

FoU-seminarium vid SGU 6–7 mars 2007

Dokumentation

**Sveriges geologiska undersökning
Forskning och Utveckling**

SGU-rapport 2007:3

Förord

SGU har till uppgift att stödja tillämpad forskning och riktad grundforskning inom det geovetenskapliga området. SGU tilldelades ett sådant ansvar i regeringens forskningspolitiska proposition (1989/90:90). Enligt direktiven skall denna forskning behovsidentifieras inom SGU. Stödet uppgår idag till 5,3 miljoner kronor.

För 2007 inlämnades 60 nya ansökningar på totalt 25 MSEK. Av dessa beviljades 17 projekt vid universitet och högskolor forskningsmedel från SGU. Från och med i år har också införts ett system med flerårsbidrag så att sökande inte längre behöver inlämna ansökningar varje år för beviljade flerårsprojekt.

Ett antal forskningsprojekt inom ramen för detta stöd har slutförts under året och dokumenterats i särskilda rapporter vilka numera också kan läsas på SGUs webbsida www.sgu.se. Ett antal lägesrapporter för pågående projekt inlämnas dessutom. Medlen fördelas efter vetenskaplig bedömning av en av SGU utsedd samrådsgrupp samt efter intern relevansbedömning. Stor vikt läggs på tvärvetenskaplig forskning som erbjuder nya infallsvinklar och möjligheter för tillämpning av ny forskningsmetodik. Stödet lägger också vikt vid att finansiera yngre forskare och kvinnliga forskare. Målsättningen är att långsiktigt och systematiskt bygga upp kompetens och kunskap av vikt för användningen av geologisk information i samhället.

Sedan 1990 görs oberoende internationella utvärderingar av SGUs Stöd till Geovetenskaplig forskning för att utvärdera projektens kvalitet samt om inriktningen är den rätta för samhällets behov och krav. Den senaste utvärderingen omfattande perioden 2000–2003 och avrapporterades till regeringen i november 2003. Under 2007 kommer nästa utvärdering att ske omfattande cirka 30 avrapporterade projekt 2004–2007.

En effektanalys utfördes 2006, där 30 representanter från universitet, högskolor och myndigheter svarade på en enkät. Svarsfrekvensen var 77 procent. Mest nöjd var man med stödets nytta inom det egna forskningsområdet (9 av 10). Men även stödets bidrag till en ökad geovetenskaplig kunskapsnivå rankades högt liksom även stödets bidrag till samhällets behov av en ökad geovetenskaplig kunskap.

Den av SGU egenfinansierade forsknings- och utvecklingsverksamheten har bedrivits sedan budgetåret 1989/90 inom ett särskilt program och i huvudsak med egen personal. För 2007 ansöktes om medel för 41 projekt till en sammanlagd kostnad av 7,7 miljoner kronor. Medel beviljades för 28 projekt om sammanlagt 4,7 miljoner kronor. Verksamheten bedrivs i projektform, efter ansökan från enskilda medarbetare och bedömning av en forskningsgrupp bestående av fackenheternas chefer. Främsta syfte är att utveckla och implementera ny kunskap och nya metoder, processer, system och produkter i SGUs verksamhet, vilket skall medföra ökad produktion av geologisk information och säkerställa en bred praktisk användning. Detta innebär ett stort inslag av utveckling av metoder och system för insamling, bearbetning och presentation av geovetenskaplig information. Vidare fokuseras på miljö- och industriellt relaterade geologiska problemställningar, samt på frågor om miljö och ett hållbart nyttjande av landets mineral- och grundvattenresurser.

Samverkan med svenska universitet och högskolor är av stor vikt för verksamheten och SGU har löpande formella och informella kontakter med universitet och högskolor.

Lars Persson

Olle Selinus

Dag Fredriksson

Program för FoU-seminarium vid SGU

Presentation av FoU vid universitet och högskolor som erhållit medel ur SGUs stöd till geovetenskaplig forskning och egenfinansierade FoU-projekt vid SGU.

Plats: SGUs hörsal, Villavägen 18, Uppsala

Tisdag 6 mars 2007

Ordförande: Lars Persson

- 09.00 – 09.10 ÖPPNING
Lars Persson, Verksamhetschef, Forskning och Utveckling SGU
- 09.10 – 09.55 Inbjuden inledningstalare
Geology for a sustainable Europe: opportunities for EuroGeoSurveys members
Patrice Christmann, EuroGeoSurveys, Brussels
- 09.55 – 10.20 Korrelation av bergartsenheter i Sverige/Finland
Stefan Bergman, SGU
- 10.20-10.40 KAFFE
- 10.40 – 11.05 Metamorfos och deformation i SV Sverige och dess påverkan på bergarters petrofysiska egenskaper
Leif Johansson, Erik Eneroth, Lunds universitet
- 11.05-11.30 Zirkonbildning under metamorfos och deformation – tektonisk problemlösning i komplex gnejsberggrund
Charlotte Möller, SGU
- 11.30-11.55 DISKUSSION
- 11.55-12.45 LUNCH

Ordförande: Olle Selinus

- 12.45 – 13.10 Datering för korrelering av potentiella akviferer för geotermisk energiutvinning, CO₂-deponering och energilagring, inom de sentriassiska–tidig kretaceiska lagerföljderna i svenska delen av Danska bassängen
Sofie Lindström, Lunds Universitet
- 13.10 – 13.35 Porstrukturens inverkan på frostbeständighet hos obunden ballast
Katarina Malaga, Jan Erik Lindqvist, SP Byggnadsteknik, Borås
- 13.35 – 14.00 Multidisciplinär studie av små till medelstora gruvdeponier – metalläckage ur sulfidhaltiga varphögar
Magnus Ripa, SGU
- 14.00 – 14.20 KAFFE
- 14.20 – 14.45 GeoSciML – en internationell standard för utbyte av geologisk information
Lars Kristian Stölen, SGU
- 14.45 – 15.10 Integrerad inversmodellering av hydrogeologiska och geofysiska data
Niklas Linde, Uppsala Universitet
- 15.10 – 15.35 Avgränsning av grundvattenmagasin med geofysiska metoder vid planerad bro över Sagån, Hummelsta
Lena Persson, Anders Carlstedt, SGU
- 15.35 – 15.45 DISKUSSION

Onsdag 7 mars 2007

Presentation av FoU vid universitet och högskolor som erhållit medel ur SGUs stöd till geovetenskaplig forskning och egenfinansierade FoU-projekt vid SGU
Plats: SGU:s hörsal, Villavägen 18, Uppsala

Ordförande Dag Fredriksson

- 09.00 – 09.45 Inbjuden inledningstalare
Striden om landhöjningen
Christer Nordlund, Pro Futura Fellow, Swedish Collegium for Advanced Study, Linneanum, Uppsala
- 09.45 – 10.10 Isavsmältningens kronologi kring Billingen
Tore Påsse, SGU
- 10.10 – 10.30 KAFFE
- 10.30 – 10.55 Vimmerbylinjens fortsättning österut i Småland – på jakt efter en randmorän
Kärstin Malmberg Persson, SGU
- 10.55 – 11.20 Undersökning av en lagerföljd vid Kladdarna för att belysa strandförskjutningsförloppet i Hanöbukten
Fredrik Klingberg, SGU
- 11.20 – 11.45 Svenska torvmarker som holocena klimatarkiv och kolreservoarer – en utvärdering av torvundersökningar utförda i samband med SGUs länskartering
Mats Rundgren, Lunds Universitet
- 11.45 – 12.00 DISKUSSION
- 12.00 – 12.45 LUNCH

Ordförande Olle Selinus

- 12.45 – 13.10 Geologiska data och epidemiologiska riskberäkningar efter Tjernobylyckan
Martin Tondel, Linköpings Universitet
- 13.10 – 13.35 Sambanden mellan biogeokemisk kartering och vattenkvalitet, och användbarheten av biogeokemisk kartering för att identifiera områden med sulfidförande sediment
Björn Öhlander, Luleå Tekniska Universitet
- 13.35 – 14.00 Naturliga bakgrundshalter av Pb, Zn och As i svenska ytvatten baserat på metallernas haltvariation i morän och sedimentära jordar
Stefan Löfgren, Sveriges Lantbruksuniversitet
- 14.00 – 14.25 Tidsmässiga variationer av radionuklider i dricksvatten
Britt-Mari Ek, SGU
- 14.25–14.35 DISKUSSION

The European construction: implications for european geological surveys

PATRICE CHRISTMANN, Secretary General of EuroGeoSurveys¹, the Association of the European Geological Surveys, Luxemburg Street 3, B-1000 Brussels (Belgium)¹

EuroGeoSurveys, the Association of the European Geological Surveys

EuroGeoSurveys, a legally registered non-profit association under French law, is the latest development of a long tradition of cooperation between the European Geological Surveys, dating back to 1971, when the informal Western European Geological Surveys (WEGS) informal network was created, linking 13 Geological Surveys following the proposal of the Directors of the British, French and German Geological Surveys. In 1979, 22 Surveys participated to its activities. Under its auspices, the Directors of the participating Geological Surveys periodically met to exchange experiences and discuss issues of common interest.

In 1992 the network name was changed into Forum of European Geological Surveys (FOREGS). It still was an informal, but very active network.

The same year, in parallel with their continued participation to FOREGS, the Directors of the then 12 EU Member States² Geological Surveys, encouraged by a letter (Box 1) of support from the European Commission Vice-President Martin Bangemann, decided to work on setting-up a formal, legally registered association.

Box 1 – Letter, dated 22.07.1993 from European Commission Vice-President Martin Bangemann to Pr. Kürsten, President of the German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (translation from the original German text)

“During our discussion on 5/10/1992 you mentioned the intention to establish an Association of the Geological Surveys of the European Community. In your letter of 01/06/1993 you informed me that in the meantime this has been successfully accomplished.

I am pleased to congratulate you on your success since this provides the Commission of the European Community and other European institutions with a competent partner with whom initial discussions can be held on relevant issues in the field of the geosciences.

Since this association does not represent any business interests, it can make optimum uses of its contacts within the different spheres of responsibility within the Community and thus foster still closer cooperation between geological surveys, both within the Community and outside it.

I will gladly inform my colleagues and the individual European institutions about the founding of the Association of the Geological Surveys of the European Community.”

In September 1995, the EuroGeoSurveys statutes were signed by 15 members in a General Meeting that took place in Dublin.

The formal registration as a not-for-profit association under French law was published in the French Official Journal on 21 February 1996.

The objectives of the Association, defined in its Statutes, are shown in Box 2.

¹ Website : www.eurogeosurveys.org

² Austria joined the EU in 1995, together with Finland and Sweden.

Box 2 – EuroGeoSurveys objectives

- To jointly address European issues of common interest;
- To promote the contribution of geosciences to European Union affairs and action programs;
- To assist the European Union to obtain technical advice from the members of the Association;
- To provide a permanent network between the Geological Surveys and a common, but not unique, gateway to each of the Surveys and their national networks.

The association is managed by a Secretary General, who implements the decisions taken in the General Meetings of the Member Surveys Directors, under the supervision of an Executive Committee comprising four members. Working groups are set-up with EuroGeoSurveys member surveys experts on an ad-hoc basis to address EU policy and legislative developments of relevance to geological surveys.

In its 10 years of existence, EuroGeoSurveys grew from the initial 15 members up to 31 members by April 2006. Full membership is open to surveys from the EU member states, from the European Free Trade Association countries and from EU accession candidate countries. Other European Council member countries can become Network members, with no voting rights. As in several European countries Regional Geological Surveys exist independently from the National Geological Surveys, these can participate as well to the EuroGeoSurveys activities, in liaison with the relevant National Survey.

The EuroGeoSurveys Brussels based bureau comprises the Secretary General, a full-time Assistant and a part-time secretary. Its force lies with the scientific and technical capacities of its members. On the basis of 2004 figures, its 31 members represent a permanent work force of about 7500 persons, of which about 60% are either graduates or engineers.

European policy and legislative areas of relevance to Geological Surveys

Sustainable Development is enshrined as an overarching principle in the key European legal text, the "Treaty establishing the European Community", (Art. 2, see box 3 below).

Box 3 – Article 2 of the consolidated Treaty on the European Community

The Community shall have as its task, by establishing a common market and an economic and monetary union and by implementing common policies or activities referred to in Articles 3 and 4, to promote throughout the Community a harmonious, balanced and **sustainable development of economic activities, a high level of employment and of social protection**, equality between men and women, sustainable and non-inflationary growth, a high degree of competitiveness and convergence of economic performance, **a high level of protection and improvement of the quality of the environment**, the raising of the standard of living and quality of life, and economic and social cohesion and solidarity among Member States.

At the broader international scale the European Union is also committed to the sustainable development goals defined by the United Nations (UN), such as the Millennium Development Goals and the objectives defined in the Johannesburg World Summit on Sustainable Development action plan.

The Treaty and, in a broader less mandatory sense, the UN defined goals form the overarching framework guiding EU policy making and law making. Many EU funded programmes, in a wide range of domains, exist that support EU internal policies and legislation as well as the EU development policy, the EU being the largest single donor of development aid.

Fig. 1, summarises the policies, legislation (left side of the diagram) and programmes (right side) of relevance to Geological Surveys, and their relation with the overarching framework of EU objectives and the related EU international programmes.

These policies and programmes are detailed below, figure 1 giving the links to related websites where the reader will find relevant detailed information.

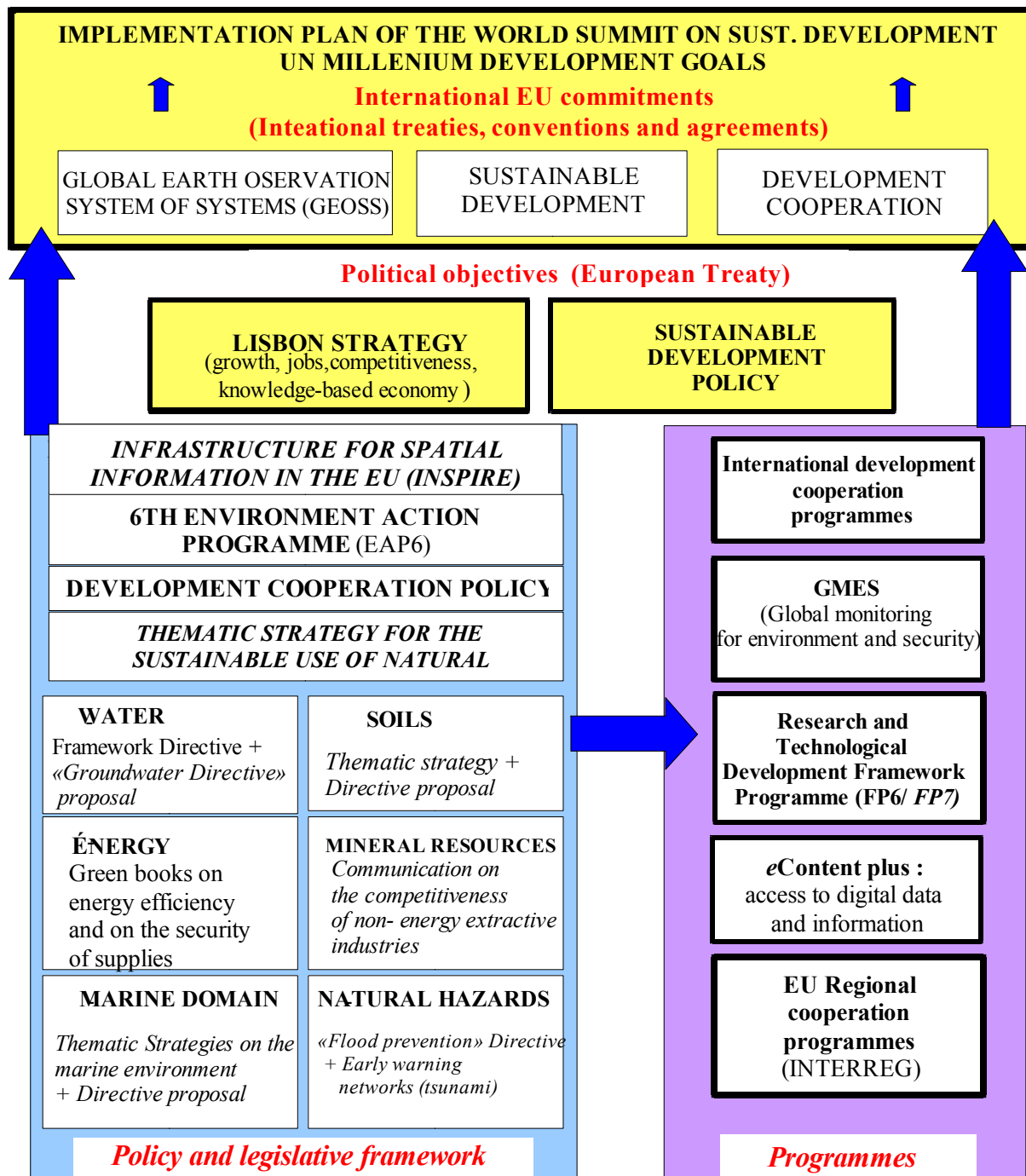


Fig. 1. Linkages between EU political objectives and international commitments (yellow background), policies and legislation (blue background) and programmes (mauve background) of relevance to Geological Surveys. Forthcoming policy and legislative proposals (Soils Framework Directive) or proposals that are still in discussion in the legislative codecision process³ are shown in italic) – Situation in August 2006.

³ The following official EU webpage provides information on the EU decision-making process: http://europa.eu/institutions/decision-making/index_en.htm

1.1 EU programmes addressing global sustainable development issues

1.1.1 *The Global Earth Observation System of Systems Programme*

In August 2003 a group of 33 countries and of 21 international organisations formed the Group on Earth Observation (GEO), as a follow-up of the 2002 World Summit on Sustainable Development (WSSD) and of the June 2003 G8 Meeting in Evian. It pledged to strengthen international cooperation on global Earth observation, in:

- Developing close coordination of their respective global observation strategies for the next ten years; identify new observation needs to minimize data gaps;
- Building on existing work to produce reliable data products on atmosphere, land, fresh water, oceans and ecosystems;
- Improving the world-wide reporting and archiving of these data and fill observational gaps of coverage in existing systems;
- Favouring interoperability with reciprocal data sharing;
- Developing an implementation plan to achieve these objectives

The GEO Framework document identified nine areas of Societal Benefits:

- Reducing losses from disasters
- Environmental effects on human health
- Management of energy resources
- Climate change
- Water resource management
- Weather
- Terrestrial, coastal and marine ecosystems
- Sustainable agriculture and desertification
- Biodiversity

that are now addressed by the **Global Earth Observation System of Systems programme (GEOSS)**⁴, based on the 10 years Implementation Plan (2005-2014) that was signed in Brussels in February 2005. GEOSS is based on the voluntary contributions of the 65 member countries and 43 participating organisations that currently form GEO. EuroGeoSurveys is one of these participating organisations. GEO has 4 co-chairs, one of them being the European Commission, represented by the Director General of DG Research. The Commission provides considerable support to GEOSS via the 6th, and soon the 7th Research and Technological Development Programme (FP6 and FP7), this offering Geological Surveys the opportunity to contribute to the implementation of GEOSS.

1.1.2 *The European Development programmes*

As the world most important donor of development aid, the EU finances several important development programmes, each one being focused on a specific region. The most important of these programmes is the European Development Fund (EDF) supporting the development of 79 countries from the Africa, Caribbean and Pacific regions (ACP) that are parties to the Cotonou Agreement signed with the European Union. The 10th European Development Fund (EDF10) is endowed with a total funding of nearly 24 billions Euro for the period 2008–2013. Comprehensive overviews of the EDF, of its priorities and activities, as well as information on the other European international development aid programmes are available from the Commission's DG Development⁵ and EuropeAid⁶ websites. The particular importance of the EU development cooperation with the ACP countries is due to the fact that in many cases ACP countries were former colonies of European countries.

⁴ Website: <http://www.earthobservations.org/index.html>

Programmes and projects are identified on the basis of multi-annual Indicative Programmes or Country/Regional Strategies determined by the national or by regional⁷ authorities and agreed by the European Commission. The identification is done under the coordination of a National or Regional Authorising Officer with, the support of the local / regional EU Delegation. The project identification and implementation are guided by the Project Cycle Management (PCM) concepts detailed in the PCM handbook⁸ and by the procurement rules⁹ that are available from the DG EuropeAid webpages.

The water, and more recently, the energy themes are given high priority, especially through the European Water Initiative¹⁰ and the European Energy Initiative¹¹. Geology and mineral resources are receiving no attention since the disappearance of the Sysmin facility¹².

1.2 Intra-European policies, legislation and programmes of relevance to Geological Surveys

1.2.1 *Towards a European Spatial Data Infrastructure for the environment (INSPIRE)*¹³

Despite all the progress already made, the knowledge and the management of environmental issues, including strategic resources issues, is hindered by the heterogeneous, the scattering across multiple countries and authorities and the multilingualism of the related data and information. In many cases, in the absence of identifiable metadata established in agreement with international and/or European standards it is even very difficult to identify existing data and information.

To address this situation the European Commission, in close coordination with stakeholders such as National Mapping Agencies and Geological Surveys drafted and tabled the INSPIRE Directive proposal, aimed at developing an European digital spatial information infrastructure based on common data models and on the interoperability concept. This Directive proposal is still in the legislative codecision process involving the EU Parliament, the European Council (representing the Member States) and the European Commission. A final decision on INSPIRE is likely to be known by the end of 2006. A wide range of spatial data themes will be covered by this Directive, including conventional geographic data such as coordinates, topography, toponymy, hydrography, roads as well as geology, hydrogeology, energy and mineral resources and natural hazards, including those of geological origin.

Implementing Rules are currently drafted. These will be binding upon the Member States once they will have been approved. They will detail the metadata standards, data specifications, architecture and procedures that will be applied to implement the interoperability-based environmental data sharing concept at the heart of the Directive proposal. EuroGeoSurveys representatives participate to the drafting groups on metadata, data specifications, architecture as well as to one devoted to the more legal aspects of data sharing and re-use.

Three years after the coming into force of the Directive Member States will have to make available metadata catalogues compliant with the Implementing Rules on metadata, for the data themes listed in the Appendixes II of the Directive proposal (Article 9). These include geology and hydrogeology. For the other geological data themes listed in Annex III, compliant metadata catalogues will have to become available 6 years after the coming into force of the Directive.

⁵ Website: http://ec.europa.eu/comm/development/index_en.htm

⁶ Website: http://ec.europa.eu/comm/europeaid/projects/index_en.htm

⁷ Regional used here means an ensemble of several countries. For example, West Africa is such a region.

⁸ A highly recommendable reading for any person implied in project identification and management, freely downloadable here : http://ec.europa.eu/comm/europeaid/qsm/project_en.htm. This methodology should be known by anyone wishing to promote a project concept

⁹ Information on the procurement rules is available here : http://ec.europa.eu/comm/europeaid/projects/index_en.htm

¹⁰ Website : <http://www.euwi.net>

¹¹ Website : <http://euei.org/>

¹² Sysmin was a financing facility to support the mineral resources industries in ACP countries highly dependent on their mineral resources export and suffering from unforeseeable drops in their export revenue.

¹³ Website: <http://www.ec-gis.org/inspire/>

The Implementing Rules on data specifications are to be adopted five years after the coming into force of the Directive. Member States will then have two years to ensure that the data sets they will collect or update are brought into conformity with the Implementing Rules. This means that if INSPIRE comes into force in 2006, the interoperability of geoscientific data across the EU is something that Geological Surveys will have to implement by 2013.

In that year, pending modifications of the Directive proposal in the current conciliation process, all possible end-users of public geoscientific data shall be able to freely access metadata and to view actual data on their screens as well to superimpose the various data layers they will be able to access. However data providers would be able for o charge for printing and downloading services.

The preparation for INSPIRE is already prepared by a series of research and development projects within FP6 and the eContent and eContent + programmes¹⁴, such as eEARTH¹⁵, ORCHESTRA¹⁶, RISE and MOTIIVE¹⁷, to which some EuroGeoSurveys members are participating. The forthcoming FP7 and eContent + calls for proposals will offer opportunities for EuroGeoSurveys members to jointly work at the development of the European geological spatial data infrastructure..

1.2.2 Global Monitoring of the Environment and for Security (GMES)¹⁸

GMES is a programme jointly cofinanced and implemented by the European Commission and the European Space Agency. Its objective is to provide Earth observation based added-value services in support of EU policy making and of private sector activities development related to the environment and to security (including civil protection, hence natural hazards). The implementation period of GMES (2004-2008), includes the provision of ten new services currently in the development and pilot stage. EuroGeoSurveys and several of its Member Surveys participate to the development of one of these services, TerraFirma¹⁹. This service is based on the application of permanent scatterers interferometric synthetic aperture radar (PSINSAR) technology to the detection, monitoring and mapping of slow ground motion. This service has a large potential in urban areas as well as for the delineation and mapping of slow motion ground movements related to natural hazards such as certain landslides and volcanic activity.

1.2.3 Water policies and legislation²⁰

In December 2000 the European Water Framework Directive (WFD) entered into force, whereby Member States will face a number of obligations at the river basin scale in order to ensure, or restore by 2015, the good qualitative status of their water body, quantitative aspects being considered of relevance too as they impact on quality. The mitigation of the effects of floods and droughts is also considered in the Directive.

A first important step that had to be undertaken by the Member States up to December 2004 was the delineation and characterization of their water bodies, in order to define those at risk and to define by December 2006 qualitative and quantitative monitoring programmes (for groundwater only qualitative aspects need to be monitored), to identify in a coherent way the existing water status and to identify trends in water quality. River basin management plans will have to be presented by the end of 2009. Member States will have to put in place all measures necessary to protect, enhance and restore all bodies of surface water, with some exceptions for artificial and heavily modified bodies of water, with the aim of achieving good surface water status by 2015.

¹⁴ Website : http://europa.eu.int/information_society/activities/econtentplus/index_en.htm

¹⁵ Website : <http://fraga.nitg.tno.nl/dinoLks/eEarth.jsp>

¹⁶ Website: www.eu-orchestra.org

¹⁷ Information on RISE and : http://www.gim-international.com/v_gim/archives/chapter_content.asp?v0=detail&v1=479

¹⁸ Website: <http://www.gmes.info/>

¹⁹ Website: <http://www.terrafirma.eu.com/>

²⁰ Website: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

Article 17 of the Directive states that the European Parliament and the Council shall adopt specific measures to prevent and control groundwater pollution. For this purpose the Commission prepared and tabled a daughter Directive proposal “on the protection of groundwater against pollution”, still in the legislative codecision process. It is now at the conciliation stage of this process and the Directive may enter into force by the end of the year.

Meanwhile, within the Common Implementation Strategy (CIS) developed by the European Commission with the Member States for the implementation of the Water Framework directive, the European Commission is preparing the Groundwater Directive Implementing Guidelines together with experts from water institutions and from EuroGeoSurveys member surveys.

The implementation of the groundwater directive will require much data, information and expertise and provide opportunities for geological surveys to position themselves as the relevant providers. As it was the case for INSPIRE, specific FP6 and FP7 research programmes such as, for instance AQUATERRA²¹ and BRIDGE²² provide support for the implementation of the WFD and of the future Groundwater Directive. EuroGeoSurveys members participate to several EU funded water resources related projects. The EUGRIS²³ Portal for Soil and Water Management in Europe provides much information on soil and groundwater management throughout Europe. Moreover, within the activities of the UNESCO’s Commission for the Geological Map of the World, the German Federal Institute for Geoscience and Raw Materials (BGR) coordinates the preparation of the hydrogeological map of Europe at 1:1,500,000 scale.

1.2.4 Sixth Environmental Action Programme (EAP6)²⁴ and the related Thematic Strategies

EAP 6, covering the 2002–2012 period, is the overall environmental policy framework developed in support of the EU sustainable development policy. It also aims at fostering economic growth and competitiveness through support to the development of environmental and of resources efficient technologies

One of its core objectives is the preparation and the implementation of the following seven Thematic Strategies²⁵:

- Air Pollution (adopted 21/09/2005)
- Prevention and Recycling of Waste (adopted 21/12/2005)
- **Protection and Conservation of the Marine Environment (adopted 24/10/2005)**
- **Soil**
- Sustainable Use of Pesticides
- **Sustainable Use of Resources (adopted 21/12/2005)**
- Urban Environment (adopted 11/01/2006)

EuroGeoSurveys and its members contributed to the preparatory phases of the Soils and Sustainable Use of Natural Resources Thematic Strategies. Details are provided below on the three thematic strategies shown in bold in the above list.

a) **The Marine Thematic Strategy²⁶ and the Marine Strategy Directive proposal.** The Directive proposal objective is the achievement of good ecological status of the European marine environment 15 years after its coming into force. On the basis of the Directive proposal, Member States would have to fulfil obligations including:

²¹ Website : <http://www.attempto-projects.de/aquaterra/>

²² Website: http://ec.europa.eu/research/fp6/ssp/bridge_en.htm

²³ Website: <http://www.eugris.info/>

²⁴ Website: <http://ec.europa.eu/environment/newprg/index.htm>

²⁵ Website : detailed information on the Thematic Strategies is available via the « policies » menu of the DG Environment webpages : http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm

²⁶ Website : <http://ec.europa.eu/environment/water/marine.htm>

- An initial assessment, to be completed by 4 years after date of entry into force, of the current environmental status of the waters concerned and the environmental impact of human activities thereon;
- A determination, to be established by 4 years after date of entry into force, of good environmental status for the waters concerned;
- The establishment, by 5 years after the date of entry into force, of a series of environmental targets;
- The development, by 2016 at the latest, of a programme of measures designed to achieve good environment status and the entry into operation of such programme by 2018.

The assessment of the impacts of human activities will include themes to which marine geologists should be able to contribute such as erosion and sedimentation or the impacts of seafloor dredging for aggregates. The implementation of the Marine Thematic Strategy will be supported by FP7 research projects..

b) The ***Soil Protection Thematic Strategy and the Soil Framework Directive***. After an extensive preparatory stage, including 18 months of work with about 200 stakeholder groups (including EuroGeoSurveys and its members), representing the wide range of stakeholder organisations with an interest in soil, the Strategy and Directive proposals remain due for publication by the Commission. Recognising the vital importance of fertile soil for Europe's Sustainable Development, the proposal of the European Commission is likely to address, for the first time in Europe, issues such as soil compaction, erosion, sealing, pollution from point and diffuse sources, salination or sodication, loss of organic matter and the use of exogenic organic matter (e.g.: manure, sewage plant sludge).

Some EuroGeoSurveys member surveys with competence in soils are part of the European Soil Bureau Network coordinated by the European Commission's Directorate General Joint Research Center.

The implementation of this Directive is also likely to be supported by FP7 supported research activities.

c) **The Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources**²⁷ aims at fostering growth while achieving the absolute decoupling between growth and the related environmental impacts. Its implementation is foreseen over a 25 years period, once the Council and the Parliament will have endorsed the Strategy Proposal. In a first phase, it foresees the reinforcement of the database and knowledge on resources use and related impacts. The knowledge base is to be developed using the material flows and the life-cycle analysis concepts. The Strategy envisages:

- the creation of an International Panel on the Sustainable Use of Natural Resources, to be operated jointly by the European Commission and by UNEP;
- the creation of a Data Centre for Natural Resources, to act as an "information hub" bringing together all available, relevant information, to monitor and analyse it and to provide policy relevant information to decision makers.

The implementation of the Thematic Strategy will also be supported by FP7, for instance to foster the development of innovative technologies for efficient resources use, focused on the reduction of energy consumption and of waste flows. Mineral resources and metals issues are likely to be given some attention in the implementation of that strategy, as minerals are the single largest material flow (over 2.5 billion tonnes/ year) across the EU economy. Its largest component are aggregates (sand, gravel, crushed stone). This Strategy does not include a Directive proposal.

As Chair of the Working Group on "Supply of Resources" (to the EU economy), one of the two stakeholder working groups set-up by the Commission in the preparatory stage of the Directive Proposal, EuroGeoSurveys provided an important contribution to the formulation of the Thematic Strategy.

²⁷ Website : <http://ec.europa.eu/environment/natres/index.htm>

1.2.5 Other EU policies that can benefit from the inputs of geological sciences

a) In the **energy** domain, the European Commission seeks to promote the use of renewable energy, with the priority currently being given to the development of the use of biofuels. In the geothermal energy sub-domain the continuous support via the Research Framework Programmes to the highly innovative « *hot dry rocks* » geothermal project of Soultz-sous-Forêts²⁸ needs to be underlined.

b) The **Mineral resources** domain is not included in the shared or exclusive competences of the European Community; Therefore it cannot undertake to propose a holistic approach towards mineral resources issues and limits its efforts to studies and surveys of the competitiveness of the EU Non-Energy Extractive Industries (NEEI) and policies in support of environmental protection (Mining Waste Directive) that tend to phase out mining activities due to a limited understanding and integration of the sector specific issues.

While a great deal of attention was given to environmental aspects after the Aznalcollar (Spain) and Baia Mare (Romania) failures of ore processing tailing ponds, limited attention is given to other mineral resources issues of critical importance to the EU economy such as access to resources, security of supplies, strengthening of the competitiveness of mining industry enterprises (including the European suppliers of goods and services for the global mining industry). In the opinion of the author there is an over reliance on global markets to guarantee the steady supply of some strategic minerals on which certain downstream EU economic sectors depend. The current high prices reflect a seller market with a speculative component.. It may have serious consequences for the EU economies.

Only active lobbying of Member States in the European Council could revert this trend. In July 2006 the European Economic and Social Council, an European Institution with a consultative status²⁹ published an opinion paper titled:” Risks and problems associated with the supply of raw materials to European industry”³⁰ a sign that awareness is rising about the critical situation the EU faces with respect to minerals.

Within the framework of the preparations for FP7, the European mining industry developed a formal proposal to launch the European Technology Platform on Sustainable Mineral Resources (ETP-SMR)³¹, to address issues such as the security of supplies, the development of new resources efficient technologies, the reduction of waste, recycling, the development of new products and mine remediation. A vision document detailing the long-term strategic issues related to mineral resources and presenting a strategy to address these (the Strategic Research Agenda) were publicly presented and are still discussed with the Directorate General Research of the European Commission. These documents are available on the ETP-SMR website.

EuroGeoSurveys is a partner of this initiative.

c) **Research** is given high priority at the EU level via the Framework Research and Technological Development Framework Programmes (FP)

The 7th Framework Programme (FP7)³², currently being discussed at the EU Parliament and at the Council is expected to be launched in late 2006 or early 2007, with a total budget of 50.5 billion Euros. It is structured in several components of which the Cooperation (research projects, coordination actions, networks – total budget: 32.3 billions Euro), Capacities (research infrastructure – total budget: 4.3 billions Euro), People (mobility of researchers – total budget: 4.3 billions Euro) and Ideas (frontier research – total budget: 7.5 billions Euro) are of particular relevance to Geological Surveys.

The headings of the thematic priorities of the “Cooperation” component are given in box 4, below.

²⁸ Website : <http://www.soultz.net/version-en.htm>

²⁹ It represents employers, labour and organised civil society

³⁰ Available for download from here:

http://eescopinions.esc.eu.int/EESCopinionDocument.aspx?identifier=ces\ccmi\ccmi028\ces964-2006_ac.doc&language=EN

³¹ Website : <http://www.etpsmr.org>

³² Website: <http://europa.eu.int/comm/research> and <http://www.cordis.lu>

Box 4 – The thematic priorities of the “Cooperation” component of FP7

- Health
- Food, agriculture and biotechnology
- **Information and communication technologies**
- Nanosciences, nanotechnologies, **materials and new production technologies**
- **Energy**
- **Environment (including climate change)**
- Transport (including aeronautics)
- **Socio-economic sciences** and the humanities
- **Security and space**

It is highly recommended for Geological Surveys management to read the detailed Commission proposals related to the mentioned component. They are available for download from above mentioned websites.

Several Geological Surveys are important contributors to EU research activities, especially in support of policy making in the environmental domain as well as in the development of new technologies in Earth observation, monitoring, modelling; for more efficient use of natural resources, for the reduction of energy use including by the use of renewable energies use (geothermal energy), for the minimisation of waste and the safe storage of residual waste such as CO₂.

A database detailing the European research projects to which geological surveys contribute is available for download from the EuroGeoSurveys website.

<http://www.eurogeosurveys.org/startNew/research>

A look into the future

Since the XIXth century, when most of the European Geological Surveys were created the operational paradigm of Geological Surveys has drastically changed. At that time their operational paradigm was essentially: *“Find the mineral resources to fuel the national industrial revolution and acquire fundamental knowledge about the subsurface”*. Nowadays, with the rapidly growing sustainable development³³ and globalisation issues, the many innovations in Earth observation technologies and in geological sciences occurred over the last decades, the advent of the digital information society the remit of Geological Surveys much evolved. At the beginning of the XXIst century, this remit can be summarised as follows: *“Acquire the data, provide the interoperable and harmonised information needed to develop policies, legislation and to address the multiple issues related to Sustainable Development, seamlessly at local, regional, national, European and global scales faced by diversified end-users.*

With humanity to grow up to 9.1 billion humans according to the UN Population Division medium variant (UN Population Division, 2004) and yet underdeveloped country seeking to develop their economies and to access to the amenities that developed countries enjoy, natural resources and environmental issues will become of ever increasing importance. The current impacts on the world energy and minerals markets of the recent acceleration of China's and India's economic growth rates are already very sensible, and this is likely to be just the beginning of an acceleration of the competition for access to vital resources, many of them being related to geology. This competition for resources is a powerful cause of conflicts, As a water-related example, the last edition of the Blue Plan (UNEP, 2006), a periodically updated outlook on the environment and the development of the Mediterranean region, recalls that the riparian countries of the Mediterranean sea account for 60% of the world's “water poor”³⁴ populations, stressing. Box 5 shows one of its findings, summarizing the water resources issues in this particular region.

³³ There are many definitions of Sustainable Development. They mostly stress two important principles: the attainment of intra- and intergenerational equity and the need to achieve a balance between economic growth, social well-being and the preservation of the environment.

³⁴ Population in countries where per capita water natural resources (which are not always 'available') are under 1000 m³ /capita/year.

Box 5 – Water issues in the Mediterranean region, from the UNEP 2005 edition of the Blue Plan “A sustainable future for the Mediterranean”

Water demands, i.e., cumulated withdrawals (95% of total), water imports and non-conventional water production (desalination, re-use), doubled in the second half of the 20th century to reach 290km³/year for all riparian countries, and 190km³/year on the Mediterranean catchment basin. Irrigation accounts for 65% of total demand in the Mediterranean basin: 48% in the North and 82% in the South and East; irrigation is marginal only in the eastern Adriatic, from Slovenia to Serbia and Montenegro. By 2025, water demand could increase by another 25% in the South and East, particularly in Turkey and Syria.

Despite all the feats of modern technologies, human well-being will for the foreseeable future depend, as ever before, on the availability of natural resources such as abundant and clean water, of fertile soils, of clean air, of affordable and ample energy and mineral supplies. As population densities will continue to grow, and the value of build-up assets will continue to increase, the importance of a proactive, knowledge based, mitigation of the impacts of natural hazards will also continue to increase.

There will be a need to much improve our Earth observation and management capacities, be they human (with the challenge of attracting talented young people towards the geological sciences) or material. New and better sensors, are needed on board of satellites, aircraft, ship and in situ to locate the resources for the future, to understand the functioning of the global ecosystem and of its local subsets and to better manage our fragile environment. New, environmentally efficient technologies, are needed to exploit and use natural resources with less negative impacts and less waste.

Much attention ought to be given to developing the capacities of developing countries as they are the ones where problems may cumulate and lead to uncontrollable situations. In many case they already suffer from dire resources related constraints, rapid demographic growth and the lack of resources to develop sustainable natural resources use policies with long-term perspectives.

Despite the progress made since the creation of EuroGeoSurveys, the EU Sustainable Development policy and its derived environmental policy are only beginning to integrate Europe's geological dimension. The overall vision and understanding of the environment remains largely focused on what can be observed on the surface of the Earth and in its atmosphere. In the European Commission report prepared to establish the scientific and technical basis for a European capacity for Global Monitoring for Environment and Security (GMES) ,a major European programme, Wyatt B. K. et al (2004) write: *“Within the EU, consistent, high resolution inventories and maps are lacking for soils, geology, hydrography and topography. The only available EU-wide digital soil map, for example, is at a scale of 1:1 million, and based on a classification system that has limited relevance for many applications.”* Geology is absent from the EU Development policy, and it is also absent in the recently created European Research Council.

A real integration of geology-related issues in EU policy remains a need as well as the development of a geological spatial data infrastructure that Europe, to the contrary of the US, is still lacking. There is much need for the continued coordinated action of the European Geological Surveys and of EuroGeoSurveys to provide the contribution of geology to Europe's Sustainable Development..

Bibliography

Benoit G., Comeau A. editors: A Sustainable Future for the Mediterranean. The Blue Plan's Environment and Development Outlook, 2005 – United Nations organisation for Environmental Protection, Mediterranean Action Plan – Earthscan, London U.K.

Wyatt B.K., Briggs D.J., Ryder P: Building a European information capacity for environment and security – A contribution to the initial period of the GMES Action Plan (2002-2003), 2004 – European Commission Directorate General for Research, report EUR 21109.

Timing of Palaeoproterozoic intra-orogenic sedimentation in the central Fennoscandian Shield; evidence from detrital zircon in metasandstones

STEFAN BERGMAN, KARIN HÖGDAHL, MIKKO NIRONEN, ERIK OGENHALL, HÅKAN SJÖSTRÖM,
LENA LUNDQVIST & RAIMO LAHTINEN

Deformed and metamorphosed quartz-rich sandstones in southern Finland and east-central Sweden were presumed to be deposited in late Svecofennian time (< c. 1.88 Ga). On the basis of this assumption detrital zircon was selected from four localities (Luukkola, Pyhäntaka and Tiirismaa in Finland and Hamrånge in Sweden) for U-Pb SIMS geochronology.

The obtained ages define three age groups, 2.95–2.60 Ga, 2.10–1.95 Ga and 1.92–1.85 Ga, with no correlation between age and Th/U-ratio. The groups are similar in all four samples, and they are comparable to previously reported detrital ages in this part of the Fennoscandian Shield. The oldest zircon analysed gave an age of 3.32 Ga (Tiirismaa).

The maximum ages of sedimentation (and of subsequent deformation and metamorphism), indicated by the youngest zircon, from the four localities are 1842 ± 10 Ma (Luukkola), 1865 ± 11 Ma (Pyhäntaka), 1848 ± 13 Ma (Tiirismaa), and 1855 ± 10 Ma (Hamrånge), respectively. Possible source rocks for these zircon grains are found within and around the vast Ljusdal Batholith in Sweden, in the Arc Complex of Western Finland and to a minor extent in the Arc Complex of Southern Finland. One or several sedimentary basins existed during the time interval 1.88–1.83 Ga ago, and covered an area of at least 400×500 km in the Fennoscandian Shield.

Stratigraphically below the metasandstone at Hamrånge is a metadacite with an U-Pb zircon TIMS age of 1888 ± 6 Ma. This indicates that an earlier proposed correlation of Hamrånge metavolcanic rocks and 1.86 Ga equivalents at Los to the northwest must be rejected. Instead, this indicates temporal affinity to the metavolcanic rocks in the Bergslagen Province to the south or southern Finland to the east. It also suggests a significant time gap of at least 17 Ma between volcanism and sediment deposition in the Hamrånge area.

Metamorfos och deformation i SV Sverige och dess påverkan på bergarters magnetiska egenskaper

LEIF JOHANSSON & ERIK ENEROTH, Geologiska institutionen, Lunds universitet

Bakgrund

Projektets syfte har varit att undersöka de magnetiska egenskaperna hos utvalda bergarter i det Östra Segmentet och består av tre delstudier:

1. Metamorfos av basiska intrusioner
2. Deformation och metamorfos av Tjärnesjögranit
3. Metabasiter med extremt stabil remanentmagnetisering, Gödestad-Obbhult

Vi har vid geologiska institutionens paleomagnetiska laboratorium mätt NRM-intensitet, susceptibilitet, AMS, demagnetiserat och bestämt deklination, inklinering och paleopoler samt även beräknat förhållandet mellan remanent och inducerad magnetism (Q-värden). En stor del av arbetet har också bestått i att formulera och tillämpa klassificeringsmetoder för karaktärisering av demagnetiseringskurvor från AF- (alternating field) och termisk demagnetisering. Syftet med klassificeringen var att kvantifiera följande parametrar (Eneroth 2006):

- *Blockeringstemperaturer och/eller –spektra
- *Koercivitetsspektra
- *Avvikelser från linjära demagnetiseringskurvor
- *Procentuell kvantifiering isolerade riktningsskomponenter från demagnetiseringskurvorna
- *Icke demagnetiserbara komponenter vid AF-demagnetisering

Östra segmentets polymetamorfa berggrund uppvisar mycket komplexa magnetiska anomalier som förutom primära egenskaper reflekterar metamorfos- och deformationshistorien. Större delen av områdets bergarter bildades vid ca 1,68 Ga. En första intensiv metamorfos som ledde till uppsmältning skedde vid 1,44–1,46 Ga, och följdes av intrusion av graniter vid 1,37–1,4 Ga. En andra metamorfosepisod inträffade under den Sveconorvegiska orogenesisen vid ca 0,97 Ga (Johansson et al. 2001). Denna händelse kännetecknas av höga tryck och temperaturer och ledde bl a till bildning av eklogiter (Möller 1998), högtrycksgranuliter och migmatiter (Andersson et al. 1999 m.fl.).

1. Metamorfos av basiska intrusioner

Det första delprojektet omfattar tre basiska intrusioner vid Bondstorp (6385719/1388547), Åker (6362363/1391792) och Herrestad (6343578/1383702). På var och en av dessa lokaler förekommer den basiska bergarten i en rad olika metamorfa stadier, från helt opåverkad diabas/gabbro med intakt magmatisk mineralogi, över olika grad av omvandling till rena amfiboliter med eller utan granat. Graden av deformation varierar också. Den magmatiska opakmineralogin omfattar magnetit och ilmenit både som fria faser och som sammanvuxna lameller. De inledande stadierna av metamorfosen innebär att olivin oxideras, ibland även pyroxen och mer eller mindre komplexa koronor bildas mellan Fe-Mg mineral och plagioklas. Dessa reaktioner leder till bildning av finkornig magnetit, ofta som symplektitiska sammanväxningar. Bildning av finkornig magnetit kan om den består av singeldomänkorn (SD-korn) öka bergartens koercivitet. Q-värdena var också väsentligt högre för denna typ av magnetit, om man jämför med den mer grovkorniga magnetit som finns i granuliter i området. Fortsatt metamorf påverkan med tillförsel av fluider leder till fullständig ersättning av den ursprungliga mineralogin. Under denna amfibolitisering minskar mängden magnetit och ilmenit, vilket leder till lägre susceptibilitet och lägre total remanens intensitet. I den metamorfoserade delen av Åkermetabasiten dominerar de magnetiska egenskaperna av de paramagnetiska silikaterna. Denna situation som typiskt inträder då låga magnetithalter sänker susceptibiliteten under 10^{-3} S.I., leder också till Q-värden långt under ett (Rochette 1987). Motsvarande Q-värden är i många andra fall orsakade av grovkornigheten

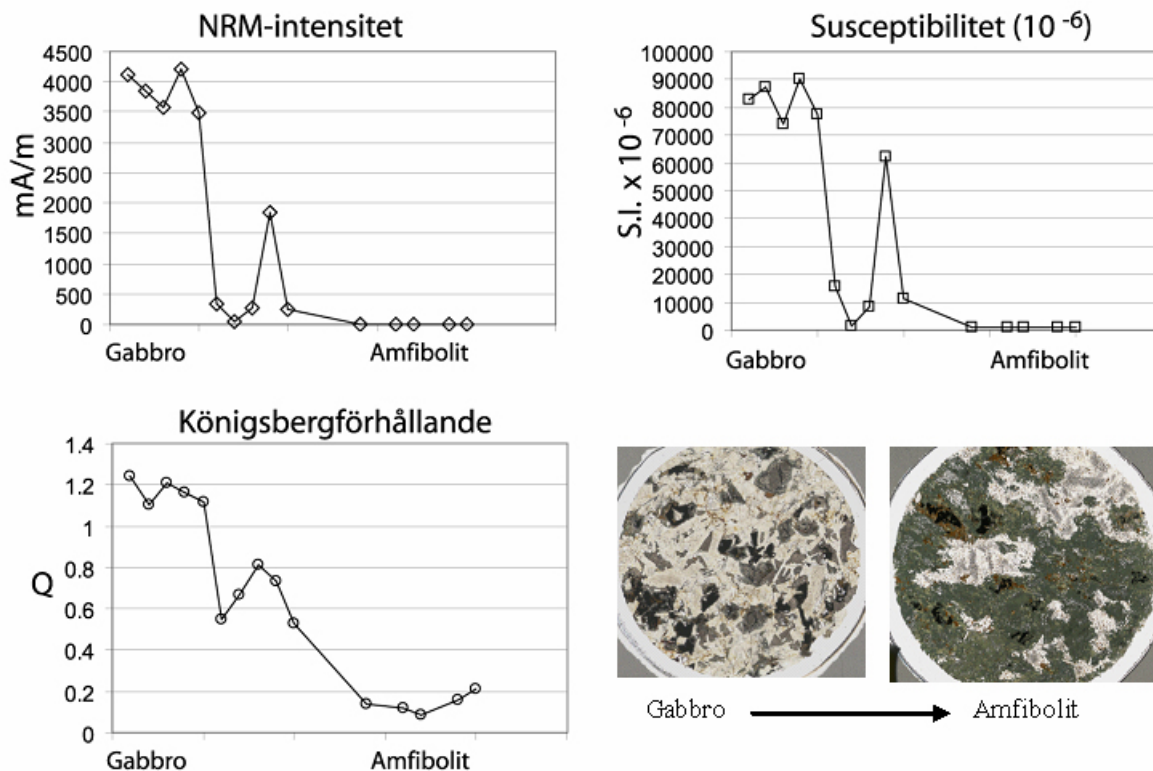


Fig. 1. Figuren visar bulkmagnetiska parametrar (NRM, susceptibilitet och Q) i en successiv övergång från gabbro till amfibolit i Åker. Storleksskalan i övergången är ca 10 m. Foton visar endast utgångsstadiet och slutstadiet, mellan dessa finns en rad partiellt amfibolitiserade typer.

hos magnetit ($\gg 1 \mu\text{m}$ korn). Både Åkermetabasiten och den vid Bondstorp uppvisar paleopoler av sveconorvegisk ålder vilket var känt från tidigare studier, medan remanensen i Herrestadsbasiten är av oklar ålder. I Herrestad identifierade vi precis som i Åker en mycket kraftig utarmning av magnetithalten som en konsekvens av amfibolitisering.

2. Deformation och metamorfos av Tjärnesjögranit

Det andra delprojektets syfte var att undersöka bakgrunden till Tjärnesjögranitens heterogena remanensmönster som kännetecknas av växlande långsträckta (tiotal km) zoner med relativt sett hög och låg totalfältsintensitet. Undersökningar är ett första försök att närma sig dessa storskaliga fenomen, men syftar främst till att förstå lokala variationer i petrofysiska egenskaper. Tjärnesjögraniten som är 1,37–1,39 Ga (Andersson et al. 1999, m.fl.) har genomgått intensiv sveconorvegisk metamorfos och deformation. Denna påverkan har lett till migmatisering lokalt och till varierande grad av omkristallisation. I de mest välbevarade delarna dominerar magnetit. I mer omvandlade prov kan man se att magnetitmängden minskat på grund av bildning av granat, biotit och ortopyroxen. Den kvarvarande magnetiten bildar då mindre och mycket oregelbundna korn. De är dock för stora för att vara SD-korn. I de mest omkristalliserade och migmatitiska proven förekommer korn med avblandningar av hematit inuti ilmeniten (hemo-ilmenit). Likaså sker en omfattande oxidation av pyrit till brunaktiga mineralmassor, möjligen götit. I opåverkad Tjärnesjögranit är MD-magnetit den dominerande magnetiska fasen. Vid migmatisering finns indikation på att hemo-ilmenitens geofysiska betydelse förstärks på bekostnad av MD-magnetit. Även om antalet observationer är begränsat blir den preliminära slutsatsen att de långsträckta zonerna med den lägre totalfältsintensiteten motsvarar de mest deformerade, omkristalliserade och migmatitiserade delarna av graniten. Vid AF-demagnetisering kunde man klart urskilja de distinkt olika koerciviteter hos magnetit och hemo-ilmenit, och använda klassificeringsmetoderna ovan för att bedöma relativa proportioner.

3. Metabasiter med extremt stabil remanent magnetisering, Gödestad–Obbhult

På ett antal platser förekommer anomalier med kraftigt negativa anomalier i totalfältsintensiteten. En lokal, Gödestad (6338734/1293373), har undersökts tidigare (McEnroe 2001) och man fann då en extremt stabil remanens. Denna kopplades till förekomst av avblandningar av ilmenit inuti hematit i nanometerskala (titano-hematit). Bergarten vid Gödestad är en mafisk granulit som uppvisar varierande grad av amfibolitisering. Vår mer omfattande provtagning och analys bekräftar de tidigare resultaten, men vi har också sett hur MD-magnetit kan bli viktiga och hur deras totala magnetism lokalt kan uppväga den mer stabila titano-hematitens. Gödestad ligger i en större magnetisk anomali som också omfattar Obbhultlokalen (6339146/1300678) där bergarternas kemiska sammansättning och mineralogi är mycket varierad. Bergarterna som uppträder i skivformiga, deformerade enheter kan indelas i sex huvudbergarter med karakteristisk mineralogi. Det förekommer både basiska och sura led liksom starkt Al-anrikade bergarter. Alla bergartstyper är i granulitfacies. Liksom i Gödestad förekommer extremt finskaliga avblandningar i ilmenit-hematit systemet. I fyra av sex litologier förekommer den extremt stabila och mot nuvarande magnetfält omvänt riktade remanensen. Förekomsten av MD-magnetit tillsammans med titano-hematit i de två andra ger dock extrema variationer i de magnetiska egenskaperna totalt sett. Q-värdenas genomsnitt varierar mellan de olika enheterna från 0,5 till 500 beroende på MD-magnetit eller titano-hematit. I likhet med Gödestad är det så att MD-magnetitens totala magnetisering är motriktad jämfört med titano-hematitens (dvs. nära nog parallell med geomagnetiska fältet). Titano-hematiten har dock en NV-magnetisering som pekar brant uppåt (sveconorvegisk ålder), och denna är fortfarande den enda förklaringen som finns till den negativa anomalin.

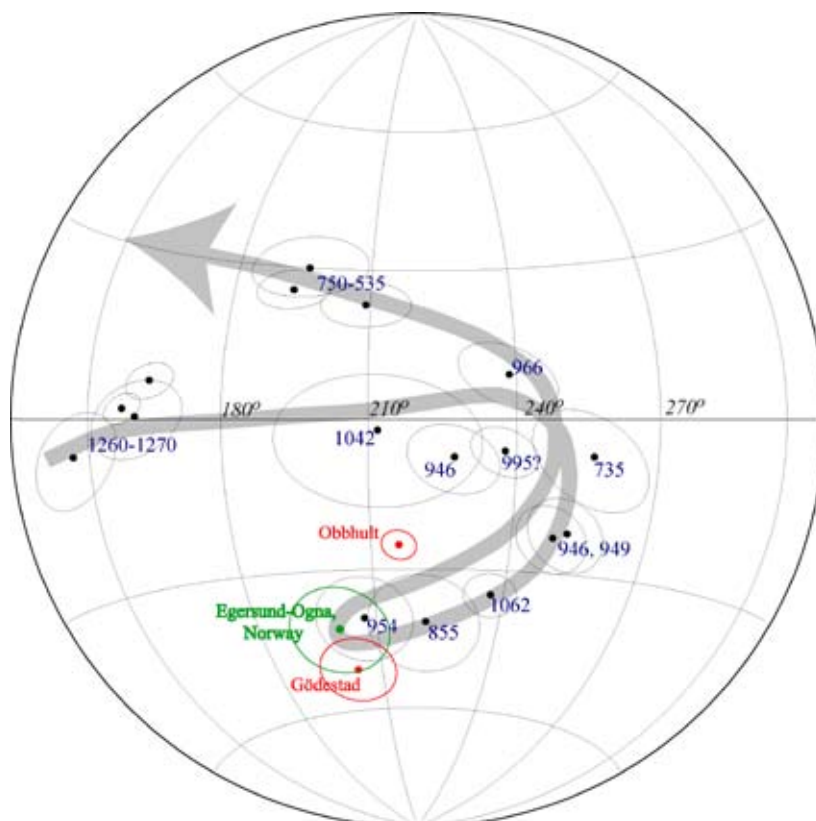


Fig. 2. Figuren visar paleopoler i tidsintervallet 1270–750 Ma för Baltica (polerna hade kunnat plottas på andra sidan jordklotet också beroende på om man haft ett jämnt eller udda antal reversaler mellan nutiden och detta avsnitt av polvandringsskurvan).

Referenser

- Andersson, J., Söderlund, U., Cornell, D., Johansson, L. & Möller, C., 1999: *Precambrian Research* 98, 151–171.
- Eneroth, E. 2006: Dr-avhandling, Lunds universitet.
- Johansson, L., Möller, C. & Söderlund, U., 2001: *Precambrian Research* 106, 261–275.
- McEnroe, S.A., Harrison, R.J., Robinson, P., Golla, U. & Jercinovic, M.J., 2001: *J. Geophys. Res.*, vol. 106, No. B12, 30 523–30 546.
- Möller, C., 1998: *Journal of Metamorphic Geology*, 16, 641–656.
- Söderlund, U., Möller, C., Andersson, J., Johansson, L. & Whitehouse, M., 2002: *Precambrian Research*, 113, 193–225.
- Rochette, P. 1987: *Journal of Structural Geology*, vol. 9, No. 8, 1015–1020.

Sammanlänkning av metamorfos, deformation och zirkondatering i komplexa gnejsområden, applicerat på Svekonorvegiska provinsen, sydvästra Sverige

CHARLOTTE MÖLLER, JENNY ANDERSSON OCH DICK CLAESON, SGU

Bakgrund

Högmetamorfa (> ca 650 °C) terränger karaktäriseras vanligen av flerfasig metamorf och tektonisk utveckling. Deformation och metamorfos har normalt inte haft en homogen påverkan i dessa terränger. Faktorer som styr hur berggrunden reagerar vid deformation, fluidpåverkan och metamorfos är bergarternas kompetens (som i sin tur beror på mineralinnehåll, kornstorlek och textur) samt berggrundens strukturella uppbyggnad och heterogeniteter. För att kunna datera olika faser av deformation och metamorfos behövs både rätt slags prov och en pålitlig länk mellan geokronologi och fältgeologi. Denna länk går via strukturgeologi och petrologi.

De flesta isotopsystem har blockeringstemperatur under 650 °C, ställs om under avsvälning eller återupphetning däröver, och ger därför ingen information om komplexa händelseförlopp vid höga temperaturer. U-Pb systemet i zirkon har emellertid betydligt högre blockeringstemperatur (> 900 °C). Zirkondatering är därför en av de mest pålitliga och använda metoderna för datering av berggrundens bildning samt omvandling i högmetamorfa terränger.

Svårigheten med zirkondatering ligger i att kunna knyta specifika zirkongenerationer till storskaliga processer, dvs. att veta exakt vad vi daterar med en zirkonålder. Den första förutsättningen är att en ny generation zirkon har bildats i samband med den process man vill åldersbestämma. Metoden har därför en begränsning till de bergarter och de förhållanden där zirkon kan bildas. Det kan exempelvis ske genom att Zr och Si frigörs från andra mineral under metamorfa reaktioner. Nybildning kan också ske under uppsmältning, då den zirkon som redan finns i bergarten går i lösning och ny zirkon senare åter kristalliserar tillsammans med smältan. Omkristallisering av zirkon har också dokumenterats men drivkrafterna för denna process är inte klarlagda.

Forskningsprojektet

Det aktuella forskningsprojektet har tagit sin utgångspunkt i tre områden i den Svekonorvegiska provinsen (sydvästra Sverige med Protoginzonen) där SGU genomfört kartläggning av berggrunden under 2003 och 2004, huvudsakligen i skala 1:250 000. Resultaten presenteras närmare i Möller m.fl. (2005; 2006; insänd), Möller & Andersson (2006), samt Claeson m.fl. (insänd).

Övergripande mål har varit att 1) koppla metamorf zirkonbildning till specifika metamorfa och tektoniska strukturer i berggrunden, och 2) att använda detta som ett verktyg för problemlösning vad gäller berggrundens tektoniska utveckling.

Första steget bestod i att välja och undersöka nyckellokaler med förutsättningar att ge kopplingar mellan zirkonbildning, metamorfos och deformation. Andra steget var att undersöka prov från de utvalda lokalerna med elektronmikroskopi och se huruvida ny zirkon bildats. I tredje steget åldersbestämde zirkon med jonsond vid Nordsim-laboratoriet (NRM, Stockholm).

Huvudsakliga slutsatser

1) Högmetamorfa deformationsfaser kan förhållandevis enkelt direktdateras om de kan kopplas till samtidig migmatisering och zirkonbildning. Länken mellan zirkonbildning och smältbildning identifieras genom att jämföra zirkontexturer i olika delar av migmatiten (framför allt mesosom och större leukosom).

2) I vissa smältor bildas en ny generation zirkon huvudsakligen genom omkristallisation och inte genom den förväntade processen med upplösning och återkristallisation. I de undersökta bergarterna är denna

omkristalliserade zirkon U-anrikad och har låga Th/U-förhållanden. Den har diffusa korngränser till äldre zirkonkärnor och ofta en svag struktur som påminner om oscillerande zoner.

3) I Östra segmentet skedde migmatisering samtidigt med syd-vergent veckning längs öst-västliga, subhorizontella veckaxlar, vid 976 ± 7 Ma. Veckningen skedde efter den tektoniska inskjutningen av eklogiter i samma segment. Veckfasen tolkas som ett resultat av kompression (i nuvarande N-S riktning) samtidigt med extension (i nuvarande O-V riktning) och övergripande dekompression av berggrunden.

4) Tidigare migmatisering i Östra segmentet skedde vid 1425 ± 7 Ma. Den tidiga gnejsiga bandningen i berggrunden definieras av parallella migmatitådror som bildats vid denna tidpunkt, och strukturen tolkas därför att ha bildats genom tidsmässigt närliggande migmatisering och deformation. Dessa migmatitstrukturer återspeglar regional metamorfos i Östra segmentet under Hallandisk orogenes. De Hallandiska strukturerna är kraftigt överpräglade av två yngre deformationsfaser som åldersmässigt kan begränsas till mellan 1394 ± 12 och 945 ± 7 Ma (en eller båda bildade i samband med Svekonorwegisk bergskedjebildning).

5) I östra delen av Protoginzonen har amfibolitfacies-metamorfos (och sannolikt det associerade duktila foliationsmönstret) i TIB-graniter och megaxenoliter daterats till ca 1,45 Ga, dvs. samma period som den Hallandiska orogenesen i Östra segmentet. Komplexa zirkonkristaller i migmatitiska megaxenoliter har kärnor av magmatisk zirkon, vilka givit en protolitålder av 1770 ± 19 Ma. U-rika rekristallisationszoner har givit en ålder av 1689 ± 5 Ma för dessa bergarters migmatisering i samband med inneslutning i granitisk magma. En yttre zon av metamorf zirkon visar att senare metamorfos skedde vid 1425 ± 8 Ma.

6) Våra undersökningar har inte kunnat identifiera metamorfos eller metamorft associerade deformationsstrukturer som är äldre än 1,48 Ga.

Resultaten finns närmare återgivna i:

Möller, C., Andersson, J. & Claeson, D.T., 2005: *SGU-rapport 2005:35*.

Möller, C. & Andersson, J., 2006: Direct dating of Sveconorwegian north-south compression in the southern Eastern Segment – ion probe dating (Nordsim) of zircon. Abstract. 27th Nordic Geological Winter Meeting. *Bulletin of the Geological Society of Finland Special Issue 1*, 107.

Möller, C., Andersson, J., Eliasson, T., Hellström, F. & Lundqvist, I., 2006: Ion probe zircon dating of polymetamorphic gneisses, southeast Sveconorwegian Province – defining 1.44 Ga migmatization, 1.40 Ga granitic dyke intrusion, and post-1.40 Ga folding. Abstract. 27th Nordic Geological Winter Meeting. *Bulletin of the Geological Society of Finland Special Issue 1*, 107.

Möller, C., Andersson, J., Lundqvist, I. & Hellström, F.: Linking deformation, migmatite formation and zircon U-Pb geochronology in polymetamorphic gneisses, Sveconorwegian Province, Sweden. Insänd till *Journal of Metamorphic Geology*.

Claeson, D.T., Möller, C., Andersson, J. & Wikman, H.: 1.45 Ga metamorphism and deformation in the southern Baltic Shield: new constraints from polyphase zircon growth in the Protogine Zone. Insänd till *Precambrian Research*.

Dating and correlating potential aquifers for geothermal energy, CO₂-, and energy storage, within the late Triassic–early Cretaceous succession in the Swedish part of the Danish Basin

SOFIE LINDSTRÖM, Department of Geology, Lund University

The subsurface late Triassic–early Cretaceous succession in SW Scania contains several sandstone units that are potential aquifers. The aim of this project is to date and correlate the subsurface strata in SW Scania in order to assess the temporal and lateral extent of such potential aquifers. Extensive palynological studies have been carried out during 2005–2006 on drillcore, sidewall core, and ditch cuttings samples mainly from the Höllviken-1, Höllviken-2, Håslöv-1, Eskilstorp-1, Svedala-1, FFC-1, and Fårarp-1 drillings. The biostratigraphic analysis is based on first (FAD) and last occurrence (LAD) data, as well as acmes, not only for the in situ palynomorphs but also for the reworked taxa. Combined with geophysical signals the new palynological data form the basis of a stratigraphical subdivision of the succession, and reveals problematic intervals and hiatuses not previously known. The combined palynostratigraphical and geophysical data from the above mentioned drillings also enables correlations to be made with several old drilling from which there are geophysical logs but no new biostratigraphical data, i.e. Falsterborev-1, Ljunghusen, Höllviksnäs-1, Kungstorp-1, Barsebäck-1 and Norrevång-1, and similar successions in Denmark. The biostratigraphy is primarily based on palynological event data from core samples from the Höllviken-1, and –2, Svedala-1, and FFC-1 drillings. The core sample data is complemented with data from ditch cuttings samples in Håslöv-1, Eskilstorp-1, Mossheddinge-1, and FFC-1.

This investigation shows that the Rhaetian–Hettangian interval is very consistent in SW Scania, and correlates well with that of NW Scania reported by Lindström & Erlström (2006). Two important episodes that are characterized by marine dinoflagellate cysts can be recognized in SW Scania, namely the lower–middle Rhaetian *Lunnomidinium* interval, and the middle–late Rhaetian maximum flooding MFS7 (of Nielsen 2003). The *Lunnomidinium* interval has previously been recognized in the Lunnom Quarry and the FFC-1 drilling where it comprises the Vallåkra member and the lowermost part of the Bjuv Member (Lindström, 2002; Lindström & Erlström, 2006). This prominent interval has previously been recognized in NW Scania and FFC-1 (Lindström & Erlström, 2006) as well as in the Lund drillings. This maximum flooding event is easily recognized in the geophysical logs for the SW Scania drillings, and it is also indicated by palynology in Eskilstorp-1. In NW Scania it comprises the upper Bjuv Member. This maximum flooding event is also recognized regionally in the Danish Basin (Nielsen 2003), and supra-regionally in NW Europe (Lindström & Erlström, 2006).

These two marine intervals are associated with claystones/shales, and can be traced in almost all the drillings in SW Scania. The Svedala-1 core is a major exception. Palynological data indicate that only the lower and middle parts of the Rhaetian prior to the MFS7 interval are present in Svedala-1. In addition to that, the Rhaetian assemblages from Svedala-1 all represent a terrestrial depositional setting, thus indicating that the Skurup Platform was locally unaffected by marine incursions during the lower–middle Rhaetian probably due to palaeotopography of the area.

In Höllviken-2 the TJ boundary interval comprises a 6 meter thick light grey claystone unit that contains very high proportions of kaolinite. In NW Scania its equivalent is the so called "roof layer" and the Boserup beds, thus comprising the lowermost part of the Helsingborg Member, and in Denmark the equivalent claystone unit in the Gassum Formation caps sandstones that are used for gas storage. The clay unit contains a palynoflora that is generally darker in colour to the assemblages above and below, a feature also noticed by Lund (2003) for equivalent palynofloras in the NW German Basin. The assemblages contain high proportions of spores of ferns and fern allies, and a marked decline in gymnospermous pollen. Reworked palynomorphs increase in abundance during this interval, and include Chitinozoans, Silurian acritarchs and cryptospores, Carboniferous spores and pollen, and middle Triassic palynomorphs, indicating nearby exposure of bedrock surfaces of those ages.

The Hettangian interval generally covers between 30–45 m of strata and can be recognized in the drill-

lings in the Höllviken Halfgraben. However, the Sinemurian to Pliensbachian interval exhibits major differences between the respective drillings. In Höllviken-2 some 20 m of Sinemurian strata are succeeded by a ca 10 m thick interval possibly corresponding to the Pliensbachian, while in FFC-1 the Sinemurian is poorly recognized and possibly corresponds to only ca 10 m of strata, succeeded by 15 m of upper Pliensbachian sediments. The geophysical logs from the corresponding intervals in the SW Scanian drillings are also very variable. Stratigraphical gaps of Sinemurian and Pliensbachian age have been recorded in Danish wells on the Skagerack-Kattegatt Platform (Nielsen, 2003). Increased reworking of both Carboniferous and Rhaetian–Hettangian strata within the upper part of this interval may indicate increased tectonic activity in the area. Reworked Hettangian palynomorphs appear to be extremely common in upper Lower Jurassic strata of the area, and complicates the palynostratigraphic data.

Toarcian–Aalenian strata are recognized in several drillings, although the Aalenian has so far not been recognized in the FFC-1. The so called A-sand, in FFC-1 succeeds the Toarcian (and possibly Aalenian) interval. A sidewall core sample from the lower part of this sand unit only contains a few specimens of long-ranging spores and pollen and a fragment of a possibly early Cretaceous dinocyst. Ditch cuttings succeeding the A-sand contain Valanginian palynomorphs, but also minor amounts of possibly reworked Middle Jurassic specimens. Higher in the succession Barremian assemblages are confirmed in sidewall core samples. A similar problematic interval is present on top of the Rhaetian interval in Svedala-1, where assemblages of Rhaetian signature contain rare Toarcian–Aalenian spores and pollen, as well as possibly Late Jurassic dinocysts. In Svedala-1 this enigmatic interval is succeeded by Early Valanginian to Barremian strata. In Mossheddinge-1 the oldest sedimentary rocks on top of the basement are of late Berriasian–Valanginian age, but contain reworked Rhaetian–Jurassic palynomorphs. In Höllviken-2 core samples from an equivalent sand interval is equally enigmatic, but there no Valanginian has been confirmed. Instead it is succeeded by Upper Barremian assemblages, some of which are totally dominated by reworked middle Jurassic palynomorphs. It seems likely that the enigmatic sand interval represents a regressive phase that affected both the Skurup Platform and the Höllviken Halfgraben, and the hiatuses appear to correspond to the Haldager Sand, the Flyvbjerg, Børglum, and Fredrikshavn formations in the Danish Basin.

References

- Lindström, S. 2002. *Lunnomidinium scaniense* Lindström, gen. et sp. nov., a new suessiacean dinoflagellate cyst from the Rhaetian of Scania, southern Sweden. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 120(3–4): 247–261.
- Lindström, S., Erlström, M. 2006. The Late Rhaetian transgression in southern Sweden: regional (and global) recognition and relation to the Triassic–Jurassic boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 241, 339–372.
- Lund, J.J., 2003. Rhaetian to Pliensbachian palynostratigraphy of the central part of the NW German Basin exemplified by the Eitzendorf 8 well. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg* 241, 69–83.
- Nielsen, L.H., 2003. Late Triassic–Jurassic development of the Danish Basin and the Fennoscandian Border Zone, southern Scandinavia. *Geol. Surv. Denm. Greenl. Bull.* 1, 459–526.

Porstrukturens inverkan på frostbeständighet hos obunden ballast

JAN ERIK LINDQVIST & KATARINA MALAGA, SP Byggnadsteknik, Borås

Introduktion

Frostbeständighet är en mycket viktig parameter hos obunden ballast. I en given miljö beror frostbeständigheten främst på porositeten, fukttinnehåll och eventuell närvaro av lösta salter. Vattnet fryser i porerna i stenen. Först i de grövre porerna och sedan, vid lägre temperatur, fryser vattnet även i de finare porerna. Närvaron av lösta salter ökar skadorna. Det finns en pessimum koncentration där skadorna är värst. För kalciumklorid i betong är det 2 %. För alla porösa spröda material finns en kritisk vattenmättnadsgrad om vattenhalten är högre kan materialet få frostsador. Vid lägre vattenhalt blir materialet inte skadat. En låg total porositet innebär god frostbeständighet. En sten med en vattenabsorption under 0,5 % anses generellt vara frostbeständig.

Vilka processer som leder till frostsador är inte helt klarlagt och det finns flera teorier. Den volymökning som sker när vattnet fryser är inte tillräckligt för att förklara de skador som uppkommer. En hypotes är att vattnet trycks undan av den växande isen och därigenom skapar ett hydrauliskt tryck. En alternativ förklaring är att frysningen skapar ett osmotiskt tryck. Vattnet fryser först i de stora porerna och vatten kommer då att transporteras mot den växande isen. Om det finns salt i lösning kommer salthalten vid isfronten att öka. Saltkoncentrationen kan dessutom vara högre i de finare porerna beroende på samverkan mellan vätska och porväggar. Det skulle innebära att det blir skillnad på samverkan mellan porstorleksfördelning och frostsador vid frysning i rent vatten jämfört med saltlösning. Saltet i sig börjar normalt inte kristallisera eftersom koncentrationen är för låg.

Syftet med detta projekt har varit att undersöka inverkan av porstorleksfördelning på frostbeständighet hos obunden ballast. En del av projektet har varit inriktat på att förklara kalkstenens ofta låga saltfrostbeständighet.

Metoder

De bergarter som ingått i projektet har provets genom frostprovning men ett standardiserat förfarande där stenen krossades och fraktionen 8–16 mm togs ut. Materialet har sedan frys-cyklat nedsänkt i vatten ifrån plus 20 till minus 17,5 °C. Resultatet anges som %-andelen som passerar en 4 mm sikt efter frys-tö-cyklingen.

Karakterisering av porositeten har dels gjorts genom bestämning av materialens vattenabsorption samt kvicksilverporosimetri och gasadsorption. Dessa metoder visar den porositet som är öppen för det media, vatten kvicksilver eller den typ av gas som används vid mätningen. Genom att kombinera detta med bildanalys tillämpat på svepelektronmikroskopibilder (BSE), som visar den totala porositeten i ett visst porstorleksintervall, får man en karakterisering av porer från nanometer till millimeterskala.

Prover av det krossade bergmaterialet har även placerats ut på två uteprovplatser där klimatet dokumenteras kontinuerligt. Fältprovningen skedde dels i en provplats i vägmiljö med tösaltning och dels i en saltfri miljö.

Material

I projektet har sju granitiska bergarter, två sedimentgnejser, sex kalkstenar och en marmor använts. Bergarterna som ingår i projektet används kommersiellt som obunden ballast eller natursten.

Resultat

En sammanställning av resultaten från frostprovning, bestämning av vatten absorption och bestämning av porvolym med SEM ges i tabell 1. Resultaten från kvicksilverporosimetri och gasadsorption visar att det är en mycket stor variation i volymen porer i storleken 1 till 100 nanometer. Denna nanoporositet visar en

tydlig korrelation med frostbeständigheten i saltlösning men endast i begränsad utsträckning med resultaten från frostprovning i rent vatten. Från fältprovningen finns resultat från ett år vilket är för tidigt för en utvärdering av resultaten. Resultaten efter ett år visar dock god korrelation med laboratorieresultaten.

Tabell 1. Resultatet från frostprovningen anges som viktsandeln mindre än 4 mm. Vattenabsorption och elektronmikroskopi motsvarar porvolym i %.

Bergart	Saltfrost	Frost rent vatten	Vatten abs	Porvol SEM
Granit	0,16–5,07	0,11–0,34	0,7–1,0	0,43–1,43
Sedimentgnejs	1,6–10,1	0,16–0,65	0,54–3,0	0,33–2,43
Kalksten marmor	0,13–75,1	0,2–1,8	0,2–1,4	0,7–2,83

Utvärdering

Undersökningen visar att bergarternas beständighet i saltfrostprovning inte korrelerar med resultaten från provning av frostbeständighet i rent vatten. Resultaten visade att det finns en tydlig relation mellan porositet och frostbeständighet och att sambandet är olika för provning i saltlösning jämfört med provning i rent vatten. Vattenabsorption kan användas som en indikation för materialets frostbeständighet i båda dessa miljöer och prover med en vattenabsorption under 0,5 % har god frostbeständighet både i rent vatten och i saltfrost. Samma gränsvärde på 0,5 % kan tillämpas för porositet bestämd genom mätning på elektronmikroskopibilder. När man jämför dess två metoder sinsemellan visar det sig att det finns en förväntad överensstämmelse mellan porvolym bestämt genom elektronmikroskopi och genom bestämning av vattenadsorption. De skillnader som finns beror till stor del på att de två metoderna inte mäter samma typ av porer. Vattenabsorption visar mängden porer som är öppna för vatten medan elektronmikroskopin visar den totala porvolymen i ett visst porstorleksintervall. Resultaten från elektronmikroskopi visar att det inte finns något tydligt samband mellan andelen porer större än 0,3 mm och frostbeständighet hos natursten. Porer mindre än 40 mikrometer har dock viss inverkan. Mätning av porer i storleken 1–100 nanometer med hjälp av kvicksilverporosimetri och gasadsorption visar däremot att dessa porer har mycket stor betydelse särskilt för saltfrostbeständigheten där porer i detta storleksintervall är helt avgörande. Hög halt porer i dessa storleksintervall ger dålig frostbeständighet och då främst i saltfrost.

Den starka kopplingen mellan nanoporositet och frostbeständighet i olika miljöer stöder teorin om att frostsadorna orsakas av osmotiska tryck. De drivande krafterna är då skillnader i fri energi och kemisk aktivitet i vätska och is i olika mikrodomäner. Dessa skillnader mellan mikrodomäner är beroende av skillnader i porstorlek och pormängd.

Fältprovning i saltfri miljö visar en god överensstämmelse med provningsresultaten från frystöprovning i rent vatten. Efter första året visar även fältresultaten från lokalen med tösalt god överensstämmelse med provningsresultat från provning i rent vatten. Orsaken är att den saltkoncentration som används vid tösaltning är lägre än 1 % vilket är den koncentration som används vid laboratorieprovningen. Proverna är dessutom placerade tre meter från vägbanan vilket reducerar saltexponeringen. Mängden salt ackumuleras dock i den tösaltade vägens omgivning varför salthalten i provmaterialet kommer att öka och därmed kan man förvänta sig att frostsadorna på materialet blir kraftigare.

Slutsatser

Resultaten visar att det finns skillnader mellan de processer som leder till skador vid frysning i vatten jämfört med frysning i saltlösning. Förhållandet mellan porstruktur och frostbeständighet är olika i dessa två miljöer. Halten porer större än 0,3 mm har relativt liten inverkan på stenmaterialets frostbeständighet. Nanoporositeten är däremot av stor betydelse särskilt för saltfrostbeständighet. Det finns ett mycket klart samband som visar att skadorna vid frysning i saltlösning är kraftigare för bergarter med högre halt porer nanostorlek.

Multidisciplinär geovetenskaplig studie av små till medelstora gruvdeponier – metallläckage ur sulfidhaltiga varphögar

KAJ LAX, LENA MAXE, LENA PERSSON & MAGNUS RIPA, SGU

Bakgrund

Metallproduktion ur gruvor har förekommit i mer än 1000 år i Sverige, och avfallsdeponier från denna verksamhet finns spridda över hela landet, främst dock, med tanke på antalet, i Bergslagen. Av de typer av malmer som brutits, är de sulfidhaltiga de vars deponier som kan påverka miljön mest negativt. Genom vittringsprocesser kan miljöproblem i form av läckage av surt, metallhaltigt vatten uppstå.

Detta projekt avsåg att geovetenskapligt studera ett par varphögar i Bergslagen. Huvudmålet var att kvalitativt och kvantitativt fastställa eventuellt metallläckage, dess utbredningsområde samt rörelse av vatten i deponierna och deras omedelbara omgivning. Projektet har bedrivits multidisciplinärt, med kompetens inom berggrundsgeologi, hydrogeologi, geokemi och geofysik. De objekt som valdes var Blybergsgruvan i Örebro län och Stora Lobergsgruvan i Dalarnas län. Vid Blybergsgruvan har man brutit blyglans som sitter i en felsisk vulkanit med kalkstens- och skarnhorisonter. Vid Stora Lobergsgruvan har man främst brutit koppar. Omgivande bergarter består främst av felsisk metavulkanit.

Utförda arbeten

Arbetet har bestått av:

En *berggrundsgeologisk* undersökning för att fastställa vilka bergarter och mineral som finns i varpen samt varpens karaktär, volym och kemiska sammansättning. Mineralogin avgör vittringsbenägenheten och den kemiska sammansättningen begränsar vilka element som teoretiskt sett kan frigöras.

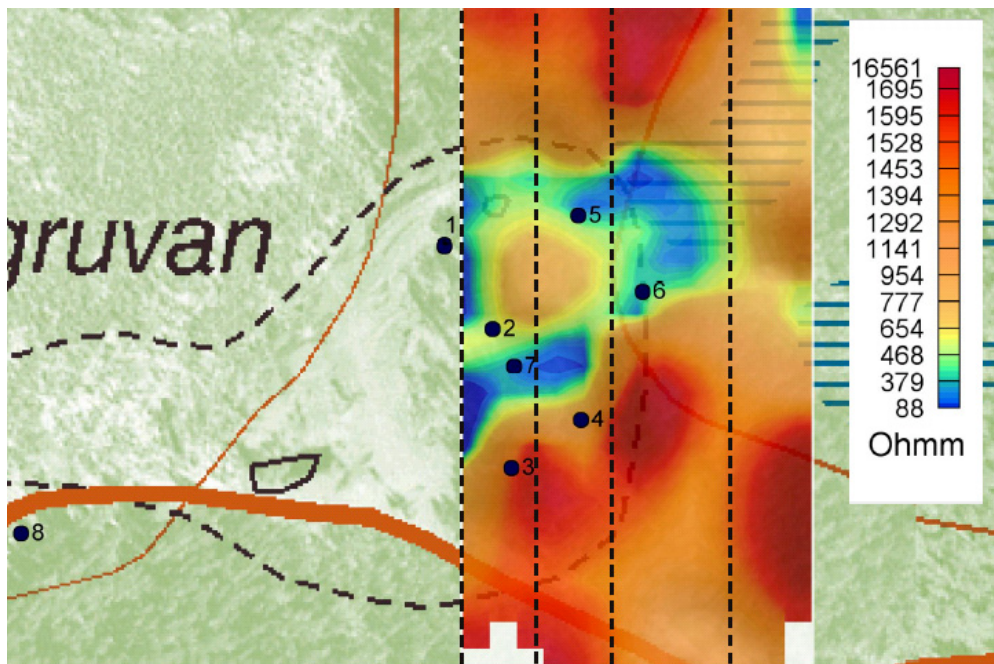
En *geofysisk* undersökning. Elektriska och elektromagnetiska metoder har använts för att bestämma djup till berg- och grundvattenyta, förekomst av sprickzoner i berggrunden samt för att direkt detektera utbredningen av förorenade områden. Djup till bergytan och bergytans topografi är av betydelse för vattenavrinningen i området, liksom sprickzoner i berggrunden som kan utgöra snabba transportvägar för vatten. Förorenat vatten kan lokaliseras med elektriska och elektromagnetiska metoder eftersom det kan innehålla mer lösta joner än rent vatten vilket ökar den elektriska ledningsförmågan. Resultaten från de geofysiska undersökningarna användes bl.a. för att styra utsättningen av grundvattenrör.

En *hydrogeologisk och geokemisk* undersökning. Provtagningen har bestått av vattenprovtagning i grundvattenrör och bäckar. Totalt sattes 5 st. grundvattenrör vid Blybergsgruvan och 8 st. vid Stora Lobergsgruvan. Vid utsättningen av grundvattenrör togs även ett antal prov av de jordarter som rören sattes i. De naturliga bakgrundshalterna fastlades genom ett antal moränprov som insamlades i närheten av respektive objekt. För att undersöka hur de lösa avlagringarna geokemiskt varierar mellan de bägge lokalerna analyserades proven med avseende på pH, försurningsresistens, lättlakade element och salpetersyralakbara (7 M) halter. Utöver denna provtagning har rekognoscerande mätningar av temperatur, elektrisk konduktivitet och pH utförts på vatten i bäckar, gruvhål och skärpningar.

Resultat

Kemiskt sett har varpen vid båda objekten en anrikning av bl.a. malmrelaterade element. Proverna från Stora Lobergsgruvan visar relativt större anrikning av As, men också av Au (kan vara kontaminering), Cd, Zn, Co, Ca och Mo, och mindre av Pb, Bi, W, Ag, Sb, Tl, Mg, Mn, Ba och K än Blybergsproverna.

Blybergsgruvans morän utmärker sig genom förhöjda halter av framförallt K, Rb, Mo och Ba, medan morän vid Stora Lobergsgruvan har förhöjda halter av framförallt Zn och Cd, men även av As, Pb, Mn och Bi. Med tanke på att områdena har mineraliserad berggrund avviker halterna dock inte anmärkningsvärt från medianvärden för morän från riket i övrigt. Undantag utgörs närmast av Zn, Cd och Bi, som är något förhöjda vid Stora Lobergsgruvan, samt W vid Blybergsgruvan.



Groundwater observation well	pH	Electrical conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cu ppb	Pb ppb	Cd ppb	Ni ppb
1	4,71	1610	9	52	2	7
2	3,92	2110	9680	19	89	58
3	4,81	160	71	1	4	11
4	5,31	40	6	1	0	6
5	4,65	370	285	2	10	15
6	3,43	1250	4430	35	36	20
7	3,94	1160	1290	6	33	32
8	6,14	95	8	4	2	6

Fig. 1 Resultat från undersökning med stängslingam vid Stora Lobergsgruvan (överst). Områden med låg resistivitet visas med blå färg. Läget för grundvattenrören är markerade i figuren. Tabellen visar uppmätta metallhalter i grundvattenrören (medelvärden från tre olika provtagningar). I områden med låg resistivitet uppvisar grundvattnet en högre föroreningsgrad. Halter som överskrider hälsobaserade gränsvärden för dricksvatten har i tabellen markerats med gult om det bedöms vara måttligt allvarligt, orange för allvarligt respektive rött för mycket allvarligt (Naturvårdsverket rapport 4918).

I några vattenprov är halterna av en rad metaller förhöjda. Detta gäller framförallt vid Stora Lobergsgruvan. I Blybergsgruvan är det mest Pb som kommer upp i höga halter. Jämviktsberäkningar indikerar att olika komplexbildningar bidrar till höga halter av vissa metaller i speciellt Stora Lobergsgruvan. De extremt höga halterna av F och SO_4 samverkar med låga pH-värden för att hålla Al i lösning, och även prov med mycket höga Al-halter kan beräknas vara starkt undermättade med avseende på fasta faser som t.ex. gibbsit. Cu komplexbinds starkt till organiskt material och kan beräknas förekomma nästan uteslutande som lösta komplex med organiska syror förutom i de suraste provpunkterna där fria joner eller sulfatkomplex också förekommer. Cd och Pb kan beräknas förekomma i huvudsak som fria joner även om t.ex. sulfatkomplex förekommer i de punkter där SO_4 -halten är hög.

Vid de geofysiska undersökningarna användes en s.k. stångslingram som ger en yttäckande bild av markens ledningsförmåga. För att även kartlägga variationer i djupled utfördes en resistivitetsmätning längs parallella profiler. Figur 1 visar resultatet från slingrammätningen vid Stora Lobergsgruvan. Ett område med låg resistivitet sammanfaller med det förorenade området enligt analyser från grundvattenrören.

Slutsatser

I Stora Lobergsgruvan är omgivningen kraftigt påverkad av varpen och gruvverksamheten. Både grundvatten och påverkade moränprov karakteriseras av låga pH och höga metallhalter. Med geofysiska metoder är det möjligt att avgränsa det förorenade området som är relativt begränsat till sin storlek. Ingen bebyggelse finns i närheten av deponin.

Vid Blyberget är pH relativt högt på grund av den karbonatrika berggrunden. Påverkan på omgivningen av gruvavfallet är mycket liten. En bostad finns i nära anslutning till gruvan.

Integrerad inversmodellering av hydrogeologiska och geofysiska data

NIKLAS LINDE, Uppsala Universitet

We have developed a new method to jointly invert two types of geophysical data that are commonly used in hydrogeological studies, namely crosshole electrical resistance tomography and ground penetrating radar data. The data recorded with these methods are sensitive to important hydrogeological properties and state variables, such as porosity, water content, electrical conductivity of the pore water, and clay content. Standard geophysical applications, where geophysical data are inverted individually and where the inverted models are translated into hydrogeological properties and state variables using petrophysical models have been successful to resolve many hydrogeological and environmental problems. There are two major reasons why such approaches may be limiting. Firstly, inverted geophysical models are smoothed versions of the real geophysical structure and petrophysical models that have been developed based on laboratory measurements do not strictly apply. Secondly, there are often many combinations of hydrogeological properties and state variables that can be responsible for the collected geophysical data (i.e., the petrophysical relationships are non-unique). Joint inversion of geophysical data can increase the resolution of the resulting models, but joint inversion efforts have often been in vain, since no general approach has been available to couple two geophysical models. Recently, a structural approach to joint inversion was introduced. The principle idea behind the structural approach is not to use a petrophysical model to couple the geophysical models, but to assume that changes in the models occur at the same lithological boundaries. In this project, we have (1) extended the structural approach to joint inversion to three dimensions; (2) developed a new method to regularize geophysical models using lithological data; (3) applied these methods to a crosshole data set collected in unsaturated Sherwood Sandstone, a key aquifer in the United Kingdom.

Interpretation based on jointly inverted geophysical data is less ambiguous since the resulting models must be consistent. Water content is a state variable that strongly affects both crosshole electrical resistance tomography and ground penetrating radar. In the field study, we could determine zones of high clay content from the jointly inverted data, something that could not be achieved from inverting only one of the data sets, and hardly by comparing models from individually inverted data.

A general feature of geophysical inverse problems are that they are strongly affected by the regularization applied, which is often a roughness operator that ensures that the resulting models vary smoothly. This approach to inversion allows us to obtain one final model, which is conservative in the sense that it resolve only the features that are needed to fit the data within the estimated data errors. Unfortunately, such models are not well-adapted to resolve pollution plumes or sharp geological interfaces. In this work, we introduced a stochastic regularization operator that is based on a stationary geostatistical model, which can be inferred from borehole logs in neighbouring boreholes or from outcrops. This new regularization operator allows for anisotropy and correlation lengths of the geophysical models that are consistent with commonly used geostatistical concepts that are widely used in hydrogeology. In addition, different assumptions regarding possible geostatistical models and their influence on the resulting geophysical models can be evaluated by testing alternative stochastic regularizations.

The new regularization operator and joint inversion method were applied to crosshole electrical resistance tomography and ground penetrating radar data collected at the Eggborough hydrogeophysical research site in the United Kingdom. This study site was developed to study vadose zone dynamics in Sherwood Sandstone. The resulting lithological zonation and the estimated electrical formation factor, clay content, and water content were all in good agreement with lithological logs and laboratory measurements on drill cores.

In the future, we plan to jointly invert more than two geophysical data types and combine the resulting models with state-of-the-art petrophysical models to directly infer key hydrogeological properties at different sites and scales. We also plan to incorporate hydrogeological stimulations, such as breakthrough curves from tracer tests, hydraulic tomography data, pumping test data. In addition, we will develop ways to condition the models to available point measurements of geophysical and hydrogeological properties. The next study is likely to be conducted in the saturated zone, where the petrophysical models are much simpler and better understood compared with the vadose zone.

Reference for further information:

Linde, N., A. Binley, A. Tryggvason, L. B. Pedersen, and A. Revil (2006), Improved hydrogeophysical characterization using joint inversion of crosshole electrical resistance and ground penetrating radar traveltime data, *Water Resources Research*, 42, W12404, doi:10.1029/2006WR005131.

Avgränsning av grundvattenmagasin med geofysiska metoder vid planerad bro över Sagån, Hummelsta

SVEN AARO, MEHRDAD BASTANI, ANDERS CARLSTEDT & LENA PERSSON, SGU

En viktig uppgift för den hydrogeologiska undersökningsverksamheten är att avgränsa grundvattenmagasin i tre dimensioner. Hittills har man endast fastställt s.k. grundvattendelare tvärs en ås, men kraven i EUs ramdirektiv för vatten gör att även avgränsningar i sid- och höjddled måste göras. De metoder som hittills använts är borrhning, georadar och refraktionsseismik.

Inom ramen för SGUs interna FoU-verksamhet har geofysiska undersökningar utförts längs väglinjen för nya E18 mellan Enköping och Västerås vid planerad bro över Sagån. Syftet med projektet är att undersöka om de använda metoderna på ett kostnadseffektivt sätt kan besvara frågan om friktionsjordens utbredning och mäktighet under täckande finjord (lera).

Tre olika geofysiska metoder har använts vid undersökningen; a) resistivitetsmätning med ABEM Lund Imaging system, b) RMT (radiomagnetotellurik) metoden med EnviroMT instrumentet, från Uppsala Universitet samt c) tyngdkraftsmätning.

Den undersökta profilen är ca 400 m lång och skär över en ca 50 m bred å, Sagån, ungefär mitt i profilen. Med ABEM Lund Imaging system användes en kabel med 2m elektrodavstånd. Med detta system var det även möjligt att samla in mätdata över ån. RMT är en elektromagnetisk metod där man utnyttjar radiosändare i frekvensintervallet 15–250 kHz. Vid RMT-mätningen var mätpunktsavståndet 10 m och cirka 25 sändare användes vid varje mätpunkt. Tyngdkraftsmätningen utfördes längs en längre profil med varierande mätpunktsavstånd på 20–50 m.

Vid tolkningen av mätdata användes tvådimensionella modeller för samtliga metoder (figur 1). Tolkningen av all tre metoder utfördes oberoende av varandra men visar sinsemellan stora likheter. De två övre modellerna, som baseras på elektriska och elektromagnetiska metoder, visar hur den elektriska resistiviteten varierar längs profilen. Hög resistivitet, dvs blå färg i modellen, motsvaras av berg ($\rho > 1000$ Ohm-m). Djupet ned till berg ökar från endast någon meter i början av profilen till ca 20m ungefär mitt över ån. Jorddjupet avtar sedan relativt snabbt på den östra sidan av ån. Strax öster om profilens slut finns berg i dagen. Lågst elektrisk resistivitet, dvs. röd färg, motsvaras av leran ($\rho \approx 10$ Ohm-m). Lermäktigheten uppgår till ca 15 m strax väster om ån. Det gröna skiktet (ca 100–400 Ohm-m) har tolkats som friktionsjord dvs. morän, sand och/eller grus. Tolkningen från tyngdkraftsmätningen visar en densitetsmodell där berggrunden har högst densitet och leran har lägst densitet. Modellerna överensstämmer väl med varandra men resistivitetsmodellerna visar en högre upplösning i jämförelse med tyngdkraftsmodellen.

Efter det att mätning och tolkning var slutförd fick vi ta del av och möjlighet att jämföra vår tolkning med resultaten från Vägverkets geotekniska undersökning längs väglinjen. Sex stycken sonderingar har utförts längs den del som sammanföll med profilen (figur 2). Tre av dessa (på den östra sidan ån) var s.k. jord-bergsonderingar där djupet till fast berg bestämts. På den västra sidan av ån där jordmäktigheterna var störst har bara viktsonderingar utförts. Dessa ger enbart djup till fast botten dvs. morän sand och/eller grus. Våra tolkningsmodeller baserade på geofysiska data överensstämmer väl med punktinformationen från den geotekniska undersökningen.

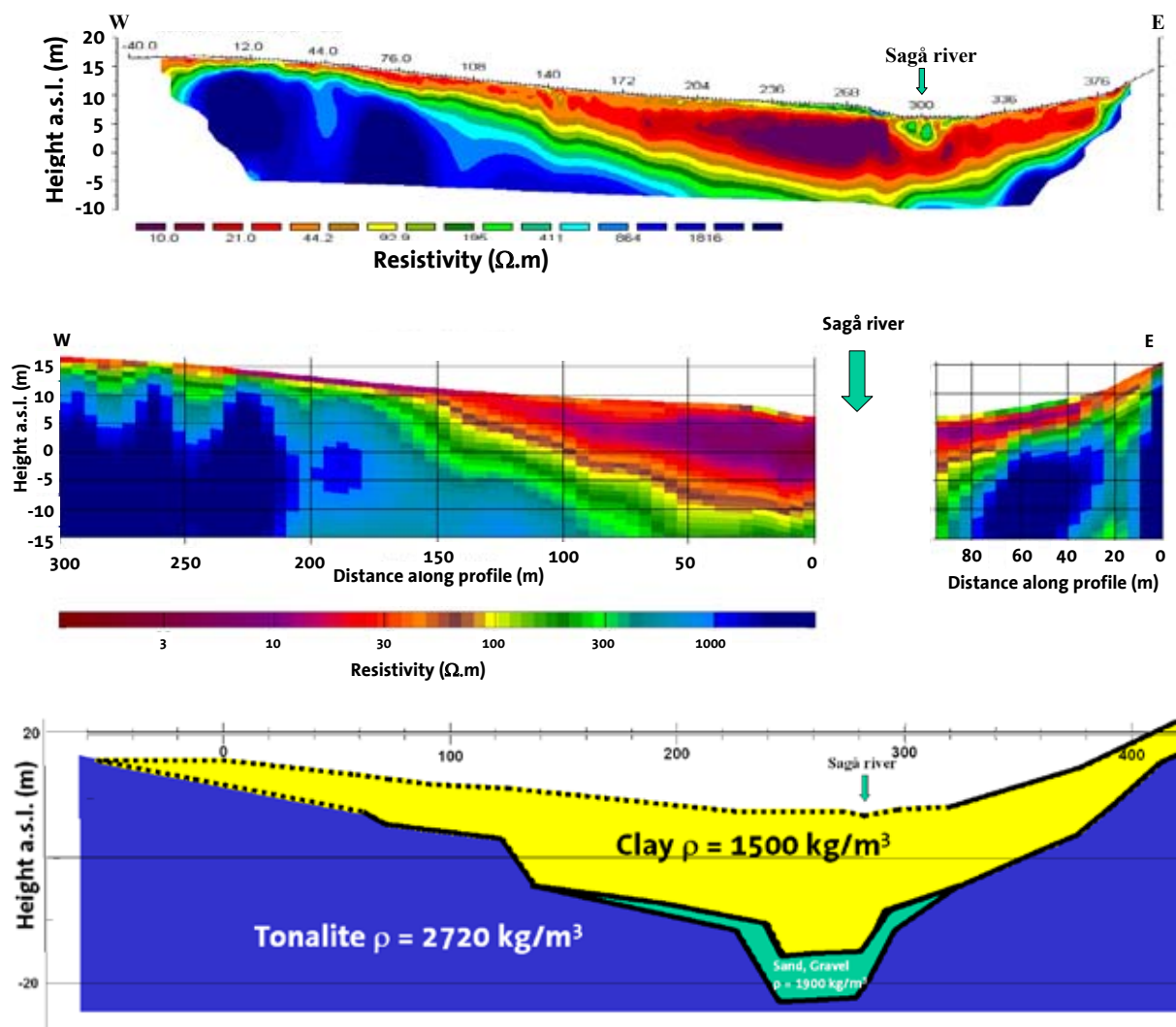


Fig. 1. Resistivetsmodeller från mätning med ABEM Lund Imaging system (överst) och RMT-EnviroMT (i mitten). Densitetsmodellen från tyngdkraftsmätning (underst). Leran har lägst resistivitet ($\sim 10 \Omega m$) och densitet (1500 kg/m^3) den underlagras av friktionsjord med något högre resistivitet ($\sim 200 \Omega m$) och densitet (1900 kg/m^3). Djupet ned till fast berg varierar från ett par meter i början och slutet av profilen till mer än 20 m strax väster om Sagån.

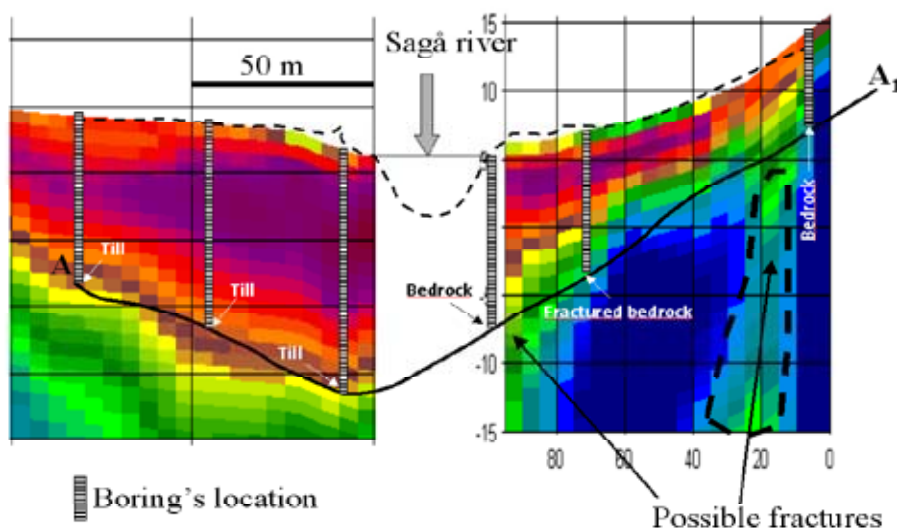


Fig. 2. Jämförelse mellan resistivetsmodell från RMT-data och resultat från den geotekniska provtagningen. De tre sonderingarna på den östra sidan ån visar djupet till berg medan de tre sonderingarna på den västra sidan ån enbart visar djupet till fast botten dvs. morän, sand och/eller grus.

Striden om landhöjningen

CHRISTER NORDLUND, Torgny Segerstedt Pro Futura Fellow, Swedish Collegium for Advanced Study, Linneanum, Thunbergsvägen 2, 752 38 Uppsala

Föredraget ger en sammanfattande presentation av doktorsavhandlingen *Det upphöjda landet: Vetenskapen, landhöjningsfrågan och kartläggningen av Sveriges förflutna, 1860–1930*, som framlades i ämnet idéhistoria vid Umeå universitet 2001. Med utgångspunkt i istidsteorins etablering undersöker avhandlingen aspekter på den geologiska, växtgeografiska och arkeologiska forskning kring nivåförändringarna mellan land och vatten, som bedrevs i Sverige under perioden 1860–1930, samt denna forsknings betydelse för synen på det ”svenska landskapet” och dess postglaciala historia. Forskningen analyseras utifrån tre nivåer, benämnda ”Högsta kustlinjen och Ancylussjön”, ”Landhöjningsfrågan” och ”Kartläggningen av Sveriges förflutna”. Tillsammans fångar dessa nivåer skilda föreställningar och åsiktsutbyten om nivåförändringarnas natur och de sammanhang vari föreställningarna kom till och tillämpades. Undersökningen är utförd med ett teoretiskt och metodologiskt angreppssätt där både vetenskapens idéer och praktiker studeras: verksamheter i fält och vid institutioner (främst Sveriges geologiska undersökning, dess museum och Geologiska Föreningen i Stockholm); argument och resonemang i artiklar och handböcker inklusive det visuella språkets bilder, diagram och kartor; sociala nätverk, karriärvägar och kontroverser. Särskild uppmärksamhet riktas mot relationen mellan vetenskap och nationalism.

Istidsteorin gav upphov till en forskning som syftade till att utreda hur det svenska natur- och kulturlandskapet blivit till. Geologernas uppgift blev att studera den geografiska utvecklingen i kvartär tid, hur landet hade ”vuxit fram ur is och vatten”. Växtgeograferna studerade varifrån och när växterna hade invandrat och hur vegetationen hade utvecklats under inflytande av biologiska, geologiska och klimatologiska faktorer. På motsvarande sätt studerade arkeologerna människans invandring och utbredning under stenåldern. Medan naturforskarna främst nyttjade ”naturminnen”, nyttjade arkeologerna främst ”fornminnen” som ”källmaterial”. Dessa minnen gavs ett vetenskapligt värde, men de blev också nationella symboler för ett kollektivt minne. Genom kartläggningen knöts den nationella identiteten till territoriet och dess utvecklingshistoria. Kunskaper om nivåförändringarna blev av betydelse för både geologin, växtgeografen och arkeologin, vilket främjade samarbetet över ämnesgränserna, men också fångade forskarna i ett likartat sätt att tänka om nivåförändringarnas natur. Enligt denna ”tankestil” var fenomenet främst ett resultat av landets vertikala rörelser och inte av rörelser i havsytan. Fram till 1870-talet ansågs istiden ha följts av en landsänkning och en landhöjning; under 1880-talet av två sådana landoscillationer; under 1910-talet föreslogs tre och under 1920-talet fem. Först mot slutet av 1920-talet började de svenska forskarna acceptera en mångfaktoriell förklaring, varvid tankestilen upplöstes. Enligt denna förklaring är nivåförändringarna inte ett resultat av antingen förändringar i landet eller i vattnet utan både-och.

Isavsmältningens kronologi vid Billingen

TORÉ PÄSSE, SGU

Billingens nordspets har en central position inom nordisk kvartärgeologi eftersom den anses vara platsen för Baltiska issjöns tappning. Om denna tappning ägt rum borde det vara möjligt att datera isavsmältningens kronologi med stor noggrannhet vid denna plats eftersom avsmältningen då direkt skulle kunna dateras från organogena isoleringslagerföljder i Östersjöområdet. Man kan även vända på detta resonemang. Genom att detaljerat datera isavsmältningen vid Billingens nordspets kan man använda denna datering för att värdera tillförlitligheten av de strandlinjekurvor som utvisar en tappning. Målsättningen med detta arbetet är att just att försöka datera isavsmältningens förlopp vid Billingens nordspets.

Lärobokens kartor över isrecessionens kronologi är som regel förrädiskt noggranna i sitt utseende. Det är kanske först när man sitter och jobbar med att konstruera en sådan karta själv, som man inser hur osäkra dessa är. De flesta av dessa israndlägena saknar egentliga dateringar. Ett fåtal långa partier av kontinuerliga israndlägen bildar hållpunkter i dessa kartor, däremellan bygger dessa kartor till största delen på interpolationer mellan osäkert konstruerade tänkta israndlägen.

Många anser nog att mellansvenska ändmoränerna utgör en sådan viktig hållpunkt och att man därför borde kunna lita på de israndlägen som representerar Yngre Dryas. Så är dock inte fallet.

Björck & Digerfeld (1984, 1986, 1989) och Fredén (2002) har ritat en isrecessionslinje över Billingens nordspets och vidare österut över det så kallade Perstorpsdeltat. Denna recessionslinje har benämnts Billingenmoränen och har ansetts representera den nordligaste delen av mellansvenska ändmoränerna.

För närvarande pågår en kvartärgeologisk kartläggning av SGU i området runt Skara–Skövde. I detta arbetet har en terrängkarta framställts med skuggade höjder baserade på Lantmäteriets höjddatabas (figur 1). De mellansvenska ändmoränerna har bildats under en mycket kraftig retardationsfas i isavsmältningen med upprepade smärre framryckningar. I den karta som visas i figur 1 framträder faktiskt randläget enbart genom sin egenartade morfologi, vilket i sin tur delvis kan härledas till lagerföljdernas mäktighet. Denna kartbild verifierar den bild av randläget som framkommit vid själva jordartskarteringen. Den pågående kartläggning visar att de nordligaste delarna av mellansvenska ändmoränerna tvärs Billingen mellan Valle härad och Skövde, dvs. i ett läge **söder** om Billingens nordspets. Detta innebär att Billingens nordspets blev isfri först vid ett senare tillfälle nämligen under den tidigaste delen av Holocen och således inte under Yngre Dryas!

De bildningar som ingår i Billingenmoränen utgörs av en bred zon innehållande små och låga årsmoräner. Dessa årsmoräner har bildats under en snabb isrecession och således inte under den retardationsfas som skapat mellansvenska ändmoränerna. Kronjuvelen i Billingenmoränen utgörs av den så kallade Timmersdalavallen. Tillkomsten av denna blockiga ryggformade bildning har aldrig kunnat förklaras. Sannolikt har dock bildningen tillkommit genom den issjötappning som skett vid Billingen och således inte som en framryckning av iskanten.

För att försöka utreda isavsmältningens kronologi i området har en undersökning inletts för att ^{14}C -datera de äldsta bottensedimenten i sjöar belägna ovan HK. Denna metod är inte helt invändningsfri eftersom man löper risk att de provtagna sjöarna bildats vid ett senare tillfälle än isavsmältningen eller helt enkelt att det inte bildats sediment vid undersökningsplatsen förrän långt efter isavsmältningen. Trots en stor osäkerhet erhålles dock minimiåldrar för isavsmältningen med denna metod. Mängden dateringar ökar sannolikheten att de äldsta värdena ger en skaplig uppskattning om när ett område blev isfritt. Resultaten av ^{14}C -analyser som gjorts på sjösediment från området presenteras i tabell 1 och i figur 1. Värdena presenteras i konventionella år. En av sjöarna, Hallsjön, nära nordspetsen ligger obetydligt under HK. De sjöar som undersökts på Billingen underlagras av diabas. Resultaten av dateringar utförda av Björck & Digerfeld (1984, 1986, 1989) samt ett ^{14}C -värde från Norra Mullsjön (J. Björck 1999) har även lagts in i figur 1.

Pollenanalytiska undersökningar har tidigare utförts inom området av Björck & Digerfeld (1984, 1986). Tyvärr har endast ett fåtal av dessa pollenanalyser redovisats. Trots att delar av källmaterialet saknas har figur 1 kompletterats med resultaten av dessa pollenanalyser (dateringarna anges med gul färg). Bland de analyser som redovisats finns inget som motsäger slutsatsen att Billingens nordspets blev isfri under Holocen. Samma slutsats kan man dra av de biostratigrafiska och de lervarvskronologiska undersökningar som gjorts mellan Billingen och Vättern av J. Björck (1999).

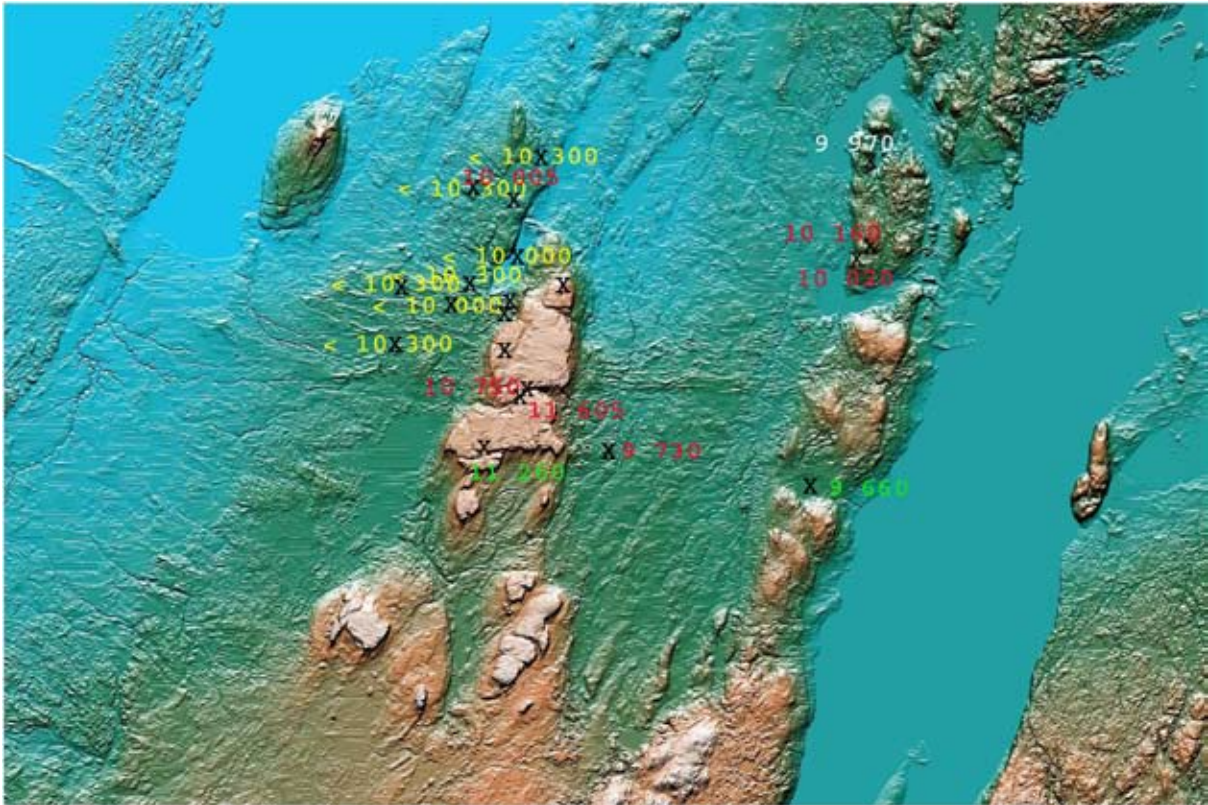


Fig. 1. Underlaget till denna karta utgörs av en höjdsuggningskarta framställd från Lantmäteriets höjddatabas. I kartans övre vänstra hörnet ses Hindens udde. Från denna del kan de mellansvenska ändmoränerna följas österut över centrala Billingen. Lokaler som daterats anges med svart kryss. Nya 14C- värden anges med rött, dateringen i vitt härrör från J. Björck (1999), dateringarna i grönt har hämtats från Björck & Digerfeld (1986, 1989) och de gula värdena härrör från pollenanalytiska dateringar av Björck & Digerfeld (1984, 1986).

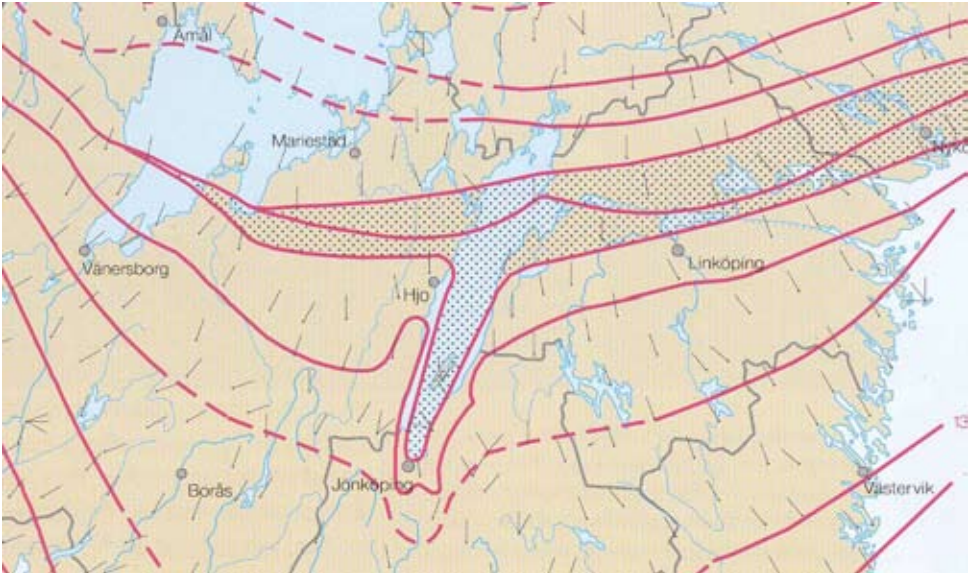


Fig. 2. Del av en isrecessionskarta ur Berg och Jord (Fredén 2002).

De högsta värdena på de daterade sjösedimenten kommer från sjöar uppe på centrala Billingen. Dessa värden bekräftar den bild som tidigare presenterats av Björck & Digerfeld (1986) nämligen att isen smält bort från delar av Billingen redan under Alleröd. En av de nya dateringar som erhållits antyder att isen kan ha smält av fram till de mellansvenska ändmoränerna redan under en tidig fas av Alleröd. Om så är fallet kan delar av mellansvenska ändmoränerna möjligen ha tillkommit under Alleröd. Det är kanske för tidigt att dra några växlar av denna enstaka datering men resultatet är i samklang med de klimatologiska tolkningar som gjorts på ett mycket stort undersökningsmaterial i Halland av Pässe (2007). Undersökningarna i Halland visar att en kraftig tillväxt av permafrost sker under Alleröd efter en period utan permafrost under Bölling. Undersökningen i Halland antyder således att Alleröd kan vara en betydligt kallare period än vad man tidigare trott.

Sammanfattningsvis kan sägas att såväl resultaten från jordartskartläggningen som dateringarna inom området visar att isen lämnade Billings nordspets under inledningen av Holocen dvs. troligen runt 10 200 år BP. Enligt Björck och Digerfeld (1986) sker avsmältningen vid Billings nordspets 250 år tidigare. I ärlighetens namn innebär denna omtolkning ingen större förändring om man bara ser i antal år. Däremot innebär omtolkningen rätt stora omvärderingar av tidigare undersökningar avseende Baltiska issjöns tappning. Detta gäller inte endast enskilda strandförskjutningskurvor utan i synnerhet förståelsen av inlandsisens utbredningen och därmed dess dämmande förmåga under Yngre Dryas.

E. Nilsson (1968) har visat att det utbredda låga området mellan Billingen och Hökensås intogs av en lokal issjö, som han benämner Tidån–Vätternissjön. Den pågående kartläggningen bekräftar i huvudsak Nilssons tolkningar. Existens av denna issjö innebär att en tappning visserligen skett vid Billingen men att spåren av denna tappning härrör från Tidån–Vätternissjön och således inte från Baltisk issjön.

När Tidån–Vätternissjön tappades torrlades ett stort område som idag intas av mäktiga finkorniga is-sjösediment. Inom detta område förekommer ett antal små insjöar som samtliga kan antas ha tillkommit momentant vid tappningen. En av dessa, Kroksjön vid Skultorp, har undersökts i detalj med pollen- och ¹⁴C-analys av Pässe (2005). Denna undersökning verifierar att tappningen skett under Holocen. Fler av dessa sjöar planeras att undersökas under den fortsatta kartläggningen eftersom dessa tveklöst erbjuder de bästa förutsättningarna för att få full kunskap om när iskanten lämnade Billings nordspets. Tidigare har Björck & Digerfeld (1989) rapporterat att de borrar i dessa sjöar. De fullföljde dock aldrig denna undersökning eftersom de inte påträffade sediment från Yngre Dryas bildade i Baltiska issjön i dessa sjöar. Detta anser de beror på att sjöarna bildats i dödishålor. Det är svårt att förstå logiken i detta resonemang dvs. hur dessa dödishålor skulle ha uppkommit. Vid exempelvis Kroksjön utgörs omgivningarna av mäktiga siltiga is-sjösediment. Vid tiden för tappningen hade detta område intagits av en stor issjö under 500–1000 år och isfronten låg ca 20 km norr om lokalen. Vattendjupet före tappningen var ca 10 m vid lokalen.

Björck & Digerfeld (1986) har framfört en tolkning av isavsmältningens förlopp inom området där iskanten antas ha dragit sig tillbaks norr om Billingen under Alleröd för att kort härefter åter rycka fram. Förutom denna isoscillation, som inte finns registrerad i några lagerföljder, innebär denna tolkning att Baltiska issjön tappades vid två tillfällen. Dessa tankar härleds från förloppet av Björcks (1979) trappstegsformade strandförskjutningskurva från Blekinge. Om de händelser skett som Björck & Digerfeld (1986) skisserat hade dock strandförskjutningskurvans förlopp vid Blekinge sett ut på ett annat sätt.

Tabell 1. Värden av ¹⁴C-analys på äldsta sjösediment.

Lokal	Koordinater	Nivå m ö.h.	Kartblad	Analys- nummer	¹⁴ C-år BP
Skarsjön	6475787/1379638	255	Skara NO	Ua-32878	10 750±70
Örsjön	6474285/1378300	250	Skara SO	Ua-32884	11 605±80
Brännehultasjön	6490032/1411695	170	Hjo NV	Ua-32872	10 020±65
Höghultssjön	6490457/1412413	190	Hjo NV	Ua-32876	10 160±65
Hallsjön	6493533/1377191	120	Skara NO	Ua-32874	10 005±65
Kroksjön	6472350/1386000	138	Skara SO	Ua-22330	9 730±75

Litteratur

- Björck, J. 1999: Event stratigraphy for the Last Glacial- Holocene transition in eastern middle Sweden. Quaternaria. Ser. A: *Theses and Research Papers No. 6. Stockholm University*, 1–48.
- Björck, S., 1979: Late Weichselian stratigraphy of Blekinge, SE Sweden, and water level changes in the Baltic Ice Lake. *University of Lund, Department of Quaternary Geology, Thesis 7*, 1–248.
- Björck, S. & Digerfeld, G. 1984: Climatic changes at Pleistocene/Holocene boundary in the Middle Swedish end-moraine zone mainly inferred from stratigraphic indications. In: Mörner, N.-A. And Karlén, W. (eds.): *Climatic Changes on a yearly to Millennial Basis*, 37–56. Reidel, Dordrecht.
- Björck, S. & Digerfeld, G. 1986: Late Weichselian – Early Holocene shore displacement west of Mt. Billingen, within the Middle Swedish end-moraine zone. *Boreas 15*, 1–18.
- Björck, S. & Digerfeld, G. 1989: Lake Mullsjön – A key site for understanding the final stage of the Baltic Ice Lake east of the Middle Swedish end-moraine zone. *Boreas 18*, 209–219.
- Fredén, C., 2002: Berg och jord. Sveriges Nationatlas, band 12. 1–208.
- Nilsson, E., 1968: Södra Sveriges senkvartära historia. Geokronologi, issjöar och landhöjning. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. Fjärde serien. Band 12. Nr 1*, 1–117.
- Påsse, T. 2005: Pollenanalytisk undersökning av Kroksjön vid Skultorp. Arkeologiska möten utmed väg 26 Borgunda – Skövde. *Skrifter från Västergötlands museum nr 33*, 63–68.
- Påsse, T. 2007: Deformerade och överlagrade organogena sediment i Halland. SGU.

Vimmerbylinjens fortsättning österut i Småland – på jakt efter en randmorän

KÄRSTIN MALMBERG PERSSON, ANDERS G. LINDÉN & MAGNUS PERSSON, SGU

Weichselisens avsmältningsförlopp är ett klassiskt forskningsfält för svenska kvartärgeologer och en mängd olika sammanställningar av successiva randlägen har presenterats under årens lopp. Ett välkänt problem när det gäller att rekonstruera deglaciationen i södra Sverige är avsaknaden av tydliga israndbildningar i östra Götaland. I Västsverige har ett antal relativt väldefinierade randlägen identifierats, men dessa kan inte följas upp över Sydsvenska höglandet och vidare österut.

En serie moränryggar och några randdeltan i nordöstra Småland har dock beskrivits och antagits representera ett israndläge benämnt Vimmerbylinjen (Agrell m.fl. 1976, Lindén 1984). Randbildningarna längs Vimmerbylinjen benämns i det följande Vimmerbymoränen i analogi med randbildningarna i sydvästra Sverige.

Vid SGUs jordartskartering i områdena kring Sävsjö och Vetlanda på 1990-talet kompletterades bilden av randbildningarna längs den västra delen av Vimmerbymoränen. Under åren 2003–2007 har SGU utfört regional jordartskartering i nordöstra Småland i ett projekt som omfattar delar av Vimmerbymoränen längre österut. Som ett komplement till den översiktliga regionala karteringen startades ett internt FoU-projekt vid SGU år 2006 med syfte att studera randbildningarna noggrannare (Malmberg Persson m.fl. 2007). Områdena mellan tidigare kända moränryggar har fältinventerats och ett antal nyupptäckta moränryggar har identifierats. De morfologiska studierna har kompletterats med skärningsstudier i befintliga skärningar och maskingrävda schakt.

Resultat

De randbildningar som påträffats i området visas i figur 1 på s. 40. Randbildningarna är dels moränryggar, dels randdeltan. I anslutning till moränryggarna har även påträffats isälvsrännor, som löper längs med och intill ryggarnas distalsidor. Ryggarna har varierande längd, är vanligen lägre än 10 m och har oftast en brant distalsida och en flackare proximalsida.

Ryggarna bildar tillsammans en randmorän som antas representera israndens sträckning vid en specifik, klimatiskt betingad, isframstöt under Weichselisens slutliga avsmältning. Även randdeltat vid Vimmerby med dess moränryggar ingår i randmoränen. Enstaka moränryggar norr om linjen har avsatts senare vid mindre isframryckningar. Den tydliga randlinjen har följts österut till Vanstad och förefaller sedan dela upp sig i tre eller flera linjer, vilka troligen representerar successiva stillestånd eller små isframryckningar. Randmoränen är inte daterad.

Referenser

- Agrell, H., Friberg, N. & Oppgård, R., 1976: The Vimmerby line – an ice-margin zone in north-eastern Småland. *Svensk Geografisk Årsbok* 52, 20 s.
- Lindén, A. G., 1984: Some ice-marginal deposits in the east-central part of the South Swedish Upland. *Sve- riges geologiska undersökning C 805*, 35 s.
- Malmberg Persson, K., Persson, M. & Lindén, A. G., 2007: Israndstråket Vimmerbylinjen mellan Knivshult och Vanstad i nordöstra Småland. *SGU-rapport 2007:7*.

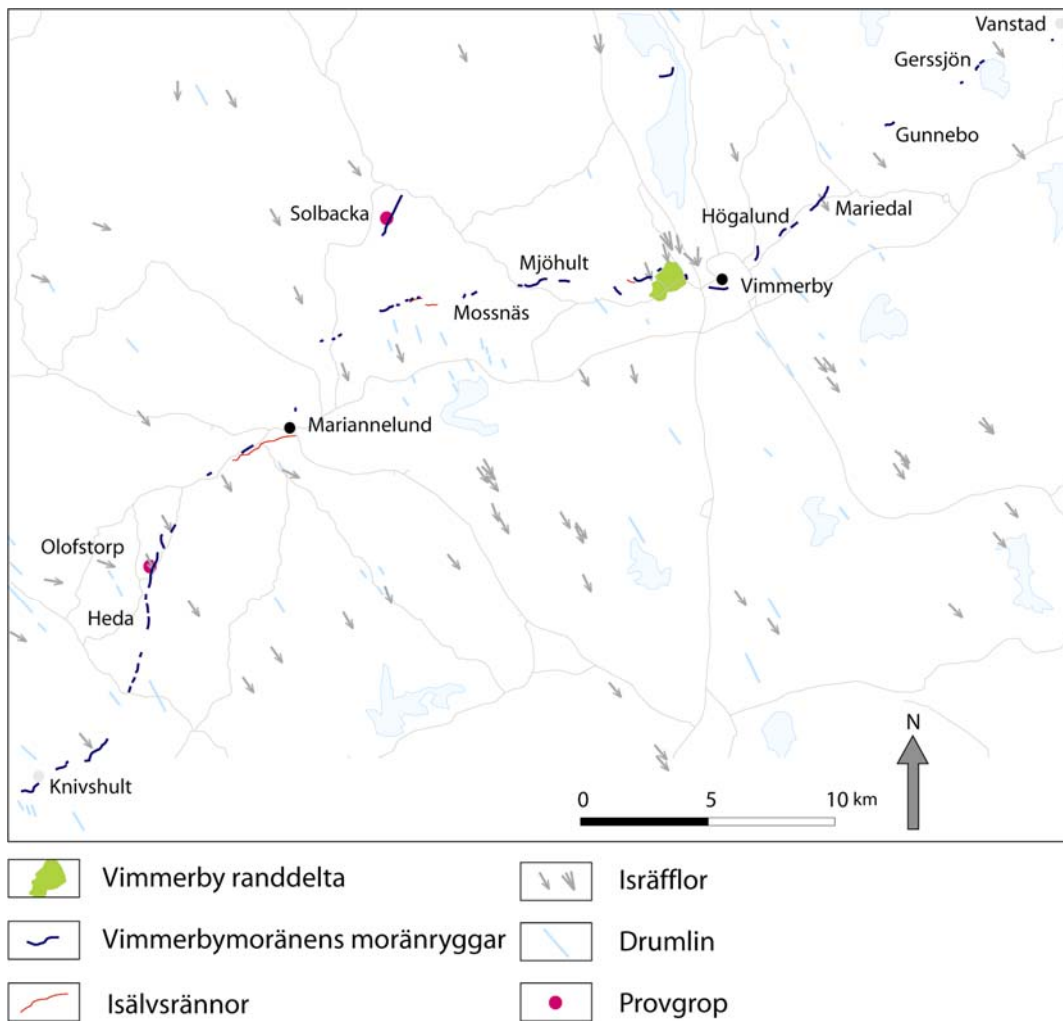


Fig. 1. Undersökningsområdet med isrörelseindikatorer, Vimmerbymoränens ändmoräner och Vimmerbydelat samt längs moränryggarna liggande isälvsrännor.

Projekt ”Kladdsjön – En fornsjö i västra Blekinges farvatten”

Undersökning av en lagerföljd vid Kladdarna för att belysa strandförskjutningsförloppet i Hanöbukten

FREDRIK KLINGBERG*, TORE PASSE* & SOFIA HOLMGREN#, *Sveriges geologiska undersökning, # Göteborgs universitet
Fredrik.Klingberg@sgu.se

Vid den maringeologiska kartläggningen av innersta Hanöbukten, i västra Blekinges farvatten, påträffades en sedimentationsbassäng på 15 till 17 m djup innehållande postglaciala gyttjeleran. Sedimentationsbassängen har uppkallats efter skären Kladdarna och har undersökts med hydroakustiska metoder. En provtagning av gyttjeleran utfördes med ett vibrohammarborr och resulterade i en 2,74 m lång provkärna. Lagerföljden har undersökts med ^{14}C -, pollen- och diatoméanalys. Den postglaciala gyttjeleran omfattar tidsmässigt ungefärligt de första 2000 åren av Holocen. Lagerföljden omfattar således de Östersjöstadier som är av särskilt intresse att belysa i detta sammanhang, nämligen Yoldiahavet samt Ancylussjön. Diatoméanalysen ger en klar indikation av att hydrografen ändras under det aktuella tidskede men däremot inget belägg för ett marint skede under det så kallade Yoldiahavet. Diatoméanalysen visar också att sedimentationsbassängen aldrig isolerats från Östersjösänkan. Med andra ord nådde aldrig Yoldiahavets–Ancylussjöns lägsta strandlinje ner till 15 meters vattendjup vid lokalen. Detta resultat kontrasterar kraftigt från de tolkningar av strandförskjutningen som tidigare presenterats från ett arbete om Hanöbukten.

Svenska torvmarker som holocena klimatarkiv och kolreservoarer – en utvärdering av torvundersökningar utförda i samband med SGUs länskartering

MATS RUNDGREN, Centrum för Geobiosfärvetenskap, Geologiska Institutionen, Kvartergeologi, Lunds Universitet

De skandinaviska torvmarkernas betydelse som klimat- och miljöhistoriska arkiv uppmärksammades redan för mer än ett århundrade sedan, och det i början av 1900-talet tilltagande ekonomiska intresset för torv frammanade en omfattande – av SGU genomförd – kartläggning av landets torvtillgångar (von Post & Granlund, 1926). Därigenom, och som ett resultat av den fortlöpande jordartskarteringen i SGUs regi, är kunskapen om de svenska torvmarkernas utbredning och beskaffenhet relativt god.

Baserat på stratigrafiska förändringar i torvens grad av nedbrytning (humifieringsgrad) drog man tidigt slutsatsen att fuktighetsförhållandena på de svenska torvmarkerna har varierat under postglacial tid. Horisonter av vitmosstorv med hög humifieringsgrad tolkades som ett tecken på relativt torra förhållanden och vice versa. Redan på 1930-talet etablerades begreppet rekurrensyta som beteckning på en torvhorisont karakteriserad av en skarp övergång från höghumifierad till låghumifierad vitmosstorv (Granlund, 1932). Granlund identifierade fem stycken rekurrensytor i vitmosstorvlagervoljder i södra Sverige och daterade dessa med hjälp av pollenanalys och korrelation med arkeologiska fynd (RY I: ca 1200 e.Kr., RYII: ca 400 e.Kr., RYIII: ca 600 f.Kr., RYIV: ca 1200 f.Kr., RYV: ca 2300 f.Kr.). Många geologer tog intryck av Granlunds arbeten, vilket bl.a. resulterade i att omfattande torvstratigrafiska studier genomfördes i samband med SGUs jordartsgeologiska länskarteringar.

^{14}C -metodens genombrott under 1950-talet medförde betydligt bättre möjligheter att datera de i torvmarkerna registrerade förändringarna i humifieringsgrad. Många försök gjordes att korrelera humifieringsförändringar mellan olika torvmarker och relatera dem till de av Granlund definierade rekurrensytorna (t.ex. Lundqvist, 1958, 1969). Detta visade sig ibland svårt, vilket delvis kan förklaras av osäkerheten i Granlunds dateringar. En annan bidragande orsak kan vara att man vid den här tiden inte kände till variationerna i atmosfärens ^{14}C -halt. Således var man inte medveten om att de åldrar som ges av ^{14}C -dateringar inte motsvarar kalenderår och att förhållandet mellan ^{14}C -år och kalenderår har förändrats genom holocen. Följden av svårigheterna att påvisa rekurrensytorna regionala relevans blev att en del geologer förlorade tilltron till humifieringsförändringarnas paleoklimatiska betydelse.

I takt med att nya analysmetoder har utvecklats, har intresset för torv som klimatarkiv ökat under senare år. Det faktum att nordliga torvmarker är en viktig komponent i det globala kolkretsloppet utgör också en starkt bidragande orsak till ett ökat vetenskapligt intresse för dessa ekosystem. Beroende på relativt begränsade förändringar i temperatur- och fuktighetsförhållanden fungerar nämligen nordliga torvmarker antingen som sänkor eller källor för atmosfäriskt kol, och detta kan ha bidragit till holocena variationer i atmosfärens innehåll av växthusgaserna koldioxid och metan (MacDonald *et al.*, 2006). För att kunna bedöma vilket inflytande klimatiskt orsakade förändringar i ackumulation och nedbrytning i nordliga torvmarker har på den globala kolcykeln – och i sin tur på klimatet – finns därför ett starkt behov av data från torvstratigrafiska undersökningar i dessa områden.

Mot denna bakgrund, samt i ljuset av de framsteg som gjorts inom dateringsområdet under senare decennier (kalibrering av ^{14}C -åldrar och säkrare dateringar av pollenstratigrafiska förändringar), initierades år 2004 ett av SGU finansierat projekt syftande till en systematisk sammanställning och utvärdering av det rika, torvstratigrafiska material som insamlades i samband med SGU:s länskarteringar under perioden 1943–1987. Ett viktigt syfte med projektet har också varit att bedöma det paleoklimatiska värdet av de i torvmarkerna registrerade humifieringsgradsförändringarna.

Projektet har huvudsakligen baserats på den information om torvstratigrafi (inklusive humifieringsgrad), pollenstratigrafi och ^{14}C -datering som finns publicerad i beskrivningarna till jordartskartorna för Värmlands län, Kopparbergs län, Gävleborgs län, Jämtlands län, Västernorrlands län, Västerbottens län (nedanför lappmarksgränsen) och Norrbottens län (nedanför lappmarksgränsen). Därutöver har kompletterande men opublicerade data som framtagits i samband med länskarteringarna använts. Dessa data, vilka har lokaliserats

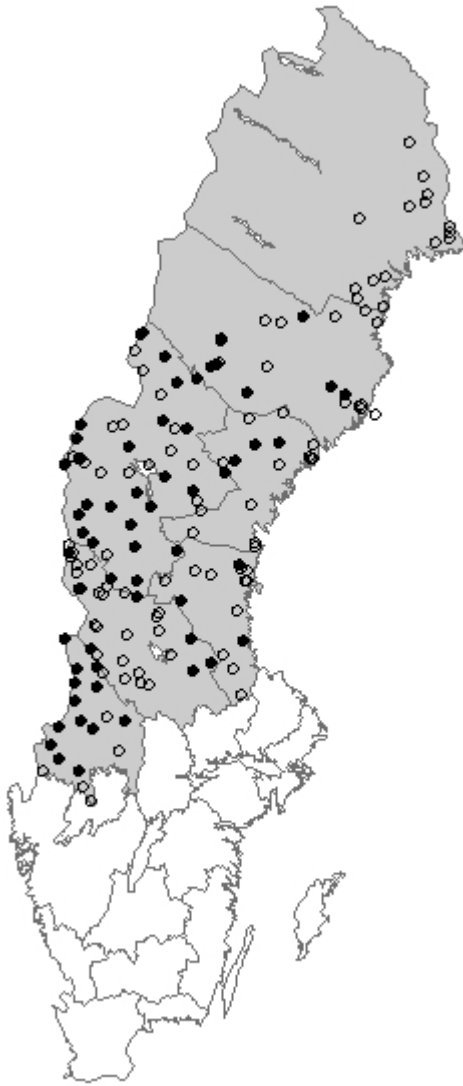


Fig. 1. Det geografiska läget för de totalt 159 (ofyllda cirklar) och 61 utvalda (fyllda cirklar) torvmarkerna.

i SGUs arkiv eller tillhandahållits av en av kartörerna (J. Lundqvist), utgörs dels av stratigrafier från torvmarker som omnämns men ej har publicerats i beskrivningarna och dels av kompletterande ^{14}C -dateringar från både publicerade och opublicerade lagerföljder.

Totalt fanns data tillgängliga för 159 torvmarker. Utifrån informationen i kartbladsbeskrivningarna klassificerades dessa efter torvmarkstyp och lagerföljdstyp. Vidare bestämdes torvmarkernas areal med hjälp av digitala ortofoton och kartor (topografiska kartan och terrängkartan). I de fall då torvmarkernas altitud inte framgår av beskrivningarna, bestämdes även denna i ovannämnda kartor. Baserat på antalet ^{14}C -dateringar, eventuella för datering tillförlitliga pollenstratigrafiska nivåer samt uppskattad maximiålder gjordes ett urval av torvmarker som lämpade sig för fortsatt analys. De 61 torvstratigrafier som valdes ut har minst tre pålitliga åldersbestämda nivåer och omfattar åtminstone de senaste 4 000 åren. Av dessa är 41 % mossar, 8 % kärr och 51 % blandmyrar, se figur 1.

Med utgångspunkt från publicerade och opublicerade data skapades en torvstratigrafisk databas för de 61 torvlagerföljderna. Ett klassificeringssystem med tio torvslag och tre humifieringsgrader tillämpades. Databasen kompletterades med torvstratigrafispecifika åldersmodeller, vilka upprättades genom anpassning av polynomfunktioner till de nivåer som åldersbestämts genom kalibrering av ^{14}C -dateringar och pollenanalys. Utifrån denna databas konstruerades en interaktiv karta (<http://debbie.giscentrum.lu.se/peatlands/>) med

vars hjälp man kan studera den holocena utvecklingen av de 61 torvmarkerna med valfri tidsupplösning. Den torvstratigrafiska informationen presenteras antingen som av en kombination av torvslag och humifieringsgrad eller som hydrologisk avsättningsmiljö (terrestrisk, telmatisk eller limnisk). I en lösenordsskyddad del av visualiseringsverktyget kan man dessutom ladda ner information från databasen för vidare analys.

Den i databasen tillgängliga informationen analyserades på flera sätt för att bedöma den paleoklimatiska relevansen av torvstratigrafiska data. Först klassificerades alla i databasen registrerade och åldersbestämda övergångar mellan olika torvslag, humifieringsgrader och avsättningsmiljöer i termer av förändringar mot torrare respektive fuktigare torvmarksförhållanden. När alla 61 torvmarker och alla torvslag inkluderades i analysen indikerade data en förändring mot torrare förhållanden ca 6 000 cal. BP följt av en successiv och mer markant förändring i samma riktning efter ca 3 000 cal. BP. Denna typ av analys riskerar dock att vara missvisande eftersom många av de utifrån förändringar i torvslag klassificerade förändringarna mot torrare förhållanden kan vara kopplade till naturlig igenväxning snarare än klimatiskt betingade förändringar av fuktighetsförhållandena. Detta visade sig också vara fallet när enbart humifieringsgradsförändringar hos vitmosstorv inkluderades i beräkningarna. Då visar resultaten istället på en trend mot allt fuktigare förhållanden efter ca 4 000 cal. BP, vilket stämmer väl överens med oberoende, paleoklimatiska data.

Eftersom rekurrensytorna i södra Sverige enbart är identifierade i vitmosstorv, bör även jämförelser mellan databasens innehåll och dessa regionala humifieringsgradsförändringar begränsas till de delar av lagerföljderna som utgörs av vitmosstorv. En sådan jämförelse visar, om man beaktar osäkerheten i dateringarna av såväl rekurrensytorna som databasens torvlagerföljder, att åldrarna för rekurrensytorna sammanfaller med en förhöjd frekvens av förändringar mot fuktigare förhållanden i databasens torvmarker. Analys av de regionala mönstren i variationerna i frekvens av förändringar mot fuktigare förhållanden i databasens torvmarker visar vidare att de värmländska torvmarkerna har störst inflytande på variationen för databasen som helhet. En viss inverkan från torvmarkerna i Kopparbergs och Gävleborgs län kan också ses. Detta är i överensstämmelse med Granlunds (1932) kartläggning av rekurrensytornas utbredning i södra Sverige, men indikerar också att motsvarande rekurrensytor saknas i mellersta och norra Sverige. Denna frånvaro av rekurrensytor skulle kunna förklaras av en generellt lägre årsnederbörd i stora delar av detta område och därmed sammanhängande lägre amplitud i nederbördsförändringarna, i kombination med en lägre frekvens av mossar och högre frekvens av blandmyrar.

Från det att torvackumuleringen började i de i databasen ingående torvmarkerna ca 10 700 cal. BP har den genomsnittliga ackumulationshastigheten varit omkring 0,36 mm/år. Den var något lägre de första årtusendena, och efter ca 3 000 cal. BP har den varit drygt 0,40 mm/år. Om utvecklingen hos de i databasen ingående torvmarkerna är representativ för mellersta och norra Sverige, har det skett en kontinuerligt ökande kolackumulering i form av torv i detta område sedan 10 700 cal. BP fram till för ca 2 500 år sedan. Därefter har den årliga torvackumuleringen varit i stort sett oförändrad.

Referenser:

- Granlund, E. 1932. De svenska högmossarnas geologi. *Sveriges geologiska undersökning C 373*, 193 s.
- Lundqvist, J. 1958. Beskrivning till jordartskarta över Värmlands län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 38*, 229 s.
- Lundqvist, J. 1969. Beskrivning till jordartskarta över Jämtlands län. *Sveriges geologiska undersökning Ca 45*, 229 s.
- MacDonald, G. M., Beilman, D. W., Kremenetski, K. V., Sheng, Y., Smith, L. C. & Velichko, A. A. 2006. Rapid peatland development of circumarctic peatlands and atmospheric CH₄ and CO₂ variations. *Science* 314, 285–288.
- von Post, L. & Granlund, E. 1926. Södra Sveriges Torvtillgångar I. *Sveriges geologiska undersökning C 335*, 127 s.

Projekt "Geologiska data och epidemiologiska riskberäkningar efter Tjernobylylyckan"

Parish classification or dwelling coordinate for exposure assessment in environmental epidemiology

MARTIN TONDEL & PETER LINDGREN, Division of Occupational and Environmental Medicine, Linköping University, Sweden

After the Chernobyl nuclear power plant accident in April 26, 1986, five per cent out of the total released caesium-137 was deposited in Sweden. The fallout of caesium-137 reached a maximum ground deposition around 120 kBq/m². We have conducted two epidemiological studies on the incidence of malignancies in Sweden after the Chernobyl accident (1,2). Somewhat surprisingly, the risks and dose-response in incidence of total malignancies were similar in both studies, in support of a causal relationship, rather than a matter of method used. In the first study we used an analogue map produced by the Geological Survey of Sweden, on the assignment of the Swedish Radiation Protection Authority, after aerial measurements from May to October 1986. The ground deposition map of caesium-137 was presented with isolines of 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 and 120 kBq/m², respectively. Aerial measurements have been performed annually since the accident with a successively more and more detailed digital map on caesium-137 and backdated to May 1986. Each dwelling in Sweden has been appointed a coordinate by the National Land Survey of Sweden and with a geometric join the dwelling coordinates with its inhabitants have been matched on the caesium-137 grid with GIS-technique in ArcView 3.2. In total 1,126,960 individuals could be included in this study comparing the two methods of classifying the exposure. A population-weighted parish average was calculated as the total sum of all individual caesium values divided by the number of persons in that parish. Hence, this parish average classification could be compared to the initial classification using the analogue map. Two explanations of the difference in classification were identified i.e. the population unequally distributed in the parish and a higher resolution on caesium-137 fallout on the digital map. Higher resolution both on exposure, through new aerial measurements, and the population by dwelling coordinates could explain these differences in classification of the parishes.

References

- Tondel M, Hjalmarsson P, Hardell L, Carlsson G, Axelson O: Increase of regional total cancer incidence in north Sweden due to the Chernobyl accident? *J. Epidemiol Community Health* 2004;58, 1011–1016.
- Tondel M, Lindgren P, Hjalmarsson P, Hardell L, Persson B. Increased incidence of malignancies in Sweden after the Chernobyl accident – a promoting effect? *Am. J. Ind. Med.* 2006;49, 159–168.

Sambanden mellan biogeokemisk kartering och vattenkvalitet, och användbarheten av biogeokemisk kartering för att identifiera områden med sulfidförande sediment

BJÖRN ÖHLANDER, JERRY FORSBERG & FREDRIK NORDBLAD, Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå

Biogeokemisk kartering anses ge goda möjligheter att bedöma miljötillståndet i dräneringsområdet till de bäckar som provtas, och ge möjlighet att särskilja naturliga haltvariationer från antropogena föroreningar. Det här projektets huvudsyfte är att genom jämförelser mellan biogeokemiska data och detaljerade vattengeokemiska data från bäckar i väl valda dräneringsområden bidra till att säkrare kunna bedöma hur väl biogeokemiska data avspeglar den lokala miljösituationen. Lösta koncentrationer av metaller definierade som halter i det vatten som passerar genom filter med porstorleken 0,22 µm, lösta halter definierade genom provtagning med DGT (Diffusional Gradients in thin Films), lösta halter definierade genom ultrafiltrering samt koncentrationer i kolloider och partiklar har jämförts med biogeokemiska resultat. Vid ultrafiltreringen användes en filter-cutoff på 1kDa, vilket anses motsvara en porstorlek på 2–3 nm. Toppskott från näckmossa, *Fontinalis Antipyretica*, samlades upp i nätpåsar och förflyttades till provpunkterna i vatten från moderlokalen. I varje provpunkt placerades två påsar för att en statistisk spridning skulle kunna åstadkommas. Efter tre veckor samlades påsarna upp. På varje provtagningslokal inklusive moderlokalen för näckmossa togs också prover på befintliga vattenväxter. Ett annat syfte är att bedöma hur väl biogeokemisk kartering kan användas för att identifiera områden med oxiderande, sulfidförande sediment.

Två fältområden har studerats. I Flarkbäcken i norra Västerbotten har två provstationer provtagits; en i bäckens övre del som rinner genom moränmark (Mårtsmarken), och en i den nedre delen med sulfidhaltiga, leriga sediment (Persraningen). En provpunkt valdes nedströms den nedlagda koppargruvan Laver i Norrbotten i Gråbergsbäcken, och som moderlokal för näckmossa valdes den opåverkade Riskölbäcken i Norrbotten. Provtagningen inleddes i juni 2004 och pågick till juni 2005, så att hel årscykel erhöles. Vid Mårtsmarken och Persraningen gjordes dessutom provtagning under våren-försommaren 2006 då huvudsyftet var att jämföra DGT med en porstorlek i de diffusiva gelen på ca 5 nm, med gel med ca 1 nm porer (RG-DGT).

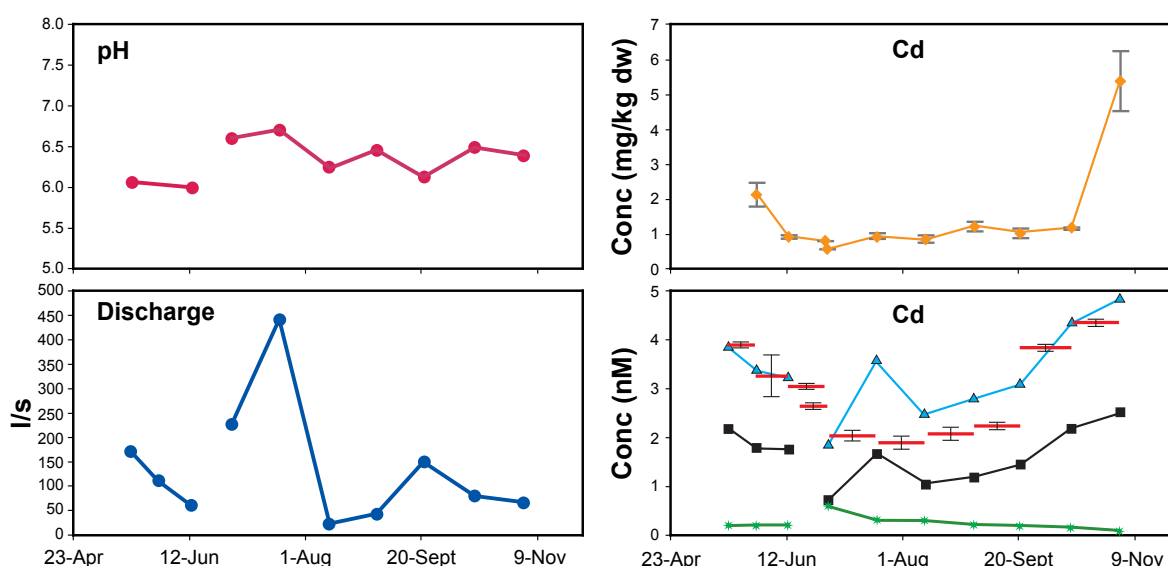


Fig. 1. pH, flöde och koncentration av Cd i Gråbergsbäcken vid Laver, i <0,22 µm filtrat (▲), i partiklar >0,22 µm (*), i <1 kDa permeat (■), i DGT-labli fraktion (—) och i akvatisk mossa (◆). De tre första värdena är från våren 2005, och de övriga från sommar och höst 2004.

Det finns i de flesta fallen ingen tydlig korrelation mellan metallhalter i vattenprover och i vattenmossa på de olika provpunkterna, men både vatten och vattenmossa har högre metallhalter i provpunkterna än i moderlokalen för vattenmossa. Koncentrationer i vatten filtrerat $<0,22 \mu\text{m}$ är genomgående högre än DGT-halter, vilka i sin tur genomgående är högre än koncentrationer i 1kDa ultrafiltrerat vatten; se exempel från Laver i figur 1. För vissa metaller som Cu är halten i DGT och ultrafiltrerat vatten mycket lägre än i fraktionen $<0,22 \mu\text{m}$. Det visar att en betydande andel av koncentrationen i fraktionen $<0,22 \mu\text{m}$ sitter i kolloider, och inte förekommer i löst fas. Vid vissa provtillfällen var DGT-halterna för en del metaller lägre än ultrafiltrering $<1\text{kDa}$ vid Persraningen. Det antyder ett pH-beroende, då denna provlokal har lägst pH (ca 4–5,5). Halterna uppmätta med RG-DGT är något lägre än med vanlig DGT, men fortfarande högre än ultrafiltrering $<1 \text{kDa}$.

Koncentrationerna av Al, Cu, Cr, Ni och Y höjs i både vatten och vattenmossa efter att bäcken vid Flarken runnit genom området med sulfidlera, och koncentrationerna av Cd, Zn och Mn stiger i vattenprover men sjunker i vattenmossa. As och Pb sjunker i vattenprover men stiger i vattenmossa. Metallerna Cd, Zn och Mn frigörs vid vittring av sulfidförande sediment, och att halterna av dessa sjunker i vattenmossan vid Persraningen visar att upptaget i vattenmossa

Naturliga bakgrundshalter av bly, zink och arsenik i svenska ytvatten baserat på metallernas haltvariation i morän och sedimentära jordar – implikationer för EU:s ramdirektiv för vatten och nationella miljömål

STEFAN LÖFGREN¹, BO RANNEBY², MAGNUS EKSTRÖM² & JUN YU²

¹Inst. f. Miljöanalys, SLU, Box 7050, 750 07 Uppsala, Stefan.Lofgren@ma.slu.se

²Biostokastikum, SLU, 901 83 Umeå, Bo.Ranneby@sekon.slu.se

Tillståndet i sjöar och vattendrag ska kunna bedömas enligt EU:s ramdirektiv för vatten (RDV, 2000/60/EG), vilken successivt håller på att arbetas in i den svenska miljölagstiftningen. Tillståndet ska ligga till grund för åtgärdsplaner inom avrinningsområden. Målet är att alla vatten ska uppnå "God ytvattenstatus" år 2015. För varje typ av sjö eller vattendrag ska typspecifika referensförhållanden fastställas för hydromorfologiska, fysikalisk-kemiska och biologiska parametrar. Dessa skall i huvudsak representera av människan opåverkade förhållanden.

Syftet med detta projekt har varit att utveckla modeller för att skatta lokalspecifika referensvärden för Pb-, Zn- och As-halterna i svenska sjöar utgående från de naturgivna förutsättningarna i form av klimat, geologi, vegetation, hydrologi och ytvattenkemi. Modellerna skall kunna användas av miljömyndigheterna vid tillämpningen av EU:s ramdirektiv för vatten och de nationella miljömålen "Levande sjöar och vattendrag" och "Giftfri miljö".

Baserat på resultat från riksinventeringen av sjöar år 2000, SGUs markgeokemiska och biogeokemiska kartering, officiell statistik över klimat, topografi, markslag etc. har statistiska modeller utvecklats för att skatta de naturliga bakgrundshalterna för Pb, Zn och As i skogssjöar vars tillrinningsområden domineras av skog, myr och fjäll. Modellerna baseras på resultaten från 644 sjöar och drygt 28 000 markgeokemiska observationer (tabell 1, figur 1). Multipla linjära regressionsmodeller användes i samtliga fall. För Pb och Zn utfördes den statistiska inferensen m.h.a. vanlig minstakvadrat teknik, men för As användes en robust regressionsteknik som minimerar inflytandet från uteliggare (outliers) bland både beroende och oberoende variabler i modellen. Ingående analyser av de statistiska förutsättningarna har utförts och modellerna uppfyller de teoretiska kriterier som förutsätts av de använda teknikerna. Variationerna i halterna av Pb, Zn och As kan till 71 %, 65 % respektive 54 % förklaras i huvudsak av sjöintern faktorerna med koppling till deras humushalter (TOC) och surhetstillstånd (pH). Dessutom indikerar modellerna att den ackumulerade atmosfäriska depositionen av metaller och sura ämnen inverkar på haltnivåerna.

Genom att skapa en andra typ av modeller, där även markgeokemisk och biogeokemisk information tvingats in, ökar förklaringsgraden med 3, 7 och 3 procentenheter för Pb, Zn respektive As. Den marginellt ökande förklaringsgraden av dessa parametrar indikerar att riksinventeringen av sjöar och vattendrag är ett trubbigt underlag för att belysa geokemins betydelse för metallhalter i ytvatten. Antalet objekt är slumpmässigt utvalda och endast i undantagsfall träffas en sjö med höga metallhalter p.g.a. lokalt förhöjda metallhalter i marken. Humushalt, pH etc. överskuggar markgeokemins inflytande i huvuddelen av objekten eftersom markens metallhalter normalt är tämligen låga.

Andra studier visar att det lokalt, i områden med höga metallhalter i marken, föreligger ett samband mellan geokemi och ytvattenhalter av metaller. Det föreligger följaktligen ett fortsatt behov av att studera vid vilka haltnivåer i marken som markgeokemin börjar få betydelse för bakgrundshalterna av metaller i ytvatten. Vi föreslår därför att SGU initierar ett sådant projekt med inriktning mot områden med höga, naturliga metallhalter i marken och där små källvattendrag utgör responssystem.

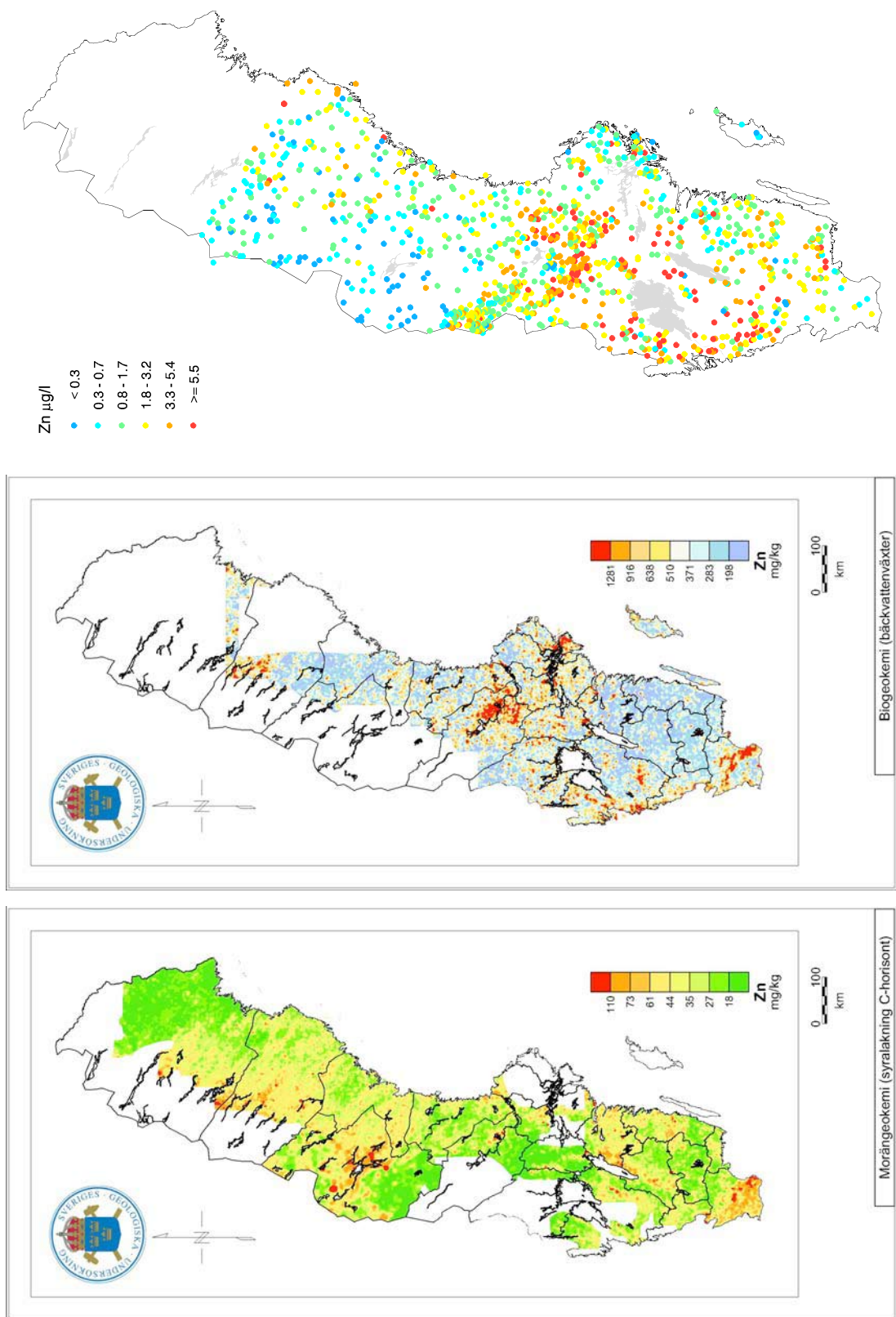


Fig. 1. Zn-halter i mark (C-horisont), bäckvattenväxter och sjövattnet (hösten 1995) i Sverige.

Tabell 1. Halter (percentiler) för Pb, Zn och As i mark (C-horisont, syralakbara (AR/7M HNO₃)), bäckvattenväxter samt okalkade, svenska sjöar hösten 1995. LBRL = Lägsta biologiska risknivå, n = antal mätpunkter.

	Mark* (mg/kg TS)			Vattenväxter* (mg/kg TS)			Okalkade sjöar (µg/l)		
	Pb	Zn	As	Pb	Zn	As	Pb	Zn	As
Maximum	925	2197	773	42933	67462	8430	7,47	427	127
90%	17.2	60.3	13.00	265	964	112	0,77	5,17	0.594
75%	12	45.8	6.94	127	516	55	0,35	2,55	0.412
50%	8	32.6	3.00	69	297	28	0,15	1,27	0,268
25%	5	22.0	1.16	36	206	15	0,06	0,54	0,171
10%	2	15.56	0.35	5	104	4	0,03	0,23	0,110
Minimum	<0.1	<0.05	<0.10	<1	<1	<1	0.003	0,07	<0.1
n	35379	35379	17676	34227	34227	34227	559	559	1105
LBRL							>1	>20	>5

*: Endast karterade områden i Sverige. För As och Pb sammanslagna dataset SGU/NSG.

Projekt ”Tidsmässiga variationer av radionuklider i dricksvatten”

Naturligt radioaktiva ämnen, uran och andra metaller i dricksvatten – och tidsmässiga variationer

BRITT-MARIE EK OCH BO THUNHOLM, Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala

INGER ÖSTERGREN, Statens strålskyddsinstitut, 171 16 Stockholm

Syftet med undersökningarna, som påbörjades i liten skala 2001, har varit att inventera och kartlägga naturligt radioaktiva ämnen i dricksvatten från enskilda brunnar, studera tidsmässiga variationer och eventuella samband med metaller och andra ämnen. Analyser har utförts på de naturligt radioaktiva ämnena och ett 20-tal metaller. Projektet har utförts i samverkan med Statens strålskyddsinstitut. Finansiering har under 2006 även erhållits av Naturvårdsverket genom medel från den hälsorelaterade miljöövervakningen. I den kommande slutrapporten kommer resultaten att bearbetas tillsammans med geologiska data.

Naturligt radioaktiva ämnen och metaller förekommer i grundvatten men halterna varierar mycket mellan olika brunnar. De tidsmässiga variationerna är i allmänhet måttliga. Många undersökningar av radonhalter i svenskt dricksvatten har visat att förhöjda halter förekommer främst i områden med kristallina prekambrisk bergarter som t ex vissa graniter och omvandlade vulkaniska och sedimentära bergarter. Förhöjda halter av uran och radium i dricksvatten förekommer ofta inom samma områden dock inte nödvändigtvis i samma brunnar. Uran förekommer i dricksvattnet i många delar av Sverige med halter som överstiger myndigheternas rekommendationer. Radium, som är svårslösligt i vatten, är sparsamt förekommande i dricksvatten.

För enskild vattenförsörjning finns det ungefär 270 000 bergborrade brunnar och 180 000 jordbrunnar som används av permanent boende. Dessutom utnyttjas ytterligare ca 200 000 bergborrade brunnar av fritidsboende.

Resultat

Totalt har 775 bergborrade och 50 jordbrunnar provtagits och drygt 1100 analyser utförts. Upprepad provtagning har utförts i 60 bergborrade brunnar och 9 jordbrunnar i främst Uppsala län och i Rättviks kommun. Urvalet av brunnar är inte helt slumpmässigt fördelade, riktad provtagning har bl a utförts i Siljansringen och i Västerbotten för uran resp. arsenik.

En sammanställning av resultaten för råvatten från bergborrade resp. jordbrunnar redovisas i tabell 1. Det finns en tydlig koppling mellan geologin dvs. berggrundens uranhalt och förhöjda halter av radioaktiva ämnen i dricksvattnet. Vissa bergarter utmärker sig här mer än andra men även inom dessa bergarter förekommer brunnar med låga halter av radioaktiva ämnen. Variationen inom ett till synes homogent bergartsområde kan vara stor.

Tabell 1. Medianvärden och maximalt uppmätta halter i dricksvatten från råvatten och dricksvatten från bergborrade brunnar och råvatten från jordbrunnar för ett urval ämnen.

Bergborrade brunnar – råvatten

	Uran-238 (µg/l)	Ra-226 (Bq/l)	Rn-222 (Bq/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	Th (µg/l)
Antal	662	552	652	662	662	661	656
Median	3,4	0,02	229	0,30	0,02	0,37	0,04
Max	1328	6,85	66207	297,3	6,5	41,9	2,65

Jordbrunnar – råvatten

	Uran-238 (µg/l)	Ra-226 (Bq/l)	Rn-222 (Bq/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)	Th (µg/l)
Antal	48	36	43	48	48	48	44
Median	2,6	0,01	70,0	0,26	0,03	0,56	0,03
Max	46	0,12	930	30,5	1,0	5,5	1,0

Socialstyrelsens hälsomässiga riktvärde (otjänligt) för radon är 1000 Bq/l. För uran finns sedan 2003 en med Livsmedelsverket gemensam rekommendation att uranhalten inte bör överstiga 15 µg/l i dricksvatten pga dess kemiska toxicitet. Riktvärdet för arsenik sänktes 2003 från det tidigare värdet 50 µg/l till 10 µg/l.

I tabell 2 visas resultaten för olika metaller. För arsenik redovisas dels hela Sverige och dels där tre län undantagits då riktade provtagningar mot arsenik utfördes i dessa län. Resultaten visar tydligt att radonet kvarstår som det största kända hälsorelaterade problemet med geologisk anknytning. Mer än var 10:e bergborrad brunn har en radonhalt som överstiger otjänlighetsgränsen 1000 µg/l. Uran överstiger den rekommenderade halten (15 µg/l) i var femte bergborrad brunn. Det bör dock noteras att detta värde är en rekommendation och inte en gräns för otjänligt vatten. Arsenik förekommer i dricksvatten både från bergborrade brunnar och jordbrunnar men i begränsade områden, företrädesvis i områden där berggrunden består av äldre sulfidrika sediment. Höga blyhalter (>10 µg/l) förekommer ett antal bergborrade brunnar (1,4 %) vilket kan vara något som föranleder fortsatta undersökningar.

Tabell 2. Analysresultat från råvatten i bergborrade brunnar i Sverige relativt till gränsvärden och rekommendationer. För arsenik visas även resultaten där resultaten från Västerbotten, Västernorrland och Uppsala län uteslutits.

Ämne	Antal	Procent
Uran-238 (µg/l)		
<15	529	79,9
15–100	106	16,0
>100	27	4,1
Radium -226 (Bq/l)		
<0,5	527	95,5
>0,5	25	4,5
Radon -222 (Bq/l)		
<100	205	31,4
100–1000	366	56,1
>1000	81	12,4
Arsenik (µg/l)1) Sverige		
<10	632	95,8
10–50	22	3,3
>50	6	0,9
Arsenik (µg/l) ej AC-, Y- och C-län		
<10	536	98,3
10–50	8	1,5
>50	1	0,2
Kadmium (µg/l)		
<1	657	99,5
1–5	3	0,5
Bly (µg/l)		
<10	650	98,6
>10	9	1,4

Studier av de tidsmässiga variationerna visar att dessa generellt är mycket måttliga för de flesta analyserade ämnena inklusive uran och arsenik. Enstaka brunnar kan dock ha större variationer. Nedan presenteras resultaten från ett antal brunnar i Uppland och Dalarna för radon, uran och arsenik.

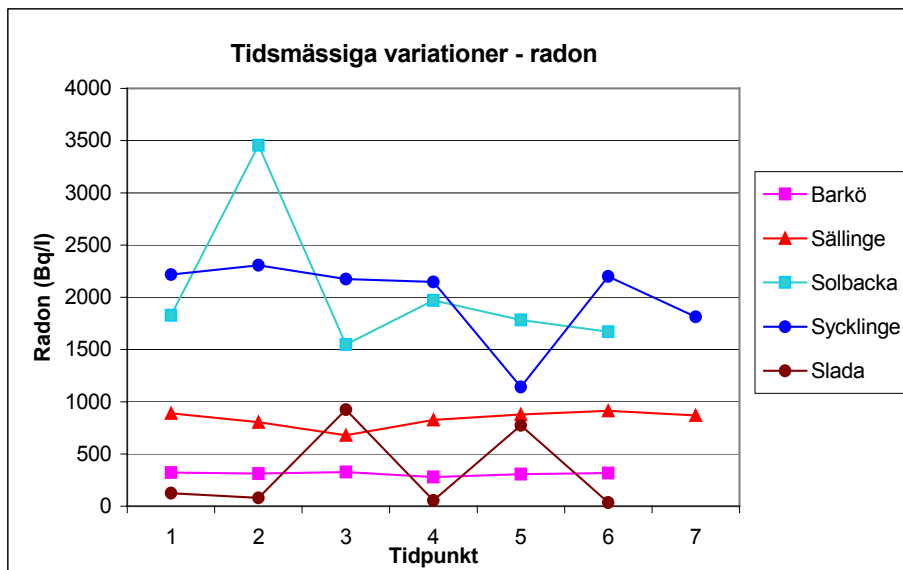


Fig. 1. Radonhalt i råvattnet från fem borrade brunnar i Uppsala län provtagna under maj till november 2005. Brunnen i Slada hämtar sitt vatten från olika vattenmagasin under olika årstider.

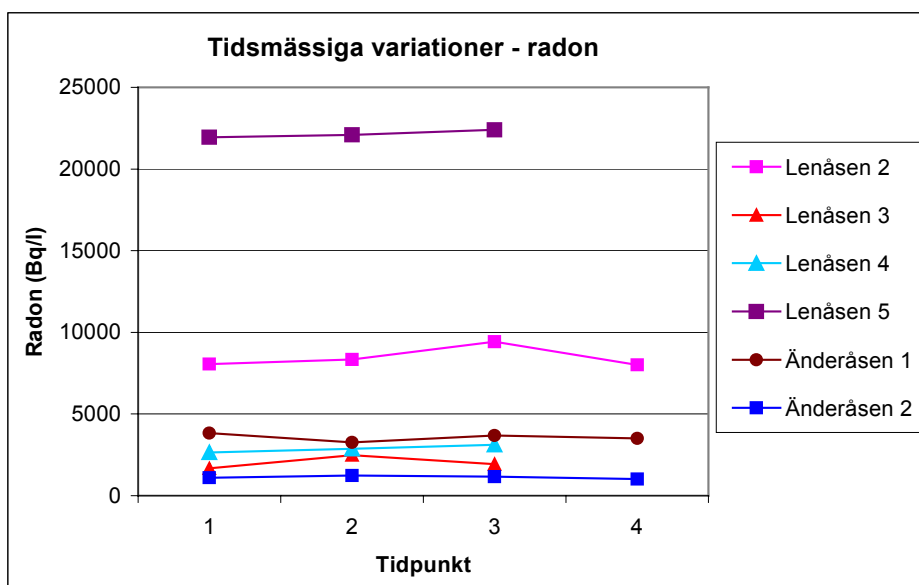
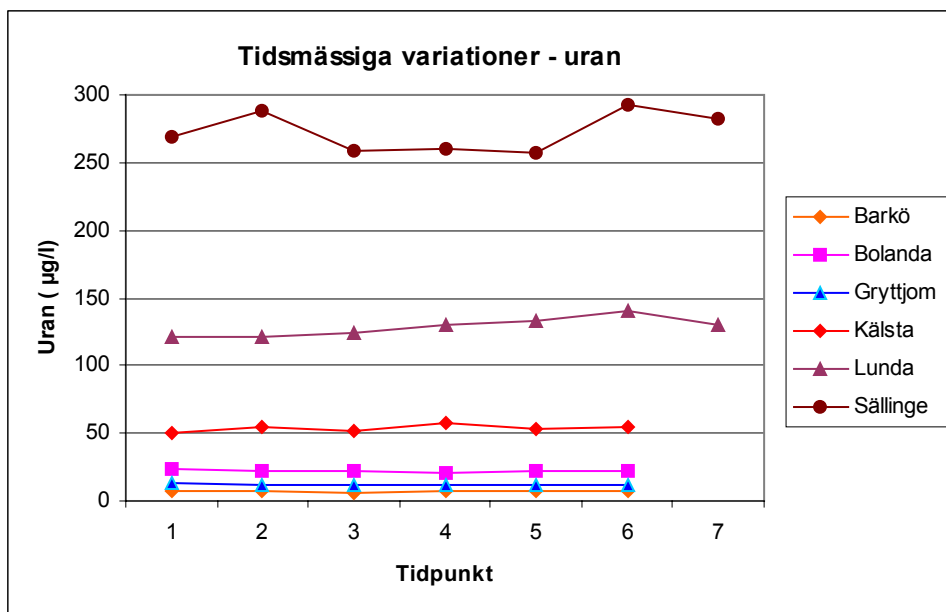
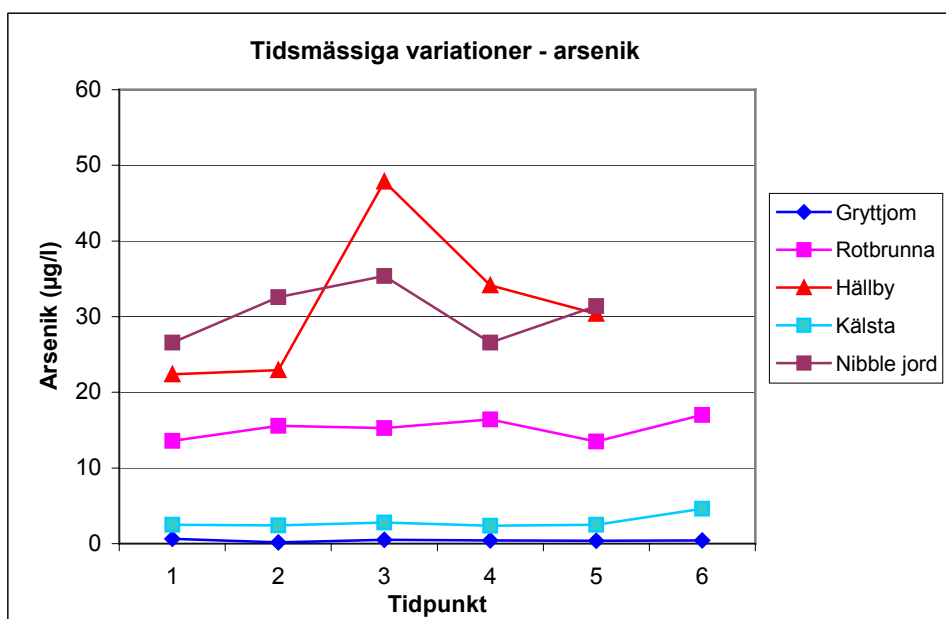


Fig. 2. Radonhalt i råvattnet från sex borrade brunnar i Dalarnas län provtagna under 2005 och 2006. Dessa brunnar har även förhöjda till mycket höga halter av uran och /eller radium.



Figur 3. Uranhalt i råvattnet från sex borrade brunnar i Uppsala län provtagna vid sex eller sju tidpunkter under maj till november 2005.



Figur 4. Arsenikhalt i råvattnet från fem borrade brunnar och en jordbrunn i Uppsala län provtagna under maj till november 2005.

Adresser till externa föredragshållare och projektansvariga

Patrice Christmann, EuroGeoSurveys, the Association of the European Geological Surveys,
Luxemburg Street 3, B-1000-BRUSSELS (Belgium)

Leif Johansson & Erik Eneroth, Lunds universitet. Geologiska Inst, Sölvegatan 12, 22362 Lund

Jan Erik Lindqvist & Katarina Malaga. SP Byggnadsteknik, Box 857, 50115 Borås

Sofie Lindström, Lunds Universitet, Geologiska Inst, Sölvegatan 12, 22362 Lund

Niklas Linde, Uppsala Universitet, Inst för Geovetenskaper, Villavägen 16, 75236 Uppsala

Stefan Löfgren, Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst för Miljöanalys, Box 7050, 75007 Uppsala

Christer Nordlund, Torgny Segerstedt Pro Futura Fellow, Swedish Collegium for Advanced Study,
Linneanum, Thunbergsvägen 2, 752 38 Uppsala

Mats Rundgren, Lunds Universitet, Geologiska Inst, Sölvegatan 12, 22362 Lund

Martin Tondel, Linköpings Universitet, Avd för Yrkes- och Miljömedicin, 58185 Linköping

Björn Öhlander, Luleå Tekniska Universitet, Avd för Tillämpad Geologi, 97187 Luleå

Adresser till föredragshållare och projektansvariga från SGU

Stefan Bergman, Anders Carlstedt, Britt-Marie Ek, Lena Persson, Magnus Ripa Lars-Kristian Stölen,
Box 670, 751 28 Uppsala

Fredrik Klingberg, Tore Påsse, Guldhedsgatan 5A, 413 20 Göteborg.

Kärstin Malmberg Persson, Charlotte Möller, Kiliansgatan 10, 223 50 Lund