

# PAIKKATIETO-OHJELMISTOJA GEOLOGISEEN TUTKIMUKSEEN

J. SAKARI SALONEN

## Johdanto

Geologisessa tutkimuksessa käsitellään paljon maantieteelliseen paikkaan sidottua tietoa (*paikkatietoa*). Silloin kun tutkimuksessa käsitellään useisiin maantieteellisiin paikkoihin sijoittuvaa aineistoa, on paikkatietoa käsittelevä tietokonejärjestelmä, *paikkatietojärjestelmä* (*geographical information system, GIS*) luonteva tapa käsitellä aineistoa. Paikkatietojärjestelmä mahdollistaa aineiston kokonaisvaltaisen tarkastelun, muokkaamisen ja analysoinnin sekä karttojen laatimisen aineiston pohjalta. Monet ohjelmistot sisältävät lisäksi paikkatietoaineistoa matemaattisesti ja tilastotieteellisesti käsitteleviä funktioita, joita voidaan käyttää paikkatietomallien rakentamisessa.

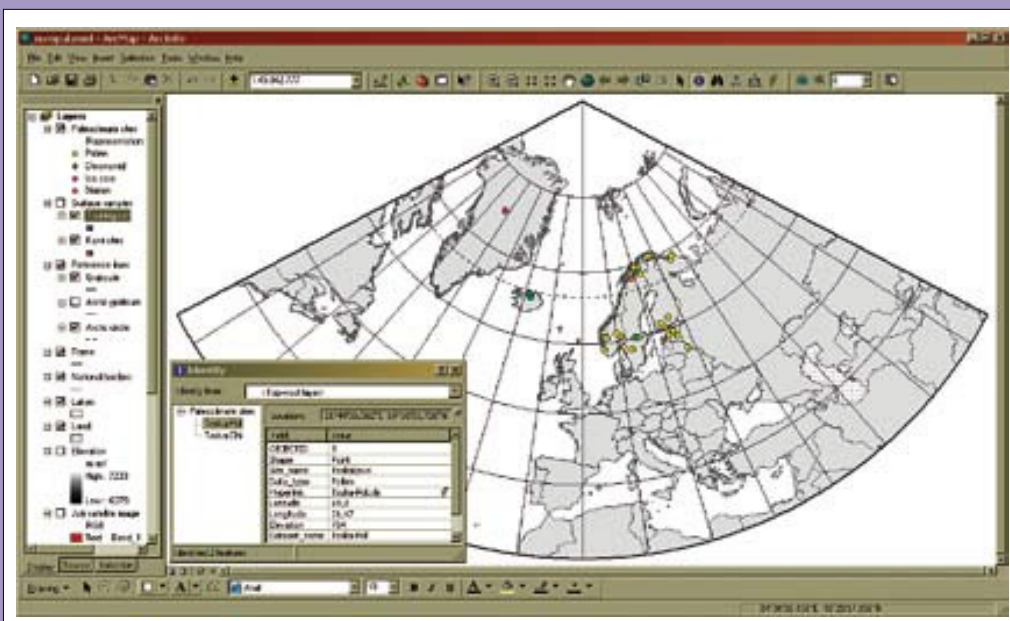
Paikkatietojärjestelmissä käsiteltävät paikkatietoaineistot voidaan jakaa rakenteensa perusteella kahteen ryhmään. *Rasteriaineistot* ovat ruudukkomaisia solukkoja, jotka peittävät koko tutkimusalueen tai osan siitä. Jokaiseen soluun liittyy sen sijainnin lisäksi arvo, joka kuvaa jonkin muuttujan arvoa kyseisessä paikassa. Yleinen esimerkki rasterista on korkeusmalli, jossa jokaiseen soluun liittyy lukuarvo, joka kuvaa kyseisen paikan korkeutta merenpinnasta. Myös geologisessa tutkimuksessa yleisessä ympäristöjen ja muinaisympäristöjen analyysissä ja mallinnuksessa (esim. Ero-

nen 2006) eri ympäristön ominaisuuksia kuvataan tyypillisesti rastereina. *Vektoriaineistot* koostuvat yksittäisistä koordinaattipisteistä tai koordinaattipisteiden määräämistä viivoista tai monikulmioista. Monia maantieteellisiä kohteita, kuten vuorenhuippuja (piste), jokia (viiva) ja järviä (monikulmio), kuvataan tavallisesti vektoridatana.

Tässä kirjoituksessa kuvataan joitakin laajasti käytettyjä ja geologisessa tutkimuksessa käyttökelpoisia *paikkatieto-ohjelmistoja*, joita voidaan käyttää osana paikkatietojärjestelmää. Kuvatuista ohjelmistoista ensimmäinen on kaupallisista ohjelmistoista tärkein, loput kolme ovat ilmaisia.

## ArcGIS

*ArcGIS* on nimitys kalifornialaisen Environmental Systems Research Institutun (*ESRI*) paikkatieto-ohjelmistotuotteelle. *ArcGIS* on oikeastaan tuotepihe, johon kuuluu kolme eritasoista ohjelmistoa. Halvimmasta ja ominaisuuksiltaan suppeimmasta kalleimpaan ja kehittyneimpään lueteltuina nämä ovat *ArcView*, *ArcEditor* ja *ArcInfo*. Vuonna 1981 markkinoille tullut *ArcInfo* (kuva 1) on *ESRI*n lippulaiva, ja sisältää monipuoliset toiminnot paikkatiedon visualisointiin, muokkaa-



Kuva 1. ArcInfo.  
Figure 1. ArcInfo.

miseen, prosessointiin ja analysointiin. ArcView ja ArcEditor ovat ArcInfon supistettuja versioita. ArcView on soveltuu etupäässä valmiin paikkatiedon tarkasteluun ja visualisointiin. ArcEditor lisää ArcView'hin paikkatiedon muokkaustoimintoja. ArcInfon kehittyneemmät paikkatiedon analysointi- ja prosessointitoiminnot puuttuvat näistä molemmista.

ArcGIS-ohjelmistot ovat paikkatietoalalla ylivoimaisia markkinajohtajia ja laajasti käytettyjä myös tutkijoiden keskuudessa. Verrattuna muihin tässä kirjoituksessa kuvattuihin ohjelmistoihin ArcGISin selvänä vahvuutena voidaan pitää verraten intuitiivista käyttöliittymää ja hyviä ohjelmistoon sisällytettyjä opastustoimintoja, mikä tekee käytön omaksumisesta kohtalaisen helppoa. Myös laitoskulttuuriin liittyvät seikat saattavat monen tutkijan kohdalla vahvasti puoltaa ArcGIS-perheeseen kuuluvan ohjelmiston käyttöönottoa; monessa organisaatiossa ohjelmisto on jo käytössä, ja sen käyttöön on luontevasti saatavilla tukea muulta henkilökunnalta. Paikkatietojärjestelmiä käsittelevillä kurseilla opetusohjelmistona on myös varsin todennäköisesti nimenomaan ArcGIS. Lisäksi ArcGISin itseopiskelua edesauttaa runsas sitä käsittelevä kirjallisuus sekä ohjelmiston mukana tuleva ja Internetistä löytyvä opiskelumateriaali.

Silloin kun ArcGIS-perheen ohjelmistoa ei ole saatavilla laitoksen taholta, rajoittaa hinta kuitenkin huomattavasti yksittäisen tutkijan tai pienen tutkimusryhmän mahdollisuuksia sen käyttöönottoon. Yhden käyttäjän ArcView-lisenssi maksaa Yhdysvalloissa 1500 dollaria, ja monelle tutkijalle tarpeellinen ArcInfo moninkertaisesti enemmän (ESRI ei esitä hintatietoja julkisesti). Moni tutkija tai opiskelija saattaakin päätyä alla kuvattavien ilmaiseksi saatavilla olevien ohjelmistojen käyttäjäksi jo näistä välttämättömyyssyistä. ArcGIS-ohjelmistot eivät myöskään ole saatavilla Macintosh-tietokoneiden OS X-käyttöjärjestelmälle, toisin kuin muut tässä kirjoituksessa kuvatut ohjelmistot.

## Ilmaiset ohjelmistot

Seuraavassa käsitellyt ilmaiset ohjelmistot edustavat kaikki ns. *vapaan lähdekoodin ohjelmistoja* (*open source software*). Vapaan lähdekoodin ohjelmistoja voidaan pitää yhtenä merkittävimmistä tietokonemaailman ilmiöistä viimeisen vuosikymmenen aikana. Vapaan lähdekoodin kehityksessä vapaassa levityksessä ei ole ainoastaan itse ohjelmisto vaan myös sen lähdekoodi. Näin ohjelmointitaitoiset käyttäjät voivat itse korjata

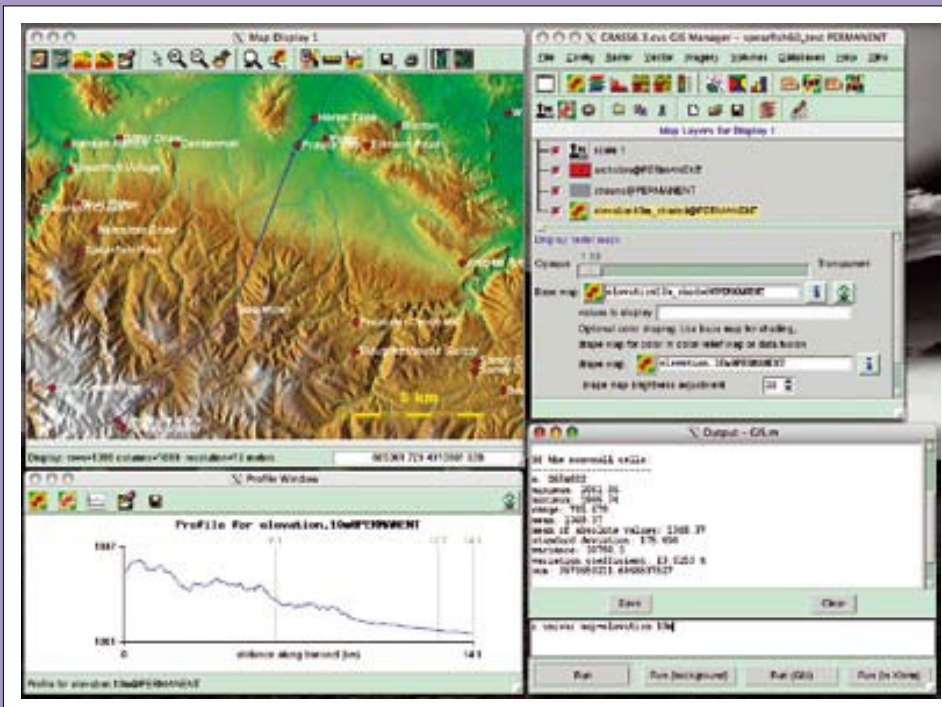
ohjelmistossa havaitsemiansa virheitä ja puutteita. Laajalta käyttäjäkunnalta vastaanotettavat laajennukset ja korjaukset antavat ohjelman kehityksen koordinaattorille mahdollisuuden kehittää ohjelmistoa nopeasti hyödyntäen käyttäjäkunnan vapaaehtoista, ilmaista työpanosta. Esimerkkinä vapaan lähdekoodin potentiaalista kypsien ohjelmistojen kehitysmallina voidaan pitää palvelin- ja supertietokoneympäristössä hyvin suosittua Linux-käyttöjärjestelmää.

*GRASS GIS (Geographical Resources Analysis Support System*; Mitasova ja Neteler 2004, Neteler ja Mitasova 2007) on alun perin Yhdysvaltain armeijan vuosina 1982–1995 kehittämä paikkatieto-ohjelmisto. Armeijan luovuttua ohjelmistosta on sitä vuodesta 1997 alkaen kehitetty avoimen lähdekoodin periaatteella kansainvälisen kehitysryhmän johtamana.

GRASSin tyypillisiksi käyttäjiksi ovat tulleet tutkijat yliopistoissa sekä useat yhdysvaltalaiset tutkimuslaitokset. GRASSin (kuva 2) perinteinen käyttötarkoitus on ollut rasterimuotoisen datan analyysi. Ohjelmisto onkin kehittynyt tällä osaluueella erittäin monipuoliseksi työkaluksi. Tärkeänä syynä tähän on nimenomaan vapaan lähdekoodin periaate. GRASS on pitkän käyttöhistoriansa aikana ollut monien eri alojen tutkimusryhmien käytössä. Useat tahot ovat myös luoneet GRASSiin eri alojen tarpeisiin vastaavia laajennuksia, mikä on vähitellen kehittänyt ohjelmiston rasterianalyysitoimintoja yhä pidemmälle. Viime vuosina GRASS on parantunut myös vektorimuotoisen aineiston käsittelyn osalta. Esimerkiksi ympäristöjen ja muinaisympäristöjen analysointiin ja mallinnukseen GRASS tarjoaa monipuolisine rasterifunktioineen voimallisen työkalun. GRASSin toinen vahvuus on sen erittäin laaja tuki erilaisille paikkatietoformaateille.

Laaja toiminnallisuus yhdistettynä ilmaisuuteen tekee GRASSista lähtökohtaisesti erittäin mielenkiintoisen ohjelmiston. GRASS ei kuitenkaan toistaiseksi ole ollut saatavilla Microsoft Windowsille vaan ainoastaan erilaisille UNIX-pohjaisille käyttöjärjestelmille (mukaan lukien Mac OS X). GRASSia on mahdollista ajaa Windows-koneissa asentamalla se UNIX-järjestelmää simuloivan ilmaisen ohjelmiston alle, mutta käytännössä varsinaisen Windows-version puute kuitenkin nostanee monen kohdalla kynnystä GRASSin käyttöönottoon. GRASSin Windows-versiota kehitetään pariaikaa, ja GRASSin seuraava versio on tarkoitus julkaista myös Windowsille.

GRASSin komentorivipohjainen käyttöliittymä on myös työlämpi opeteltava kuin esimerkik-



Kuva 2. GRASS GIS  
(Kuva: M. Barton).  
Figure 2. GRASS GIS  
(Image: M. Barton).

si ArcGIS-ohjelmistojen graafinen versio. Käytännössä GRASS edellyttääkin käyttäjältään vähintään sujuvia tietokoneen käyttötaitoja. Yksiselitteisenä heikkoutena komentoriviltä tapahtuvaa komentojen syöttämistä ei voi pitää. Komentoriviltä tapahtuva komentojen syöttäminen tukee luontaisesti erilaisten komentoketjujen rakentamista ja monimutkaisempaa paikkatieto-ohjelmiston ohjelmointia, mistä voi olla paljon etua käsiteltäessä suuria aineistoja, samojen operaatioiden toistuessa taajaan ja haluttaessa tuottaa karttoja automaattisesti esim. WWW-sivuille. ArcGIS-ohjelmistosta ArcInfo sisältää myös vaihtoehoisen komentorivikäyttöliittymän sitä tarvitseville.

*Quantum GIS* (yleisesti *QGIS*) on ilmainen paikkatieto-ohjelmisto, jota on kehitetty vuodesta 2002 alkaen. QGISin erottaa edellä kuvatusta GRASS GISistä sen eräänlainen nykyaikaisuus. QGISillä on erityisesti helppokäyttöinen, ArcGIS-ohjelmistojen (kuva 1) muistuttava graafinen käyttöliittymä. Toisaalta QGIS on toiminnallisuudeltaan GRASSiä huomattavasti suppeampi. QGIS sisältää kuitenkin toiminnot tärkeimpien vektori- ja rasteridatamaattien näyttämiseen ja myös vektoridatan muokkaamiseen. Analyysityökalut QGISistä puuttuvat lähes kokonaan. QGIS on saatavilla useille käyttöjärjestelmille, mukaan lukien Windows ja Mac OS X. QGISistä pitää lopuksi mainita, että ohjelmistolla on yhteys GRASSiin. QGISistä on sen omien toimintojen lisäksi kasvavassa määrin mahdollista käyttää erilaisia GRASSin funktioita QGISin oman graafisen käyttöliittymän kaut-

ta. GRASSin ja QGISin yhteys toimii myös toiseen suuntaan siten, että QGISin voi käynnistää GRASSin sisältä, jolloin GRASSissa käsiteltävänä olevaa aineistoa voi tarkastella käyttäen QGISin käyttöliittymää.

*Generic Mapping Tools* (*GMT*; Wessel ja Smith 1991, 1998) on ainoa tässä kirjoituksessa käsitellyistä ohjelmistoista, joka on kehitetty varta vasten geotieteellisen tutkimuksen tarpeisiin. GMT:n kehitystyön aloittivat vuonna 1987 Lamont-Doherty Earth Observatoryn geofyysikot Pål Wessel ja Walter H. F. Smith. Uusin versio julkaistiin toukokuussa 2008. GMT on ilmainen ja saatavilla useille käyttöjärjestelmille, mukaan lukien Windows ja Mac OS X. GMT on oikeastaan yli 60:n komentoriviltä käytettävän ohjelman joukko, jolla visualisoidaan ja prosessoidaan paikkatietoa. GMT ei sisällä mitään työkaluja paikkatietoaineistojen muokkaamiseen tai GMT:n ohjelmien kirjoittamien grafiikkatiedostojen näyttämiseen, joten nämä asiat täytyy tehdä käyttäen muita ohjelmia. Koska GMT ei mahdollista paikkatiedon muokkaamista tai sen interaktiivista graafista tarkastelua, pelkästään sen varaan ei voi rakentaa täysipainoista paikkatietojärjestelmää.

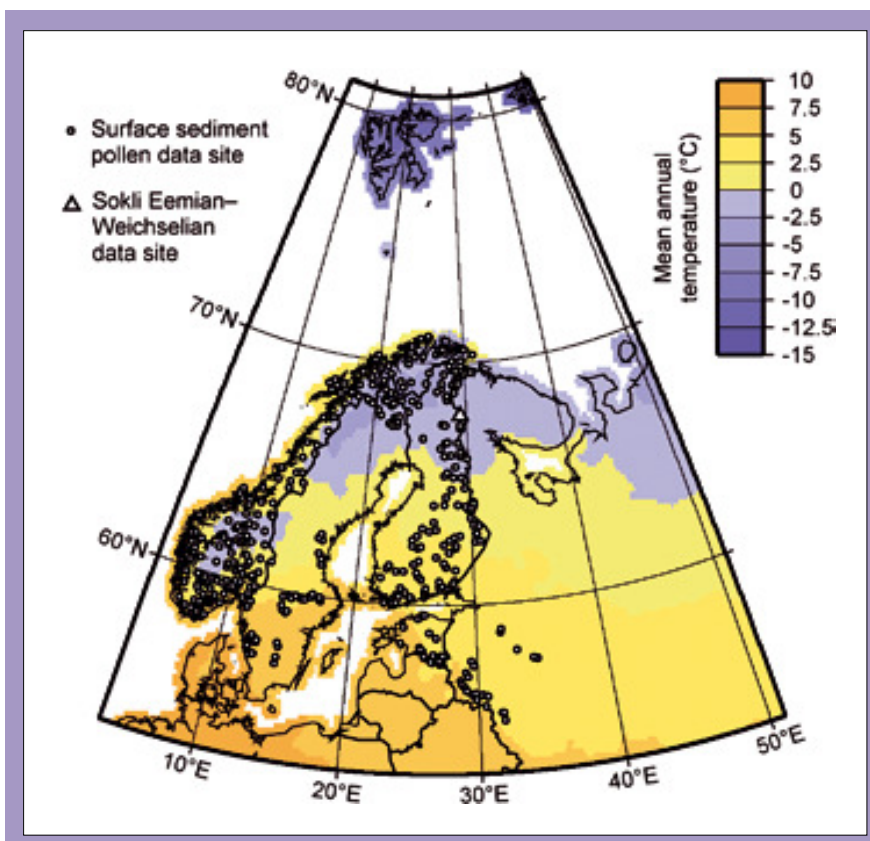
GMT on kuitenkin hyvin käyttökelpoinen ja tehokas työkalu tiettyihin käyttötarkoituksiin. Yleinen GMT:n käyttökohde on erilaisten tutkimusalueiden karttojen (kuva 3) laadinta. GMT:hen sisältyy tietokanta, jossa on vektoridatana maapallon rantaviiva, joet, järvet ja poliittiset rajat (Wessel ja Smith 1996). Tämä tietokanta tekee GMT:stä

erinomaisen ja grafiikkaohjelmaa lukuun ottamatta yksinään toimivan työkalun kartoittamiseen, jossa tutkijan omaa dataa esitetään GMT:n tietokannasta haetulla karttapohjalla. Vaikka GMT:n pääpaino on vektori- ja rasterimuotoisen paikkatiedon visualisoinnissa, se sisältää myös paikkatietopohjaisessa analyysissä ja mallinnuksessa käyttökelpoisia työkaluja. GMT:stä löytyvät ohjelmat mm. erilaisten interpolaatiomallien rakentamiseen ja matemaattisten operaatioiden suorittamiseen rasteriaineistoille. GMT:n selvänä heikkoutena voidaan pitää sitä, ettei se tue kaikkia nykyään tärkeimpiä paikkatietoformaatteja (esim. Shapefile-vektori- ja GeoTIFF-rasteridataa). Lisäksi komentoriviltä käytettävien ohjelmien yleisenä heikkoutena on niiden täydellinen epäintuitiivisuus – käyttöä ei voi opetella muuten kuin lukemalla manuaalia. GMT:ssä tätä tehtävää onneksi helpottaa hyvä ohjelmiston mukana tuleva dokumentaatio.

Vapaan lähdekoodin ohjelmistojen ilmaisuuden yhteydessä on syytä pitää mielessä, että itse ohjelmiston hankinta on usein vain osa uuden ohjelmiston käyttöönottoon liittyvistä kustannuksista, kun henkilöstöä pitää kouluttaa uuden järjestelmän käyttöön. Vapaan lähdekoodin ohjelmistoista voidaan esittää karkea yleistys, että niissä käytettävyys on laahannut toiminnallisuuden perässä. Silloinkin kun käytettävyys on sinänsä hyvä, voi se poiketa ongelmallisesti niistä Microsoft Win-

dows-käyttöjärjestelmän ohjelmistojen käyttöliittymäratkaisuihin, joihin henkilöstö on tavallisimmin tottunut. Monet perinteisistä vapaan lähdekoodin ohjelmistoista on kehitetty Linuxin tapaisissa ns. UNIX-käyttöjärjestelmissä, ja vasta toissijaisesti siirretty toimimaan Windowsissa. Vaikka vapaan lähdekoodin ohjelmistot ovat jo kohtalaisen vanha ilmiö, painottuu niiden käyttö yhä silmiinpistävästi ympäristöihin, joissa tyypillinen käyttäjä on jonkinasteinen ATK-asiantuntija.

Ilmaisten paikkatieto-ohjelmistojen määrä on nykyään hyvin suuri, eikä tässä yhteydessä ole mahdollista tarkemmin kuvata kuin muutama ohjelmisto, jotka ovat vakiintuneita ja ominaisuuksiltaan niin monipuolisia, että jokainen niistä itsessään voi täyttää monen käyttäjän tarpeet. Voidaan kuitenkin mainita, vapaan lähdekoodin ohjelmistojen varaan rakentuva paikkatietojärjestelmä koostuu tavallisesti useista eri ohjelmistoista, jotka huolehtivat järjestelmän eri osa-alueista. Erittäin yleisesti käytettyjä vapaan lähdekoodin paikkatietojärjestelmissä käytettyjä ohjelmistoja, joita tässä ei tarkemmin tarkastella ovat mm. *PostGIS*-paikkatietokanta ja *FWTools*-ohjelmistopaketti paikkatietoaineistojen tarkasteluun, projisointiin ja muuntamiseen eri tiedostomuotojen välillä. Hyödyllisen lähtöpisteen ilmaisten paikkatieto-ohjelmistojen valikoimaan perehtymiseen tarjoaa [FreeGIS.org](http://FreeGIS.org)-portaali.



Kuva 3. Esimerkki GMT:llä laaditusta tutkimusalueen kartasta.  
Figure 3. Example of a study area map created using GMT.

## Yhteenveto

Paikkatietojärjestelmät tarjoavat monipuolisia uusia mahdollisuuksia geologiseen tutkimukseen, aina tutkimusmateriaalia kuvaavan paikkatietoineiston tarkastelusta ja analysoinnista karttojen laatimiseen ja ympäristömallinnukseen. Tässä kirjoituksessa useasti mainittujen taidollisten valmiuksien hankkiminen on välttämätön paikkatietojärjestelmän käyttöönottoon liittyvä investointi silloin, kun paikkatietojärjestelmiin perehtynyttä henkilöstöä ei ole valmiiksi saatavilla. ATK-tekniologian kehitys on toisaalta saanut aikaan sen, että tämä onkin muuttunut ainoaksi väistämättömäksi investoinniksi (Tomlinson 2007). Kun ArcInfo ja GRASS tulivat käyttöön 1980-luvun alussa, niitä ajettiin kalliilla, vähintään jääkaapin kokoisilla tietokoneilla. Nykyään halpakin moderni mikrotietokone on käyttökelpoinen GIS-työasema – ja itseasiassa tehokkaampi kuin nopein neljännesvuosisadan takainen supertietokone. Tietokoneiden kehitys onkin mullistanut perinpohjaisesti yksittäisen tutkijan mahdollisuudet paikkatiedon ja muiden numeeristen aineistojen käsittelyyn. Samalla valmiiden paikkatietoineistojen saatavuus Internetin välityksellä on parantunut. Laadukkaat ilmaiset ohjelmistot vähentävät edelleen taloudellisia esteitä paikkatietojärjestelmien käyttöönottoon, joskin ne edellyttävät käyttäjältään omaaloitteisuutta ja usein myös kehittyneempiä tietokoneen käyttötaitoja.

## Abstract – GIS Software for Geological Research

*Geographical information system (GIS) software are a natural accompaniment to geological research which frequently deals with multiple spatially referenced data sites. Technological advances in computing have revolutionized the availability of GIS to researchers. Often the only necessary investment in adoption of GIS is to the training of personnel. Free open source GIS software offer professional-quality alternatives to commercial packages, essential to those operating on a tight budget. However, multiple factors favor the commercial ArcGIS family of software (ArcView, ArcEditor, and ArcInfo), including good user interface, easy availability of study material and training, and the status of the software as the de facto standard which is already in use in many organizations. Powerful raster analysis facilities*

*are offered by the free GRASS GIS software, the appeal of which will be broadened by the forthcoming Microsoft Windows version. Quantum GIS is a rapidly developing free GIS software which promises to become a user-friendly solution capable of meeting basic GIS needs. Generic Mapping Tools (GMT) is a free set of command-line tools for mapping and processing of geospatial data. While GMT is somewhat limited in scope, lacking an interactive user interface and editing tools, it is nonetheless highly efficient for particular uses, e.g., production of publication-ready maps.*

## Lähteet – References

- Eronen, J. T. 2006. Eurasian Neogene large herbivorous mammals and climate. *Acta Zoologica Fennica* 216:1–72.
- Mitasova, H. ja Neteler, M. 2004. GRASS as Open Source Free Software GIS: Accomplishments and Perspectives. *Transactions in GIS* 8:145–154.
- Neteler, M. ja Mitsova, H. 2007. *Open Source GIS: A GRASS GIS Approach*. Springer, New York, 406 s.
- Tomlinson, R. 2007. *Thinking About GIS*. ESRI, Redlands, Kalifornia, 238 s.
- Wessel, P. ja Smith, W. H. F. 1991. Free software helps map and display data, *EOS Transactions, American Geophysical Union* 72:441,445–446.
- Wessel, P. ja Smith, W. H. F. 1996. A Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Shoreline Database. *Journal of Geophysical Research* 101:8741–8743.
- Wessel, P. ja Smith, W. H. F. 1998. New, improved version of Generic Mapping Tools released. *EOS Transactions, American Geophysical Union* 79:579.

## Internet-osoitteita – Internet Addresses

- ESRI: <http://www.esri.com>  
GRASS GIS: <http://grass.osgeo.org>  
Quantum GIS: <http://www.qgis.org>  
Generic Mapping Tools:  
<http://gmt.soest.hawaii.edu>  
The FreeGIS Project: <http://www.freegis.org>

**J. Sakari Salonen**

Geologian laitos  
Helsingin yliopisto  
PL 64 (Gustaf Hällströmin katu 2a)  
00014 Helsingin yliopisto  
[sakari.salonen@helsinki.fi](mailto:sakari.salonen@helsinki.fi)