan ”On mineral facies of rocks”, samoin useilla myöhemmillä teoksillaan. Vaikka jo eräissä aikaisemmissa julkaisuissa (esim. Barrow, Goldschmidt) oli käsitelty metamorfoosia ja metamorfista vyöhykkeellisyttä, antoi Eskolan fasiesoppi metamorfisten kivien mineraaliseurueiden, kivien kemiallisten koostumusten ja metamorfoosin paine-lämpötilaolosuhteiden keskinäisille riippuvuussuhteille selkeän säännön ja



Kuva 1.2. Fennoskandian tutkija. Professori Wilhelm Ramsay 1899 Lahti-Loviisa -ratatyömaan rapakivigraniittikalliolla Lapinjärven - Liljendalin alueella. Kuva prof. Franciska Sundholmin kokoelmasta.



Kuva 1.3. Kaivosgeologiaa vuonna 1913. Maisteri Pentti Eskola (vas.) sekä ylioppilaat Heikki Väyrynen (myöhemmin Teknillisen korkeakoulun geologian professori) ja Aarne Laitakari ovat varustautuneet käymään Orijärven kaivoksessa.

mallin, joka perustui fysikaalisesta kemiasta tunnettuun Gibbsin faasisääntöön. Eskolan metamorfinen fasiesoppi on nykyisen metamorfisen petrologian perusteemoja. Lienee käytännön mahdottomuus laskea niitä tutkimuksia, joissa sitä on sovellettu. Muusta Eskolan tuotannosta mainittakoon hänen tutkimuksensa Norjan eklogiiteista ja ns. eklogiittiteoria, hänen tutkimuksensa graniittien synnystä ja tektonisesta luokittelusta sekä hänen lukuisat Suomen kallioperän syntyä ja kehitystä koskevat tutkimuksensa. Vaikka viimeksimainitut perustuvatkin paikallisiin tutkimuksiin, on niiden tulkinnessa aina mukana ”paikallisuuden ylitse ulottuva fysikaalisen kemistin asenne”, kuten akateemikko Th.G. Sahama asian osuvasti ilmaisi. Eskolan kansainvälistä arvostusta osoittavat hänen saamansa lukuisat tieteelliset huomionosoitukset, viimeisenä Nobel-palkintoon rinnastettava Vetlesenin palkinto, joka myönnettiin hänen ansioistaan fysikaalisen kemian soveltamisesta graniittien synnyn selvittelyyn.

Eero Mäkinen (1886–1953) teki vartaansa vailla olevan elämäntyön Suomen vuoriteollisuuden kehittäjänä, mutta myös



Kuva 1.4. Järjellä ja vasaralla. Professori Pentti Eskola geologivasara kädessään ohjaamassa opiskelijoita Helsingin Kaivopuiston rannassa 6.5.1932. Kuva Esko Suomalainen.

tieteellisen tutkimuksen saralla hän lyhyenä aktiivikautenaan (n. 6 v.) yliti mittaviin saavutuksiin. Hänen tohtorinväitöskirjansa Tammelan graniittipegmatiiteista ja niiden mineraaleista (1912) on edelleen paljon siteerattu pegmatiittitutkimuksen klassikko. Hänen tutkimuksensa alkalimaasälvistä (1917) oli vuosikymmeniä alansa huipputeos. Geologisen komisionin kallioperäkartoittajana Tampereen seudulla ja Pohjanmaalla hän toi uusia näkemyksiä kallioperämme synnystä. Vuonna 1918 Mäkinen suoritti Tukholmassa vuori-insinööritutkimuksen luopuen samalla omakohtaisesta tieteellisestä tutkimustyöstä. Suurtyönsä Outokumpu Oy:n toimitusjohtajana hän suoritti vuosina 1921–1953 kehittäen pienestä vaikeuksissa kituvasta kuparikaivoksesta menestyvän vuoriteollisuusalan suuryrityksen useine kaivoksineen ja tehtaineen. Vuorineuvos Eero Mäkisen rakentamalta perustalta on voitu jatkaa menestyksellisesti, ja yhtiöstä on kehittynyt nykyinen maailmanlaajuisesti



Kuva 1.5. Malmi- ja kaivosherroja vuonna 1941. Outokumpu Oy:n toimitusjohtaja vuorineuvos Eero Mäkinen (kesk.) tutustumassa Otanmäen titaani-rautamalmin paljastumaan. Mäkisestä vasemmalle diplomi-insinöörit Lauri Levanto ja Matti Häyrynen, oikealle tohtori Paavo Haapala (myöhemmin Outokummun päägeologi, professori) ja Eino Palmunen. Kuva Aarne Laitakari.



Kuva 1.6. Laittegeologi Th. G. Sahama rakentamassa röntgenspektrografia Helsingin yliopiston geokemian laboratorioon v. 1938. Tällä laitteella tehtiin aikanaan kansainvälisesti huipputarkkoja geokemiallisia hivenalkuainemääryksiä.



Kuva 1.7. Kirjoittava geologi. Kalervo Rankama kirjoituskoneensa kimpussa geokemian laboratoriossa 1940-luvun alussa. Rankaman kirjoittamia tai toimittamia geologisia kirjoja on yhteensä yksi hyllymetri.

toimiva, maineikas metallialan konserni. Outokumpu Oy:n panos maamme geologiseen tutkimukseen on ollut hyvin merkittävä, ei ainoastaan yhtiön malminetsintään ja malmien hyödyntämiseen liittyvänä tutkimustyönä, vaan myös Outokumpu Oy:n Säätiön kautta tutkimustyölle osoitettuna tukena.

Geokemisteinä kohosivat maailmanmaineeseen Helsingin yliopiston henkilökohtaiset ylimääräiset professorit akateemikko *Tb. G. Sahama* (1910–1983) ja *Kalervo Rankama* (1913–1995), molemmat Eskolan oppilaita. Sahama rakensi 1930-luvun lopulla Helsingin yliopiston geologian laitokselle geokemian laboratorion, jossa tehtiin aikanaan huipputarkkoja hivenalkuaineanalyysyjä. Rankaman ja Sahaman oppikirja ”Geochemistry” (1950, 6. painos 1968) oli pitkään alan arvostetuin oppikirja, ja se on käännetty useille kielille. Sahama suuntautui myöhemmin vulkanologiaan ja mineralogiaan saavuttaen kansainvälisen maineen myös näillä sektoreilla. 1950-luvulla Saha-

ma johti useita tutkimusretkiä Virungan vulkaaniselle vyöhykkeelle Itä-Afrikkaan tutkien alkalibasalttien mineralogian ja geokemian. Työtovereineen hän kuvasi 15 uutta mineraalispesiestä. Myös Rankama aloitti geokemistinä, mutta 1950-luvulta alkaen hänestä tuli isotooppigeologian uranuurtaja. Hän kirjoitti oppikirjat ”Isotope Geology” (1954) ja ”Progress in Isotope Geology” (1963); itse asiassa hän antoi nimen koko tälle tieteenhaaralle. Hänet tunnetaan myös useiden laajojen kansainvälisten kokoomateosten ja julkaisusarjojen toimittajana.

Monet muut Ramsayn ja Eskolan oppilaat ovat jatkaneet tutkimusperinnettä vastuullisissa tehtävissä Geologian tutkimuskeskuksessa, yliopistoissa ja kaivosteollisuuden palveluksessa tai siirtyneet ulkomaille ja tehneet siellä näyttävän elämäntyön. Sederholmin, Ramsayn ja Eskolan vaikutus tuntuu edelleen, ja yksistään myönteisellä tavalla.

Kuinka on nyt?

Suomen geologisella ja mineralogisella tutkimuksella on kunniakas historia. Ei ole olemassa montaa tieteenalaa, joissa suomalaisten tiedemiesten panos alan kansainväliseen kehitykseen on yhtä mittava kuin geologiassa. Tämä ei johdu siitä, että Suomen kallioperä olisi erityisessä avainasemassa maapallon kuoren syntyä ja kehitystä selvitettyäessä – samanlaisia prekambrisia kilpialueita arkeisine ja proterotsooisine muodostumineen löytyy kaikilta mantereilta. Selitys löytyy suomalaisten geologien ammattitaidosta; myös itsenäisyyttään ja identiteettiään tavoitelleen ja sen saavuttaneen nuoren kansakunnan kansallistunnolla on saattanut olla osuutensa tässä kehityksessä. Petrologia on aina ollut suomalaisen geologian kulmakiviä, jonka pohjalta on myös voitu erikoistua geokemiaan, malmigeologiaan ja mineralogiaan. Maamme kallioperän luonteesta johtuen eivät rakennegeologia ja sedimenttipetrologia ole olleet perinteisesti samalla korkealla tasolla kuin esim. petrologia, joskin viime vuosina myös näillä sektoreilla on tapahtunut kehitystä.

Mikä on Suomen geologian tulevaisuus? Onko menneitten aikojen kansainvälinen taso pystytty säilyttämään vai onko se lopullisesti menetetty, vai onko se kenties taas nousemassa? Tulevaisuutta ei ole helppo ennustaa, mutta tämänhetkistä tilannetta on kyllä mahdollista arvioida.

Toisen maailmansodan jälkeisinä vuosikymmeninä on Geologian tutkimuskeskuksessa tehty pitkäjännitteistä geologista, geofysikaalista ja geokemiallista pohjatyötä, peruskartoitusta. Geologien lukumäärän voimakkaasta lisäyksestä huolimatta on tieteellinen tutkimus ja aktiivinen julkaisutoiminta ollut pitkään harvojen tiedemiesten varassa. Viimeisten kymmenen vuoden aikana on tässä suhteessa tapahtunut selvä muutos. Taloudellisesta ahdingosta huolimatta Suomen geologia elää nyt selvää nousukautta,

joka kylläkin paljolti rakentuu hiljaisten vuosikymmenien pohjatyölle.

Geologian tutkimuskeskuksen isotoopigeologiset, geokemialliset, petrologiset, malmigeologiset ja paleomagneettiset ynnä muut geofysikaaliset tutkimukset sekä yliopistojemme hyvin suunnatut tutkimusprojektit ovat nostaneet tietämyksemme Suomen kallioperän kehityksestä aivan uudelle tasolle. Nyt pystytään isotooppisia, geokemiallisia ja mineraalikemiallisia tutkimusmenetelmiä hyväksikäyttäen ratkaisemaan sellaisia petrogeneettisiä ja petrologisia kysymyksiä, jotka Sederholmin ja Eskolan aikaan olivat pelkän arvailun varassa. Nuorten geologien tutkimus- ja julkaisuaktiiviteetti on voimakkaasti lisääntynyt (esim. geologis-mineralogisia väitöskirjoja ilmestyi vuosina 1970–1975 14 kpl, 1980–1985 15 kpl, 1990–1995 31 kpl), ja useat eri yliopistoissamme viime vuosina tarkastetut geologiset väitöskirjat ovat nopeasti saavuttaneet kansainvälistä huomiota ja tunnustusta.

Päävastuun maamme geologisesta tutkimuksesta on kantanut Geologian tutkimuskeskus, mutta myös yliopistojen ja kaivosyhtiöitten osuus on ollut merkittävä. Yliopistojen kohdalla on mainittava geologisten laitosten ohella myös Helsingin yliopiston seismologian laitos ja Oulun yliopiston geofysiikan laitos, joiden suorittamat tutkimukset Suomen litosfäärin rakenteesta ovat merkittävästi vaikuttaneet kallioperämme rakenteen ja kehityksen ymmärtämiseen. Geologien ja geofysikkojen yhteistyö on osoittautunut hyvin hedelmälliseksi. Tuskin löytyy toista prekambrista kilpialuetta, joka olisi yhtä hyvin tutkittu ja tunnettu kuin Suomen kallioperä; kuitenkin uutta löytyy jatkuvasti kuten esimerkiksi uudet timantti-, kulta- ja nikkelimalmilöydöt osoittavat. Geologin työlle ei loppua näy.