

# Kiinteän maan geofysiikan uudet laboratoriot Kumpulassa

LAURI J. PESONEN

Kiinteän maan geofysiikka on oppi Maapallon rakenteesta, koostumuksesta ja kehityksestä. Näitä asioita tutkitaan teorioiden, havaintojen, laboratoriotutkimusten ja mallien avulla. Oppituoliin kuuluu useita tutkimusaloja, kuten seismologia, geodesia, geomagnetismi, geosähkömagnetismi, geotermiikka, jne. Kun tutkitaan Maan sisusta, on tieto eri kerrosten fysikaalisista ominaisuuksista tärkeää. Tätä tutkimusala kutsutaan petrofysiikaksi. Geofysiikan avulla tutkitaan myös planeettojen ja niiden kuiden (mm. Merkurius, Titan, Ganymede, jne.) sekä aurinkokuntamme pienkappaleiden (asteroidit, komeetat) rakenteita ja kentiä. Erityisesti meteoriittien fysikaalisten ominaisuuksien tutkiminen on noussut ajankohtaiseksi, koska ne kertovat asteroidien rakenteista sekä mm. Marsin ja Kuun ominaisuuksista ja kehityksestä. Tätä tieteenhaaraa kutsutaan planetaarisiksi geofysiikaksi, jonka opetus alkoi Helsingin yliopistossa keväällä 2005.

Suomessa kiinteän maan geofysiikkaa opetetaan Oulun yliopistossa, Teknillisessä korkeakoulussa (TKK) ja Helsingin yliopistossa (HY). Opetuksen sisällöt näissä laitoksissa vaihtelevat jossain määrin. Pienen maan kannalta on tärkeää, että laitoksilla on oma tutkimusprofiilinsa: Oulu keskittyy litosfäärigeofysiikkaan (erityisesti sähkömagnetismiin), laskennalliseen geofysiikkaan ja ympäristötutkimuksiin. TKK on erikoistunut geofysiikan sovellutuksiin kalliorakentamisessa ja ympäristögeofysiikassa. Helsingin yliopiston osaaminen liittyy paleomagnetismiin, petrofysiikkaan sekä planetaariseen geofysiikkaan. Yhteistyön lisääminen yliopistojen välillä, ja erityisesti Kumpulan kampuksella sijaitsevien laitosten (Seismologian laitos, Ilmatieteen laitos, Merentutkimuslaitos), sekä myös muiden laitosten (Geologian tutkimuskeskus, Geodeettinen laitos, Säteilyturvakeskus sekä Suomen ympäristökeskus), välillä on eräs ajankohtaisista haasteista.

Tässä esityksessä kerron Helsingin yliopiston kiinteän maan geofysiikan uusista näkymistä ja

erityisesti uusista geofysiikan laboratorioista, jotka rakennettiin palvelemaan alan opetusta ja tutkimusta. Seuraavilla seikoilla oli merkittävä rooli laboratorioiden synnyttämiselle:

- Suomen geotieteiden arviointi (2003) sekä Helsingin yliopiston tutkimuksen arviointi (2006).
- Euroopan yliopistojen tutkinnonuudistusta koskeva Bolognan sopimus.
- HY:ssa toteutettu kiinteän maan geofysiikan opetuksen ja tutkimuksen uudistus, sekä Kumpulan uuden kampuksen tarjoama synergia.
- Uudet haasteet kiinteän maan geofysiikan tutkimuksessa: mm. luonnonkatastrofit, litosfäärihankkeet, uudet IGCP ja ICDP hankkeet, jne.
- Tavoite uudistaa lukion geofysiikan opetusta sekä lisätä luonnontieteiden opettajien koulutusta geofysiikan aihepiireihin.

## Kumpulan uudet laboratoriot

Kumpulaan rakennettiin vuosina 2001–2005 kaksi uutta laboratoriota: kiinteän maan geofysiikan tutkimuslaboratorio sekä kiinteän maan geofysiikan opetuslaboratorio (kuva 1). Tutkimuslaboratorio käsittää paleomagnetismin ja petrofysiikan laboratoriot, jotka sijaitsevat Kumpulan Physicum-rakennuksen kellarissa. Paleomagnetismin laboratorio on hyvin varustettu ja siellä on mm. uuden sukupolven suprajohtava DC-SQUID magnetometri (2G, USA); (kuva 1a), magneettinen hystereesimittari (Princeton Applied Research), uusi automaattinen spinnermagnetometri ja vaihtovirtademagnetointilaitte (molemmat AGICO Co, Tshekki) sekä demagnetointiuuni (Shaw Co, UK; GTK:n lahjoitus).

Petrofysiikan kalusto sisältää kivien, mineraalien ja meteoriittien fysikaalisten ominaisvakioiden määrittämiseen sopivan RISTO 5 -laitteiston, jolla voidaan mitata näytteen susceptibiliteetti, tiheys, huokoi-

suus, sähköjohtavuus sekä seismisen P-aallon nopeus. Yhteistyössä HY:n elektroniikan laboratorion kanssa rakennetaan parhaillaan uutta nopeusanturia, jolla voidaan mitata myös poikittaisaallon (S) nopeus kuorellisissa P-T-olosuhteissa. Laboratoriossa on myös laitteistot, joilla voidaan määrittää näytteen magneettinen raekoko (hystereesisominaisuudet), anisotropia sekä suorittaa magnetismin mittaus korkeissa tai matalissa lämpötiloissa.

Opetuslaboratoriossa opiskelijat tekevät geofysiikan, paleomagnetismin ja petrofysiikan laboratoriotyöt sekä erikoistöitä. Kiinteän maan geofysiikan laboratoriotyöt -kurssi käsittää mm. yleisen painovoimavakion (G) määrittämisen ”klassisella” Cavendishin sillalla, painovoiman (g) määrittämisen Kumpulassa pudotus- ja heilurikokeiden avulla, magneettikentän määrittämistä sekä geotermiikan perusmittauksia. Kuvassa 1 on näkymä tutkimuslaboratoriosta ja opetuslaboratoriosta.

## Uusia kursseja, uusia opettajia

Kiinteän maan geofysiikan opetusohjelma uudistettiin perusteellisesti vuosina 2001–2005. Ohjelma koostuu Bologna-uudistuksen myötä (yliopistoissa siirryttiin 2-portaiseen tutkintoon: LuK ja FM) perusopinnoista ja syventävistä opinnoista. Opetus jakaantuu kolmeen linjaan: geodesia, seismologia ja geomagnetismi. Peruskurssit ovat kaikille yhteisiä (ja usein myös vesivaipan geofysiikan kanssa). Jatkossa erikoistutaan edellä mainittuihin linjoihin.



Kuva 1. (a) Jatko-opiskelija Tiiu Elbra mittaamassa Ghanan Bosumtwi-meteoritikkraatterin näytteitä uudella suprajohtavalla SQUID-magnetometrillä. (b) Assistentti Fabio Donadini esittelee opiskelijoille kiinteän maan geofysiikan opetuslaboratoriota.

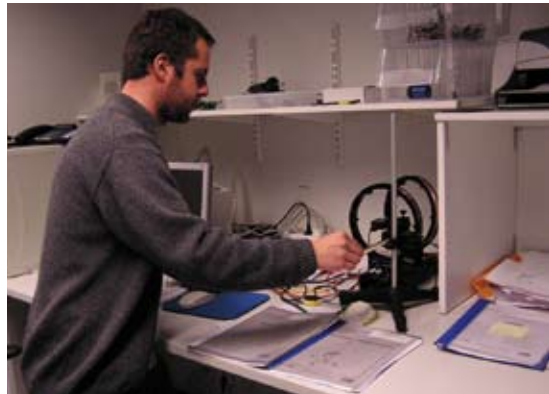
Opetusohjelmassa on runsaasti uusia kursseja, joista mainittakoon:

- kiinteän maan geofysiikan perusteet; petrofysiikan perusteet
- paleomagnetismi; ympäristömagetismi
- planetaarisen geofysiikan peruskurssi (yhteistyössä Tähtitieteen laitoksen kanssa)
- kiinteän maan geofysiikan ja petrofysiikan laboratoriotyöt
- käytännön gravimetria, käytännön seismologia
- kiinteän maan geofysiikan kenttäkurssi
- geofysiikan kentäteoria, jatkumomekaniikka,
- geofysiikan mallinnus,
- potentiaalitenttien tulkintateoria
- seminaarikursseja

Näistä on enemmän osaston kotisivulla [www.geophysics.helsinki.fi](http://www.geophysics.helsinki.fi)

## Uusia opettajia

Koska kiinteällä maalla on vain yksi professuuri, niin alan laajan aihepiirin toteutuminen opetuksessa perustuu suurelta osin dosenttien ja vieraillevien opettajien panokseen. Näkymät tässä ovat olleet suotuisat: vuosien 2001–2005 aikana alan opettajakunta vahvistui merkittävästi. Seuraavat uudet dosentit aloittivat opetuksen Kumpulassa: Markku Poutanen (kurssit: GPS, planetaarinen



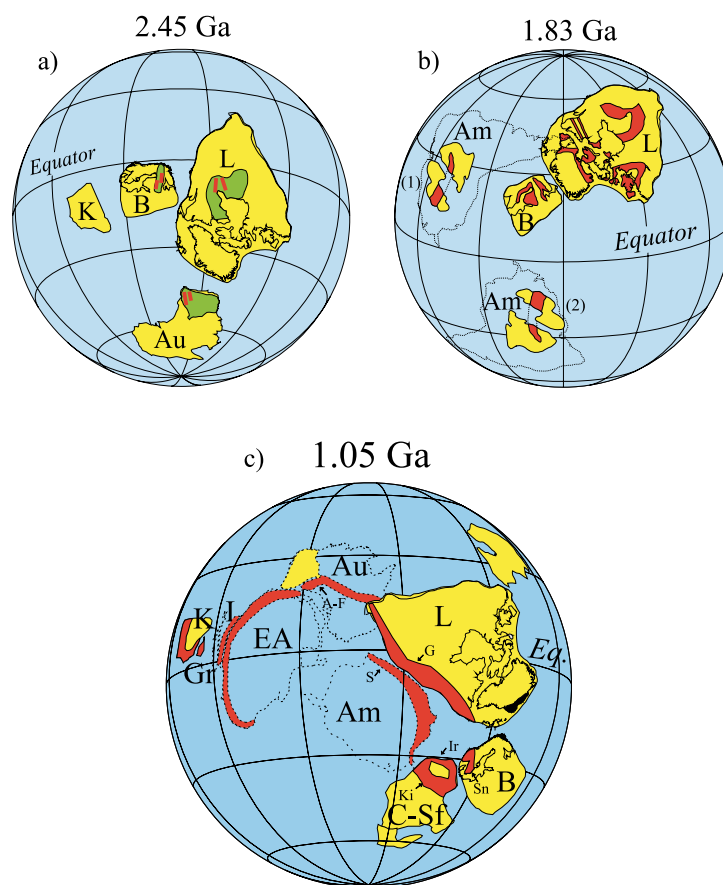
geofysiikka), Esko Eloranta (geofysiikan kenttäteoria, geofysiikan jatkumomekaniikka sekä geofysiikan mallinnus), Satu Mertanen (paleomagnetismi), Meri-Liisa Airo (petrofysiikka), Jaakko Mäkinen (käytännön gravimetria) ja Karri Muinonen (planetaarinen geofysiikka). Uusien aiheiden opettamiseksi on saatu vierailevia luennoitsijoita, kuten PhD Juri Plado (Tarton yliopisto; potentiaalikenttien tulkinta) ja PhD Eduard Petrovsky (Tshekin Tiedeakatemia; ympäristömagnetismi). Yhteiskurssit vesivaipan linjan kanssa ovat lisääntyneet (mm. jatkumomekaniikka, routageofysiikka, geohydrologia). Useita kursseja pidetään Geologian laitoksen kanssa yhteisesti, kuten sovelletun geofysiikan perusteet (prof. Markku Peltoniemi, TKK), tektoniikka (dos. Annakaisa Korja) ja geohydrologia (prof. Juha Karhu).

Uudistetussa opetusohjelmassa on vielä kaksi puutetta. Ensimmäkin kiinteällä maalla ei ollut kenttäkurssia (kuten vesivaipalla) ja toiseksi, geofysiikan osastolla ei ole geotieteisiin "räätälöityä" GIS-kursseja (GIS-kurssien tarjontaa löytänyt Maantieteen laitokselta, mutta on tarve saada geofysiikalisten aineistojen käsittelyyn sopivaa GIS-koulutusta). Ensimmäinen puute saatiin korjattua, sillä ensimmäinen kiinteän maan geofysiikan kenttäkurssi pidettiin Askolassa syksyllä 2004. Kurssin järjestivät HY:n geofysiikan osasto (allekirjoittanut) ja Seismologian laitos, TKK:n materiaali- ja kalliotekniikan osasto sekä GTK. Tutkimusprofessori Pekka Nurmen (GTK) rooli tämän kurssin käynnistämässä oli mainittava. Kuusipäiväinen koulutus käsitti geofysiikalisten mittausten suorittamisen maastossa. Aiheina olivat painovoimamittaukset, magneettiset, sähkömagneettiset, IP- ja vastusluotaukset, seisminen taantuminen sekä maatulkuutus. Teoriat käytiin lävitse aamuluennoilla erikoisopettajien avulla ja iltapäivisin tehtiin käytännön maastomittauksia ja tutustuttiin

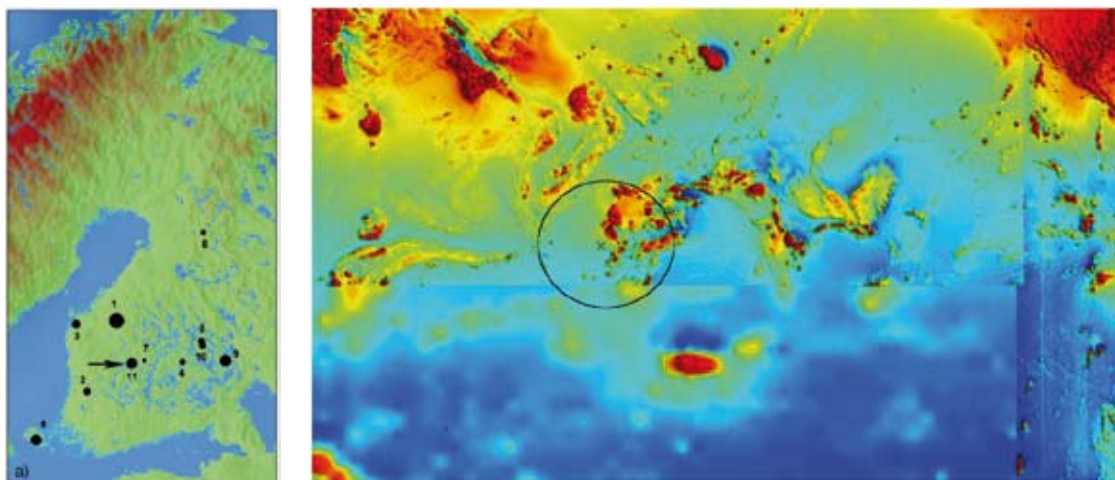
laitteisiin. Illalla ohjelmassa oli mittausdatojen purkamiset sekä tulkintojen tekeminen tietokoneilla ryhmätöinä. Tulkinnoissa käytettiin hyväksi Askolan kallioperästä otettujen suunnattujen näytteiden petrofysiikkaa. Kurssi sai positiivisen vastaanoton ja sitä on esitelty kotimaisissa ja kansainvälisissä kokouksissa. Kurssi pidetään parillisina vuosina ja tänä syksynä pidettävän 2. kenttäkurssin järjestää TKK:n geoympäristötekniikan laboratorio Jalle Tammenmaan johdolla (ks. <http://geo.tkk.fi/>).

### Laboratorion tutkimushankkeista

Kiinteän maan geofysiikan ryhmä osallistuu neljään tutkimushankkeeseen: IGCP-509 (supermantereet), ICDP-syväkairaukset, arkeomagnetis-



Kuva 2. Paleomagnetisten aineistojen avulla rakennettuja Prekambrisia supermantereita: Kenorland (2700–2450 Ma), Hudsonland (1880–1250 Ma) ja Rodinia (1100–750 Ga).



Kuva 3. Vasemmalla: Törmäyskraatterien tutkimusohjelman (ESF) tuloksena Suomesta on löydetty varmuudella 11 törmäyskraatteria, joista 7 löydettiin v. 1995–2004. Viimeinen löytö on Keurusselkä Keski-Suomessa (nuoli). Oikealla: Keurusselän aeromagneettinen kartta. Ympyrä on alue, josta Satu Hietala ja Jarmo Moilanen löysivät pirstekartioita v. 2004.

min hanke EU/AARCH sekä IUGG/ILP:n impaktikraattereiden tutkimusohjelma GISP (Global Impact Study Programme). Näistä on seikkaperäiset esitykset osaston www-sivuilla. Kuvissa 2 ja 3 on muutama esimerkki.

Kiinteän maan geofysiikan ryhmä tutkii Maapallon magneettikenttää ja sen vaihteluita prekambrielta ajalta alkaen aina holoseenikaudelle kivinäytteiden ja arkeologisten esineiden avulla. Erityisesti Maan magneettikentän voimakkuuden vaihtelut ovat aktiivisen tutkimuksen kohteena.

Supermannerhankkeessa (IGCP 509) tutkitaan proterotsooisia supermantereita, joita ovat Kenorland, Hudsonland ja Rodinia. Kuvassa 2 on esimerkkejä em. supermantereista pohjautuen paleomagneettisiin rekonstruktioihin.

Impaktitutkimusten kohteina ovat maapallon impaktitapahtumat, niiden merkitys geologialle ja biologialle, törmäysrakenteiden kartoittaminen geofysiikan avulla ja impaktitapahtumien ajoittaminen (kuva 3).

Suurten kairareikien tutkimusohjelmassa tutkitaan neljän syvän kairareian fysikaalisia ominaisuuksia kairanäytteistä. Näitä ovat Chicxulubin törmäyskraatteri Meksikossa, Bosumtwi Ghanassa, Chesapeake Virginiassa sekä Outokummun syväreikä Suomessa. Kiinteän maan geofysiikan ryhmä on myös aktiivinen planetaarisen geofy- GEOLOGI 58 (2006)

siikan saralla tutkimalla meteoriittien fysikaalisia ominaisuuksia ja niiden kytkeytymistä asteroidien rakenteisiin, koostumuksiin ja kehitykseen.

## YHTEENVETO

Kiinteän maan geofysiikan opetus ja tutkimus on saatu hyvälle kivijalalle Kumpulan kampuksella. Alan uudet laboratoriot tarjoavat hyviä mahdollisuuksia vieraileville tutkijoille ja opiskelijoille. Laboratorio vastaanottaa myös tilaustöitä. Yhteistyö Seismologian laitoksen ja Geologian laitoksen kanssa on lisääntynyt ja Ilmatieteen laitoksen ja Merentutkimuslaitoksen asettaminen Kumpulaan on tuomassa uutta synergiaa kampusyhteistyölle. Yhteistyössä ei ole unohtettu muita (Kumpulan ulkopuolella olevia) laitoksia. Alalla tapahtuu paljon uutta ja opetuksen ja tutkimuksen pitää reagoida näihin haasteisiin. Mm. seuraavat aihepiirit tulevat olemaan ajankohtaisia lähitulevaisuudessa:

- Uudet näkymät litosfäärin kehityksestä ja rakenteesta sekä litosfäärin ja vaipan vuorovaikutuksesta (mm. kimberliitit, xenoliitit, heijastusseismiikka ja seisminen tomografia, geotermiikka, jne.). Suuret magmaprovinssit ja supermantereet

- litosfäärin, hydrosfäärin, atmosfäärin ja biosfäärin vuorovaikutukset (yhteistyö kiinteän maan ja vesivaipan geofysiikan välillä, esimerkiksi Sumatran luonnonkatastrofi)
- veden ja fluidien rooli maa- ja kallioperässä mukaan lukien metamorfiset tapahtumat
- uusien geofysiikan sovellutusten löytäminen ympäristömuutosten kartoitukseen, esimerkiksi ympäristömagnetismin sovellutukset
- geofysiikka Arktikan ja Antarktikan tutkimuksissa (Pohjoinen ulottuvuus, IPY, Year of Planet Earth, jne.)
- aktiivinen osallistuminen geotieteiden megahankkeisiin: ODP, ICDP, IGCP ja ILP-hankkeet
- suurten impaktien merkitys litosfäärin ja biosfäärin kehityksessä
- planetaarisen geofysiikan tuomat löydöt (uudet planeetat ja niiden kuut, eksoplaneetat, Kuiper-vyöhykkeen pienkappaleet, avaruusnäytteiden tutkiminen laboratorioissa)

Kumpulan geofysiikan ryhmä, yhdessä muiden yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa, on valmis ottamaan nämä tutkimukselliset haasteet vastaan.

## Kiitokset

Kiitokset Kari Raiviolle, Juhani Keinoselle, Markku Kulmalalle, Aimo Hämäläiselle, Juhani Kakkurille, Matti Saarnistolle, Matti Leinolle, Lassi Eskolalle sekä oppilailleni Fabio Donadinille, Maria Kuulusalle, Johanna Salmiselle, Tiiu Elbralle, Tomas Kohoutille, Selen Dayioglulle ja Elisa Piispalle sekä ja laboratorioissa vuosina 2001–2006 työskennelle työntekijöille ja kesäharjoittelijoille, heidän avustaan laboratorioiden rakentamisessa. Esko Elorannalla kiitos kommentteista ja parannuksista.

## English Abstract

*There is growing interest in solid earth geophysics as evidenced by increasing number of students enrolling in the solid earth geophysics courses at Finnish universities and by the amount of publications of this discipline. Part of this interest is related to a public awareness of environmental*

*phenomena and natural catastrophes (e.g., the dramatic tsunami event in Dec. 26, 2004). A renewal of the teaching of solid earth geophysics at the University of Helsinki was done during 2001-2005. The latest teaching revision relates to the Bologna agreement, with its two stage academic curriculum (BSc, MSc). Among the innovations in the solid earth geophysics at the University of Helsinki is the construction of two new laboratories, the research laboratory and the teaching laboratory. The first one consist of laboratory facilities to carry out high level research on paleomagnetism, rock magnetism, petrophysics, impact cratering and geomagnetic phenomena. The teaching laboratory provides a facility for laboratory courses on seismology, geodesy, geomagnetism and planetary geophysics. Among the new additions in the teaching palette are courses in petrophysics, GPS, planetary geophysics, seismic tomography, laboratory works, field measurements, geophysical field theory, continuum mechanics, geophysical modelling and more. Teaching staff has increased dramatically by some 6 new docents (adjunct professors) and visiting lecturers. The research laboratory is fully equipped including a new DC-SQUID magnetometer, full paleomagnetism instrumentation, hysteresis apparatus, Curie balance and devices to measure petrophysical parameters (seismic P-velocity, electrical conductivity and IP, magnetic properties, density and porosity) of rocks, minerals and meteorites. Currently a new instrument is under construction which allows the P- and S-wave velocities of rocks to be measured under crustal P-T-conditions. Five research projects are currently undertaken: 1. supercontinents, 2. meteorite impact research, 3. petrophysics of meteorites, 4. investigations of deep drillcores and 5. determinations of the Earths magnetic field in the past.*

**Lauri J. Pesonen**

Kiinteän maan geofysiikan laboratorio  
Geofysiikan osasto  
Helsingin yliopisto  
Fysikaalisten tieteiden laitos  
PL 64, 00014 Helsingin yliopisto  
lauri.pesonen@helsinki.fi  
http://www.geophysics.helsinki.fi/  
phone: 191 5 017, +358-50 383 55 74  
GEOLOGI 58 (2006)