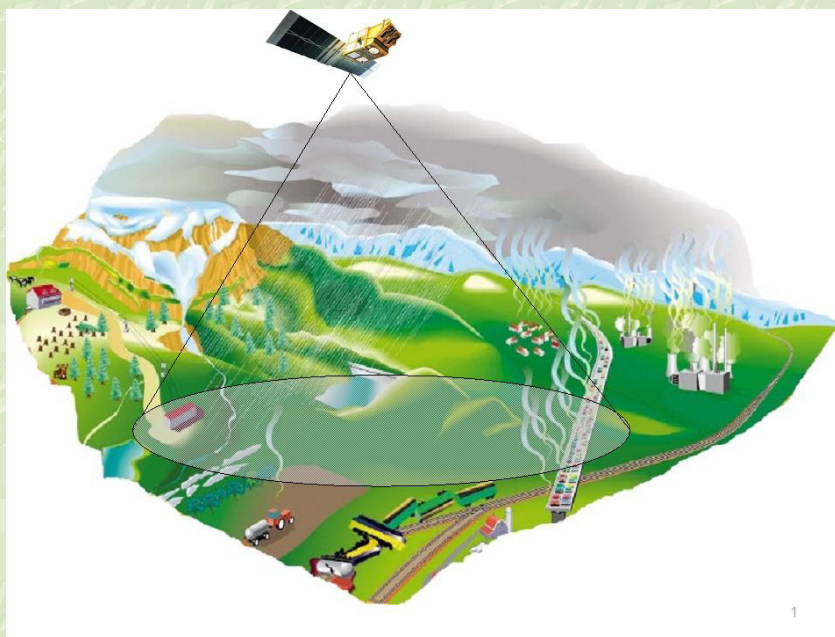




Sveriges geologiska undersökning

FoU-seminarium vid SGU
4 mars 2008

Dokumentation



FoU-seminarium vid SGU 4 mars 2008

SGU-rapport
2008:9

SGU-rapport
2008:9

FoU-seminarium vid SGU 4 mars 2008

Dokumentation

**Sveriges geologiska undersökning
Forskning och Utveckling**

SGU-rapport 2008:9

Förord

Årets FoU-seminarium har koncentrerats till en dag. Då redovisas projekt som dels härrör från Stödet till geovetenskaplig forskning, dels egenfinansierad FoU. Forskningsresultat dokumenteras och kan läsas på SGUs webbsida www.sgu.se.

SGU har till uppgift att stödja tillämpad forskning och riktad grundforskning vid universitet och högskolor inom det geovetenskapliga området. SGU tilldelades ett sådant ansvar i regeringens forskningspolitiska proposition (1989:90:90). Stödet uppgår idag till ca 5,3 miljoner kr. 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. Finansiering av yngre forskare och kvinnliga forskare bedöms som viktig. Målsättningen är att långsiktigt och systematiskt bygga upp kompetens och kunskap av betydelse för användning av geologisk information i samhället.

För 2008 inlämnades 36 nya ansökningar på totalt 14 miljoner kr, vilket visar på den stora betydelse stödet har inom forskarvärlden. Av dessa beviljades 17 projekt vid universitet och högskolor forskningsmedel från SGU. Intresset för stödet är liksom tidigare jämnt fördelat över berörda universitet och högskolor i landet men som tidigare är översökningen betydande.

Tre forskningsprojekt inom ramen för detta stöd har slutförts under året och har dokumenterats i särskilda rapporter. Sju projekt har fått uppskov med slutredovisning. Antalet projekt som slutredovisas varje år varierar genom att projekt kan löpa på ett, två och tre år, vilket medför att slutrapporterna kan bli relativt få ett år men desto fler efterföljande år. För pågående projekt inlämnas lägesrapporter. Samtliga slutförda projekt har lett till värdefulla resultat och har kunnat implementeras i verksamheten. Ett 30-tal projekt avslutade 2004–2007 kommer att utvärderas under 2008.

SGUs egenfinansierade forsknings- och utvecklingsverksamhet har bedrivits inom ett särskilt program sedan budgetåret 1989/90. Verksamheten bedrivs i projektform efter ansökan från enskilda medarbetare. Bedömning görs av en forskningsgrupp bestående av fackenheternas enhetschefer. För 2008 inlämnades 45 ansökningar på totalt 7,6 miljoner kr. Av dessa beviljades 33 projekt om sammanlagt 5,3 miljoner kr. Fokusering sker på utveckling och implementering av ny kunskap och nya metoder, processer, system och produkter i SGUs verksamhet vilket ska medföra ökad produktion av geologisk information och säkerställa en bred praktisk användning. Ett flertal geologiska problemställningar uppkommer i samband med SGUs ordinarie karteringsverksamhet vilka söker lösning. I vissa fall genomförs även en långsiktig satsning på frontforskning, där speciell kompetens finns inom SGU. Vidare fokuseras på miljö- och industriellt relaterade problemställningar samt ett hållbart nyttjande av landets mineral- och grundvattenresurser.

Samverkan är av stor vikt och SGU har löpande formella och informella kontakter med universitet och högskolor. Denna samverkan säkerställer hög kvalitet och ett positivt kunskapsutbyte inom forskningsverksamheten och att kunskapsutbyte sker.

Upplysningsvis kan nämnas att en forsknings- och innovationsstrategi på uppdrag av regeringen har utförts under 2007. Strategin utgör underlag för regeringens forskningspolitiska proposition som överlämnas till riksdagen under 2008.

Enligt SGUs bedömning bör ökad fokusering göras på ett par områden som har strategisk betydelse:

Hållbar utveckling avseende utnyttjande av naturresurser – ökad efterfrågan måste balanseras mot behov av skydd och vård av miljön

Strategiska geovetenskapliga FoU-insatser/ FoU-områden:

- Grundläggande kunskaper om förekomster/tillgångar, bildningssätt, geovetenskapliga och mineralbildande processer. Planering, klassificering och prioritering av naturresurser, inkl. risker och materialegenskaper.
- Ökad kunskap om vattenresurser och vattenkvalitet samt geotermi, koldioxidlagring, värmeledning och bränsleproduktion. Utvärdering av nationella tillgångar, möjligheter till utnyttjande och miljökonsekvenser. Förorenad mark, strategisk analys och miljökonsekvenser; livscykelanalyser.

- Uppbyggnad av databaser ur vilka underlag för forskning kan hämtas avseende naturresurser och georelaterade objekt i samband med infrastrukturarbeten, täkt-, stenbrotts- och gruvverksamhet, i grundvattenförekomster etc. Datahantering, visualisering, tolkning, djupmodellering 3–4D, t.ex. malmförande områden samt tätorter.

Klimatrelaterade problem – geovetenskapens bidrag till lösning

Strategiska geovetenskapliga FoU-insatser/FoU-områden:

- Ökad kunskap om paleoklimatet, snabbhet och omfattning av förändringar, påverkan på mark och vatten, dvs. geovetenskapliga förutsättningar, även materialegenskaper samt avseende ras, skred, översvämningar, erosion/stranderosion, vattenkvalitet, farliga ämnen, förorenade områden/mark, deponiläckage. Transport, spridning och deponering av olika ämnen/material.

Uppsala 2008-03-20

Lars Persson

Olle Selinus

Dag Fredriksson

Adresser till externa föredragshållare:

Helena Alexanderson, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås, Norge

Ingemar Borgström, Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm

Anders Grimvall, Avd för statistik, Matematiska Inst., Linköpings Universitet, 581 83 Linköping

Mark Johnsson, Göteborgs universitet, Geovetarcentrum, Box 460, 405 30 Göteborg

Per-Arne Lindqvist, Luleå Tekniska Universitet, Inst. för Kemi och Geovetenskap, 971 87 Luleå

Vivi Vajda, Lunds Universitet, Geologiska Institutionen, Sölvegatan 12, 223 62 Lund

Urban Åkesson, Luleå Tekniska Universitet, Inst för Kemi och Geovetenskap, 971 87 Luleå

Mats Åström, Kalmar högskola, Inst för Biologi och Miljö, 391 82 Kalmar

Omslagsbild från: www.EuroGeoSurveys.org

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 4 mars 2008

Ordförande: Lars Persson

- 09.00–09.10 ÖPPNING
Lars Persson, Verksamhetschef, Forskning och Utveckling SGU
- 09.10–09.55 Effects of the Chicxulub asteroid impact on terrestrial ecosystems – palynology across the Cretaceous-Paleogene boundary, New Zealand
Vivi Vajda, Lunds Universitet
- 09.55–10.20 Föreläsning i Bryozokalksten – identifiering av bildningsprocesser, klassificering och koppling till fysikaliska egenskaper
Mikael Erlström, SGU
- 10.20–10.35 KAFFE

Ordförande: Olle Selinus

- 10.35–11.00 Microscope rock texture characterization and simulation of rock aggregate properties
Urban Åkesson och Per-Arne Lindqvist, Luleå Tekniska Universitet
- 11.00–11.25 Utveckling av algoritm för beräkning av skredförutsättningar
Kerstin Johansson, SGU
- 11.25–11.50 Det internationella geokemiprojektet Northern Europe Geochemistry (NEG)
Kaj Lax, SGU
- 11.50–12.30 LUNCH

Ordförande: Dag Fredriksson

- 12.30–12.55 Datering av isavsmältningen med SGUs databas över högsta kustlinjen
Tore Påsse, SGU
- 12.55–13.20 Quaternary Lithostratigraphy and dating, Middle Swedish End Moraine Zone, Västergötland
Mark Johnsson, Göteborgs universitet
- 13.20–13.45 Preglaciala, glaciala och periglaciala jordar och landformer i södra Härjedalen och norra Dalarna
Ingemar Borgström, Stockholms Universitet
- 13.45 - 14.10 Optiskt stimulerad luminescensdatering (OSL) av nedslingshistorien under Weichsel i södra och Mellersta Sverige
Helena Alexanderson, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås, Norge
- 14.10–14.25 KAFFE

Ordförande: Olle Selinus

- 14.25–14.50 Inverkan av svenska och finländska sulfatjordar på metallhalter i bäckar
Mats Åström, Kalmar högskola
- 14.50–15.15 Verktyg för analys av regionala trender i grundvattnets beskaffenhet
Anders Grimvall, Linköpings Universitet
- 15.15–15.40 Arbetsmodell för kemisk karakterisering av grundvattenmagasin och tillrinningsområden
Lars-Ove Lång och Olof Johansson, SGU
- 15.40–16.05 Samverkan mellan Pesticiddatabasen vid SLU och DGV-databasen vid SGU
Linda Ahlström och Magdalena Thorsbrink, SGU
- 16.10 DISKUSSION / AVSLUTNING

Effects of the Chicxulub asteroid impact on terrestrial ecosystems – palynology across the Cretaceous-Paleogene boundary, New Zealand

VIVI VAJDA, GeoBiosphere Science Centre, Lund University

Background

As a result of an asteroid impact at the Yucatan peninsula, Mexico, 65 million years ago, the Earth experienced a global extinction event so large that it has become recognised as the marker horizon between the Mesozoic and the Cenozoic eras (Alvarez 1980). The so called Chicxulub impact caused sudden and widespread mass-extinction among various planktic and nektic protists and invertebrates together with the marine reptiles, terrestrial dinosaurs and land plants.

The boundary is globally marked by an anomaly in iridium, chromium, nickel and other elements. Palynology has served as an important tool in localizing the Cretaceous-Paleogene (K-T) boundary in North American terrestrial sedimentary sections since the 1980s and it is well known that a severe disruption of the flora and extinction of angiosperms characterizes the K-T boundary in these Northern Hemisphere sections (Nichols 2002 and references therein). However, results on the effects on Southern Hemisphere plant communities have hitherto been lacking. The aim of this project has been to identify the K-T boundary in both terrestrial and near shore marine environments by high resolution palynological investigations in order to assess the consequences of the Chicxulub impact on Southern Hemisphere plant communities.

Methods

Three exposures and three drill-cores spanning the K-T boundary were investigated, all from Southern Island New Zealand including the Cretaceous-Paleogene nonmarine exposures at Moody Creek Mine, Compressor Creek and mid-Waipara (Fig. 1). Initial coarse palynostratigraphic surveys were progressively refined to provide the highest-resolution possible. Over 400 samples were processed for palynology and counted for pollen and spores. Selected samples were subjected to geochemical analyses such as REE, Mössbauer and stable isotopes.

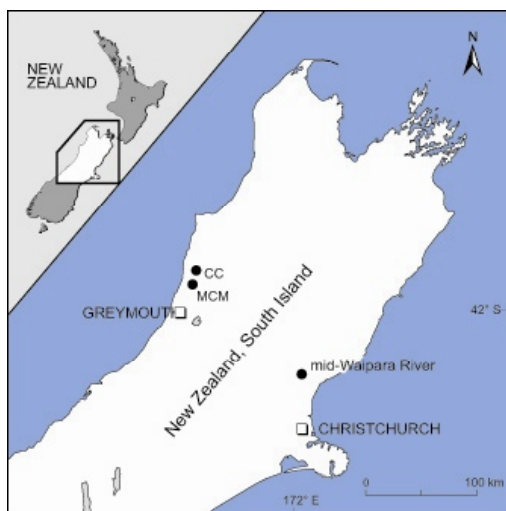


Fig. 1. Location of the sampled sites, Moody Creek Mine (MCM), Compressor Creek (CC) and the mid-Waipara river section.

Result and conclusion

Totally c. 120 pollen-spore species were identified in the samples and the composition of these assemblages reveal an instant and dramatic mass-kill of the land plants in close association with the Cretaceous-Paleogene boundary event (Vajda et al. 2001; Vajda & Raine 2003). Initial coarse palynostratigraphic surveys were progressively refined to provide the highest-resolution studies of the KT boundary yet carried out in the Southern Hemisphere and these, more detailed studies revealed that the diverse Cretaceous palynoflora was replaced by a thin layer of fungal spores coincident with an iridium anomaly (Vajda & McLoughlin 2004, 2007) providing direct evidence that photosynthesis was briefly shut down when sunlight was blocked by dust and sulfur aerosols produced by the impact in Yucatan. Fungi, being non-photosynthetic, could thrive on the dead biomass in the aftermath of the Chicxulub impact. This also provides strong indications that fungi may play a larger role in the global carbon cycle than previously considered and their activity in the wake of the impact event may have been important in normalizing atmospheric conditions and providing a continuing food source for the surviving terrestrial fauna.

The turnover in the palynoflora is followed by a recovery succession, the most prominent feature of which is an interval dominated by fern spores (fern spike) starting at the boundary in the three sections studied (Fig. 2). The duration of the period of fern-dominance is here calculated to have lasted for several thousand years, based on sedimentation rates calculated from foramineral data. This time-span is orders of magnitude greater than seen in normal seral successions following deforestation. It is argued that, whereas low ambient light levels initially favoured communities dominated by pioneering free-sporing plants (ferns and bryophytes), other environmental variables relating to the suppression of seed stocks or seedling growth



Fig. 2. Modern New Zealand fern, analogue to the species representing the pioneer vegetation after the K-T event. Left corner: fossil, 65 million year old fern spores from New Zealand Paleogene sediments

were probably responsible for the long interval required for re-establishment of gymnosperm- and angiosperm- dominated vegetation. In New Zealand, the devastated vegetation recovered slowly, many of the latest Cretaceous taxa reappearing higher in the succession following their absence in the lowermost Paleocene. Species-level extinction rate at the K-T boundary is below 15%, although more extensive biostratigraphic studies are needed to confirm this. Based on the pollen assemblages and leaf fossil physiognomic studies, the Early Paleocene climate was cooler than the latest Cretaceous, perhaps reflecting long-term consequences of the impact.

A genuinely global crisis is needed to explain the world-wide extinction of the non-avian dinosaurs, and the palynological record appears to support the idea that general food chain collapse following cessation or reduction of photosynthesis is a valid explanation for the observed patterns

of terrestrial vertebrate extinctions. A likely scenario involves worldwide food chain collapse leading to the extinction of large herbivores and subsequently of the carnivores, which preyed on them.

The present palynological, stable-isotope and Mössbauer spectroscopy collaborative research continues to complete the geographic picture of K-T biological turnover based on a wide range of global sections.

References

- Alvarez, L.W., Alvarez, W., Asaro, F. & Michel, H.V., 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous Tertiary extinction. *Science* 208, 1095–1108.
- Nichols, D.J., 2002. Palynology and palynostratigraphy of the Hell Creek Formation in North Dakota; a microfossil record of plants at the end of Cretaceous time. *GSA Special Paper* 361, 393–456.
- Vajda, V., Raine, J.I. & Hollis, C. J., 2001: Indication of global deforestation at the Cretaceous–Tertiary boundary by New Zealand fern spike. *Science* 294, 1700–1702.
- Vajda, V. & Raine, J.I., 2003: Pollen and spores in marine Cretaceous/Tertiary boundary sediments at mid-Waipara River, North Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 46, 255–273.
- Vajda, V. & McLoughlin S., 2004: Fungal Proliferation at the Cretaceous-Tertiary Boundary. *Science* 303, 1489.
- Vajda, V. & McLoughlin, S., 2007: Palynofloristic extinction and recovery patterns across the Cretaceous-Paleogene boundary – a tool for unraveling the causes of the end-Permian mass-extinction. *Review of Paleobotany and Palynology* 144, 99–112.

Förkislning i bryozokalksten – identifiering av bildningsprocesser, klassificering och koppling till fysikaliska egenskaper

MIKAEL ERLSTRÖM, SGU

I samband med schaktningar, tunnelarbeten, borrningar m.m. i danienberggrund i Sydvästskåne har frågeställningar dykt upp som bland annat rör definitionen av flinta och förkislad kalksten. De gradvisa övergångarna mellan ljusgrå kalksten med låga kiselhalter till grå–mörkgrå kraftigt förkislad kalksten och svart ”typisk” flinta gör klassificeringen svår. En korrekt klassning av förkislad kalksten och flinta och dess egenskaper har stor betydelse för genomförandet av större entreprenader i berggrunden, exempelvis byggandet av Citytunneln i Malmö. Slitage på anläggningsmaskiner är påtaglig i de kraftigt förkislade och flinrika avsnitten varför en likformig och hållbar klassning i samband med förundersökningar och vid byggandet har stor ekonomisk betydelse. Det övergripande syftet med projektet har därför varit att med utgångspunkt från texturella, fysikaliska, kemiska och mineralogiska egenskaper ta fram ett underlag för en bättre definition av flinta och förkislad kalksten.

Undersökningen har omfattat analys av Limhamnsledets och Köpenhamnsledets kiselrika bergarter från Citytunnelns schakt vid Malmö Central. Fyra olika bergartstyper har undersökts (F1); bryozokalksten utan synlig förkislning, (F2); grå–mörkgrå flammig förkislad kalksten–flinta? (fig. 1B, 1D), (F3); oregelbunden småknölig svart ”flinta” med vit krusta, (F4) homogen svart ”flinta” med vit krusta (fig. 1A, 1C). Av varje typ

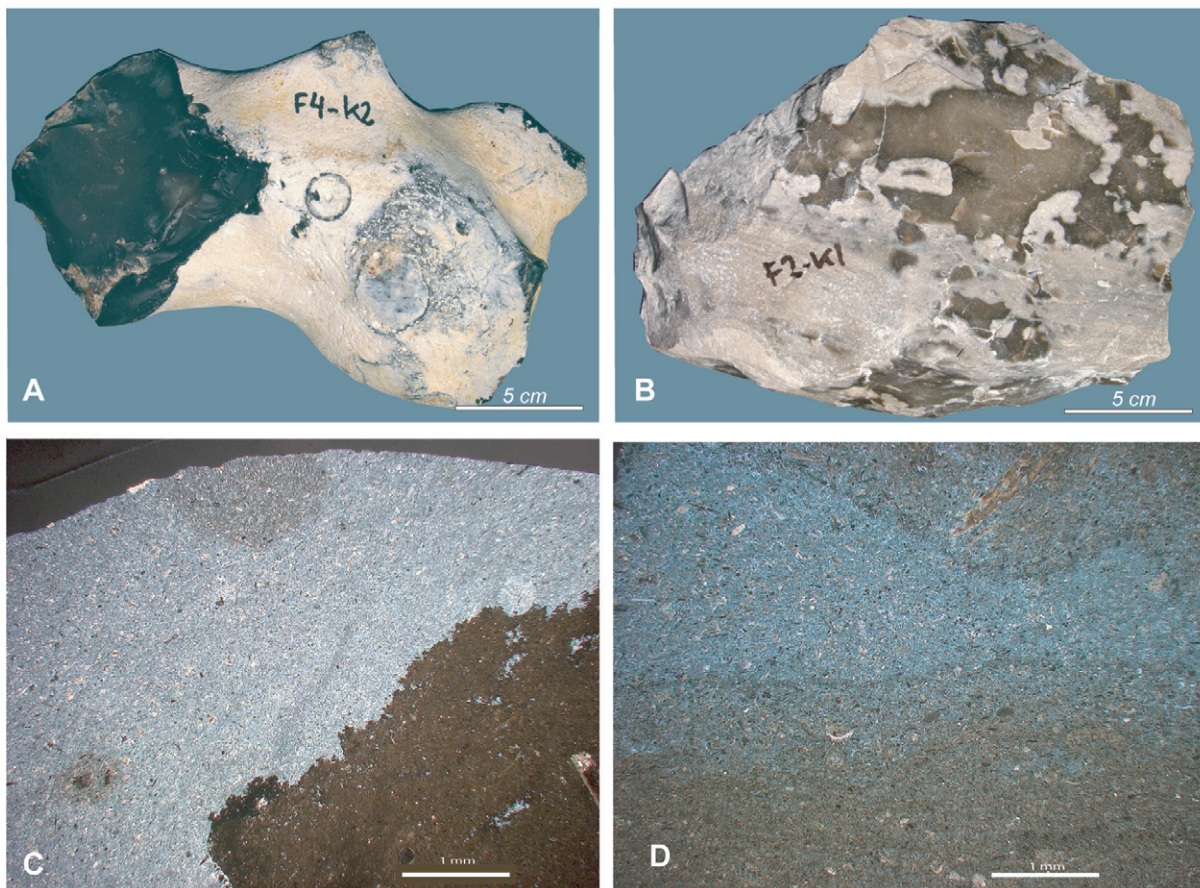


Fig. 1. A: Svart flinta från Limhamnsledet (provtyp F4). B: Grå och gråsvart flammig ”karbonatflinta” från Köpenhamnsledet (provtyp F2). C: Svart flinta (provtyp F4), mikrotexturellt utseende. Homogen mikrokristallin kvarts omgiven av brun tät mikritisk kalksten, XPL. D: Oregelbunden förekomst av mikrokristallin kvarts uppblandad med karbonat i (provtyp F2), XPL.

Tabell 1. Sammanställning av undersökningsresultat.

Prov	Kiselhalt [%]	XRD-Raman	Tekniska egenskaper*	Benämning
	<i>Bedömd+analyserad</i>			
F1-gråvit	3–5%	Kalcitdominerat med en liten andel opal CT	D: 2,55 A _N : 30,5 M _{DE} :26,2 LA:25,2 SI:28,5	Förkislad kalksten
F2-ljusgrå	60–70	Opal CT>kvarts>kalcit	<i>Blandprov F2</i> D: 2,57 A _N : 8,5 M _{DE} :4,8 LA:16,5 SI:25,5	Karbonatrik flinta ”karbonatflinta”
F2-mörkgrå	70–80	Kvarts=opal CT>>kalcit>>dolomit		
F2-flammig grå	60–70	Kvarts>opal CT>>kalcit		
F2-svartgrå	75–85	Kvarts>opal CT>>kalcit		
F3-vit krusta	50–60	Opal CT>kvarts		—
F3-svart	90–95	Kvarts>>Opal CT. Mkt liten andel kalcit	D: 2,57 A _N : 11,6 M _{DE} :9,8 LA:19,4 SI:35	Flinta
F4-svart	>95	Kvarts>opal CT	D: 2,57 A _N : 5,4 M _{DE} :2,4 LA:25,2 SI:35	Flinta
F4-vit krusta	90–95	Opal CT>>kvarts	—	Flinta

*D: densitet (g/cm³), A_N: kulkvarnsvärde (%), M_{DE}: Micro Deval värde (%), LA: Los Angelesvärde (%), SI: kornform

insamlades 75–100 kg material för bergtekniska analyser, mikroskopering, kemiska analyser, XRD och laser-Ramanspektroskopi.

Flinta och förkislad kalksten förekommer i berggrund av krita och paleocen ålder tillhörande Krusebergsledet (övre maastricht), Limhamnsledet (undre–mellersta danien) och Köpenhamnsledet (övre danien) i Sydvästskåne. Flinta och förkislad kalksten förekommer även i kretaceisk berggrund i Kristianstadbassängen, Hanöbassängen, södra Kattegat och Båstadsområdet. I djupborrningar genom den undre delen av Höllvikenformationen i Sydvästskåne påträffas även flinta i den s.k. Arnagerkalkstenen (coniac–turon). Flinta och förkislad kalksten påträffas i en mängd olika former. I Krusebergsledet och Limhamnsledet är det vanligast att förkislagen förekommer som svarta knölar i oregelbundna lager medan de i Köpenhamnsledet förekommer som mörkgrå lateralt mer uthålliga och tjockare lager.

Termen flinta anses som en nationell beteckning på en hård kiseldominerad bergart. TNC anges följande definition ”bergartsmassa som huvudsakligen består av mikrokristallin eller kryptokristallin kvarts karakteriserad av extrem hårdhet, täthet, matt yta samt mussligt brott”. I definitionen anges inga procentsatser eller gränsvärden för klassificeringen. Gränsdragningen mot förkislad kalksten är inte definierad.

Analyserna visar att de mörkgrå och svarta proven (provtyper F2–F4, tabell 1) domineras av kryptokristallin kvarts (kalcedon) med en obetydlig andel tridymit/krixbalit, medan de ljusare karbonatrikare proven och vita krustorna (provtyper F1–F4) innehåller förutom kalcit även en hög andel tridymit/kristobalit, dvs. opal CT jämfört med kalcedon.

De tekniska analyserna visar att den svarta flintan (provtyp F3 och F4) har A_N- och M_{DE}-värden (5,4 respektive 2,4 %) (tabell 1) fullt jämförbara med de för kvartsit. Även de grå–mörkgrå flammiga proven (provtyp F2) och det heterogena provet (provtyp F3) uppvisar goda A_N-värden. Samtliga kiselrika prov har även låga Los Angelesvärden (tabell 1) som är jämförbara med traditionella bergmaterial som granit, granodiorit, tonalit m.fl. Även kvartsit är vanligtvis sprödare än detta projekts bergarter. Den traditionella bilden av flintan som ett tämligen sprött material bör inte användas vid uppskattning av Los Angelesvärde utan vidare. Begreppet flintans ”sprödhet” bör istället appliceras på dess snabba uppsprickning vid mycket kraftiga belastningar. F3- och F4-proverna erhöll relativt höga kornformsindex (SI) vilket visar på den ogynnsamma aggregatgeometrin som erhålls vid traditionell krossning av flintmaterial.

Utfälld kiselsyra i karbonatbergarter av den typ som finns i Malmö har bildats genom omvandling av biogen amorf kiselsyra från döda organismer med kiselupbyggda skal eller skelettdelar t.ex. radiolarier och spongier. Den amorfa kiselsyran omvandlas genom dehydrering till opal CT och kalcedon. Förkisligen är knuten till nerbrytning av organiskt material och förändring av pH och Eh i sedimentet strax efter avsättning. Låg löslighet av kisel vid låga pH leder till utfällning av kisel kring organiskt material. Den utfällda kiselsyran ersätter successivt karbonatet kring dessa kristallisationskärnor eftersom karbonat har en hög löslighet vid låga pH. Ofta sker anrikning av kiselsyra i anslutning till grävgångar, som bildats av t.ex. sjöborrar och krabbor. Ju finkornigare omgivande sediment är desto mer anrikad blir den utfällda kiselsyran i gångar och hålrum. I porösare och permeablare sediment är det vanligare med en mer diffus förkisligen. Färgen och renheten på flintan är också den beroende på bildningssedimentets porositet och kornstorlek.

Kemiska analyser visar att svart flinta har en kiseloxidhalt på >90 % medan de gråare varianterna har halter mellan 50 % och 90 % beroende på hur stor karbonatinblandningen är. Den sistnämnda varianten bör förslagsvis istället för flinta benämnas karbonatrik flinta eller ”karbonatflinta” för att markera den kemiska och texturella skillnaden mellan de båda. De tekniska analyserna har visat att både den svarta flintan och den gråare ”karbonatflintan” har likartade egenskaper. Anläggningstekniskt är karbonatflintan svårare att bearbeta p.g.a. dess förekomst i uthålligare och tjockare lager samt att förkisligen redan vid kiseloxidhalter på 50–60 % resulterar i en kraftig ökning av såväl hållfasthet som nötningsmotstånd. Samverkan mellan karbonat och heterogen förkisligen tycks armera bergarten och ge karbonatflintan en högre motståndskraft för mekanisk påverkan och mindre benägenhet att splittras vid mekanisk påverkan jämfört med den svarta flintan.

Med utgångspunkt från undersökningsresultaten föreslås därför att termen flinta ska användas när kiselhalten överstiger 90 %, karbonatflinta när halten är mellan 50 och 90 % samt förkislid kalksten när halten utfälld kiselsyra understiger 50 %. Med hjälp av terminologin kan bergklassning och bergartsbedömning i samband med entreprenader i likartad berggrund som den i Malmö göras på ett mer säkert och hållbart sätt.

Sammanfattning och slutsatser från projektet:

Microscope rock texture characterization and simulation of rock aggregate properties

URBAN ÅKESSON, CBI Betonginstitutet AB

PER-ARNE LINDQVIST, Luleå Tekniska Universitet

Syftet med detta projekt har varit att utveckla ett nytt angreppssätt att undersöka bergkvalitet. Idén har varit att försöka kombinera kvantitativ mikrostruktur analys av bergarter med avancerade datorsimuleringar. Kvantitativ mikroskopi och bildanalys är mycket bra metoder för att bestämma bergets mikrostrukturella parametrar. Ett problem som funnits är dock att kunna beskriva hur dessa tillsammans påverkar bergkvaliteten. Målet med detta projekt är att försöka göra detta genom att ta datorsimulering till hjälp.

Två modeller har utvecklats i projektet: en mikrostrukturmodell och en mikromekaniskmodell. Den mikrostrukturella modellen utgår ifrån en bild av den analyserade bergartens mikrostruktur. Varje mineral blir ett element i modellen och det läggs mineralets tryckhållfasthetsvärde, e-modul och poissonstal. Även mikrosprickor läggs in som en elementtyp. Den mikromekaniska modellen är en statistisk modell som baseras på storleksfördelningen hos provets mikrosprickor.

De bergmekaniska provningar som simulerats är: enaxligtryckhållfasthet, Indirekta dragförsök på borrkärna och enskilda partiklar, samt en simulering av ett krosskammartest (Dutch static compressive test). Resultaten från simuleringarna visar att relativt god korrelation mot laboratorieförsöken. De skillnader som finns mellan simuleringarna och laboratorieförsöken kan till stor del förklaras med att vissa mikrostrukturella parametrar inte i dagsläget varit möjliga att ta med i modellen. Ett exempel är omvandlingsgraden hos fältspater, vilket har mycket stor inverkan på bergets mekaniska egenskaper.

Undersökningen visar att det är den sammantagna effekten av mikrostrukturegenskaper som inverkar på bergkvalitet. En eller några få parametrar kan inte ensamma förklara bergets mekaniska egenskaper. Arbetet visar också att fördelningen av storlek på mikrosprick i berget har stor inverkan.

Projektet har hjälpt oss att öka förståelsen för hur ett bergamaterial beter sig vid mekanisk påverkan och att en kombination av kvantitativ mikroskopi och datorberäkningar med den använda datorprogrammet har stora förutsättningar att bli ett viktigt hjälpmedel för ökad förståelse för samband mellan geologiska och mekaniska egenskaper hos berg och ett verktyg för kvalitetsbestämning av bergmaterial.

Utveckling av algoritm för beräkning av skredförutsättningar

KERSTIN JOHANSSON*, ARI TRYGGVASSON**, MATS ENGDAHL* I SAMARBETE MED KENNETH AXELSSON**

* SGU, ** Uppsala universitet

Vid beräkning använder algoritmen en given kritisk vinkel bestämd för skredförutsättningar för fina jordarter till 10 grader. Varje pixel inom varje område som består av finkoniga jordar, vilka är ovanför den kritiska vinkeln, klassificeras att utgöra områden där förutsättning för initalskred finns.

Område

För att undersöka möjligheten att överföra den ursprungliga modellen utvecklad för detaljerad jordartsinformation (skala 1:50 000) till mer översiktlig jordartsinformation (skala 1:100 000) valdes ett område i Västsverige där jordartsinformation finns i både lokal och regional skala.

Topografi

Höjddata framtagen genom digitalisering av ekonomiska kartans höjdkurvor med en ekvidistans av meter. Denna metod användes inom NAKASE-projektet SGI m.fl., 2001, Viberg et al, 2002. Utifrån dessa linjer interpolerades ett detaljerat höjddgrid.

Jordarter

Vid tidigare arbeten med skredalgoritmen har omtolkning av jordartskartan skett. Vissa jordarter medger en direktklassning till skredförutsättningsjordart. Vissa företeelser, ex. torv har hittills bearbetats genom manuell tolkning och omkodning. Detsamma har gällt jordarter under vatten vilka redovisas på jordartskartan som vatten. Inom detta projekt har studerats möjligheten att utföra omklassningen av jordartskartan genom en helt automatisk omkodning. Metod för en omklassning av jordartskartan, bästa scenario (bc), värsta scenario (vc) ur perspektivet skredförutsättningsbar jordart har tagits fram. Två klasser levereras till algoritmen:

- finkornig jordart eller jordart med motsvarande fysikaliska egenskaper
- icke finkornig jordart

Metodik – algoritm

Algoritmen baserar sig på principen att ”sänka” all pixlar, vilka är belägna ovanför den kritiska linjen, ner till den linjen (fig 1). Processen utförs iterativt där alla pixlar inom områden med finkorniga jordart utgör startpunkter. Varje pixel som successivt kommer att befinna sig över den kritiska linjen kommer att klassificeras

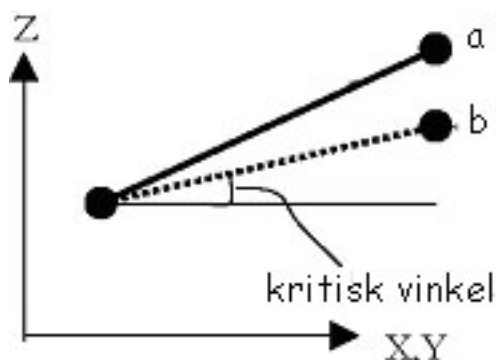


Fig 1. En punkt som befinner sig högre än den kritiska vinkeln ovanför någon av de omliggande punkterna justeras ner till den kritiska vinkeln.

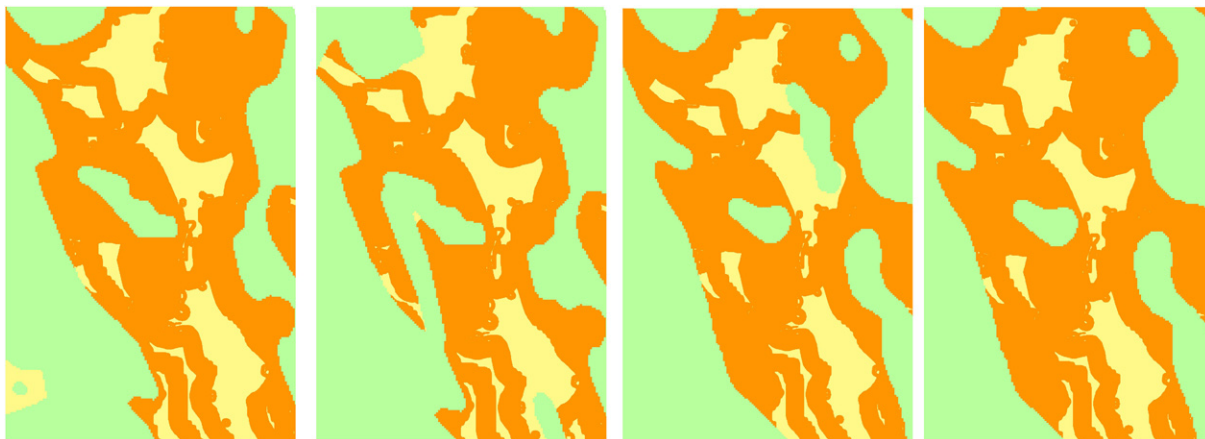


Fig 2. Skredförutsättningar efter automatiskt genererad omklassning av jordartsdata från vänster; lokal skala–bästa scenario, lokal skala–värsta scenario, regional skala–bästa scenario och regional skala–värsta scenario. Röda områden visar områden med finkorniga jordarter där förutsättningar för initialscred finns. Gult är områden med finkorniga jordarter där förutsättningar för initialscred saknas. Grönt är stabila jordarter.

som att förutsättning för initialscred finns. Varje sådan pixel jämförs med sina grann-pixlar inom ett ”analysfönster”. När analysen har utförts inom hela ”analysfönstret” flyttas fönstret ett steg åt sidan och processen börjar om. Processen fortsätter tills alla pixlar inom områden med finkorniga jordarter är bearbetade och korrigerade så att alla pixlar har sänkts till den kritiska linjen. Alla pixlar inom finkorniga jordar vilka ursprungligen hade en position över den kritiska linjen klassificeras att tillhöra områden där förutsättning för initial skred finns.

Förutsättning för initialscred i finkorniga jordar

Beräkningar av skredförutsättningar visar på resultat för respektive klassningar (fig. 2). Variationerna mellan bästa och värsta scenario för risk för skredförutsättning är något mer ju mer detaljerad ursprungsinformation som används. De olika förutsättningar som hänförs till graden av generalisering och detaljeringsgraden hos det ingående jordartsdatasetet.

Referenser

- SGI, 2001: *Nationell översiktlig kartdatabas över skredförutsättningar i ler- och siltjordar (NAKASE), Utveckling av databasprototyp och förslag till produktion*. SGI Dnr 1-0005-0399. I samarbete med SGU, Lantmäteriet och Räddningsverket. Regeringsrapport, miljödepartementet.
- Viberg, L. Fallsvik, J. & Johansson, K., 2002: National map data base on landlide prerequisites in clay and silt areas – development of prototype. I R.G. McInnes & J. Jakeways (red.): *Instability, planning and management*.

Det internationella geokemiprojektet Northern Europe Geochemistry (NEG)

KAJ LAX, (KAJ.LAX@SGU.SE), SGU, R. SALMINEN & J. MÄKINEN (GTK, FINLAND), V. CHEKUSIN, L. SELENOK, O. TOMILINA & I. BOGATYREV (S/C MINERAL, RYSSLAND), A. GILUCIS (GEOPLUS LTD, LETTLAND), S. GLAVATSKIKH (ARCHANGELSKGEOLOGRAZVEDKA, RÉUNION, RYSSLAND), V. GREGORAUSKIENE (LGT, LITAUEN), V. PETERSELL (GSE, ESTLAND), C. REIMANN (NGU, NORGE)

Under årens lopp har geokemiska karteringsprojekt resulterat i ett stort antal nationella och internationella databaser. En sammanställning 1996 (Plant m.fl.) visade att det redan då fanns ca 120 olika regionala geokemiska databaser i Europa enbart. Trots detta är det ovanligt att data från ett land kan jämföras med data från ett annat; olikheter avseende provmedia, provbehandling samt parameterintervall och analysmetoder är ofta för stora. För att erhålla ett direkt jämförbart underlag krävs strikt kontroll av nyss nämnda parametrar, något som tillgodosågs i den nyligen avslutade geokemiska kartläggningen av Europa (Salminen m.fl. 2005). Denna s.k. Europas Geokemiska Atlas omfattar dock relativt få provpunkter (endast ett femtiotal över Sverige), vilket starkt begränsar tolkningsutrymmet i regional skala.

Ytterligare ett problem med det stora antalet regionala geokemiska databaser är att de ofta är relativt okända eller otillgängliga. Ett internationellt projekt startades därför 2005 för att skapa en metadatabas över geokemiska databaser i norra Europa. Geografiskt omfattar projektområdet ca 2,2 miljoner km² (förutom Sverige även Norge, Finland, Ryssland (nordvästra delen), Estland, Lettland och Litauen). Metadatabasen (som även kommer att innehålla en del publik information i form av analysdata med koordinater) finns tillgänglig på www.noreurgeoch.net, och innehåller information om analys av ca 90 000 olika prov och över 50 olika analysparametrar. Huvudsakliga provmedier är minerogena och organiska sediment (jordprov av olika slag), bäcksediment (organiska och minerogena), bäckvatten, samt terrestra mossor (s.k. husmossa).

Avsikten med projektet är tvåfaldig, förutom metadatabasen även att producera "nivellerade" eller "normaliserade" elementkartor baserade på sammanslagna databaser. Dessa kartor skall sedan ligga som grund

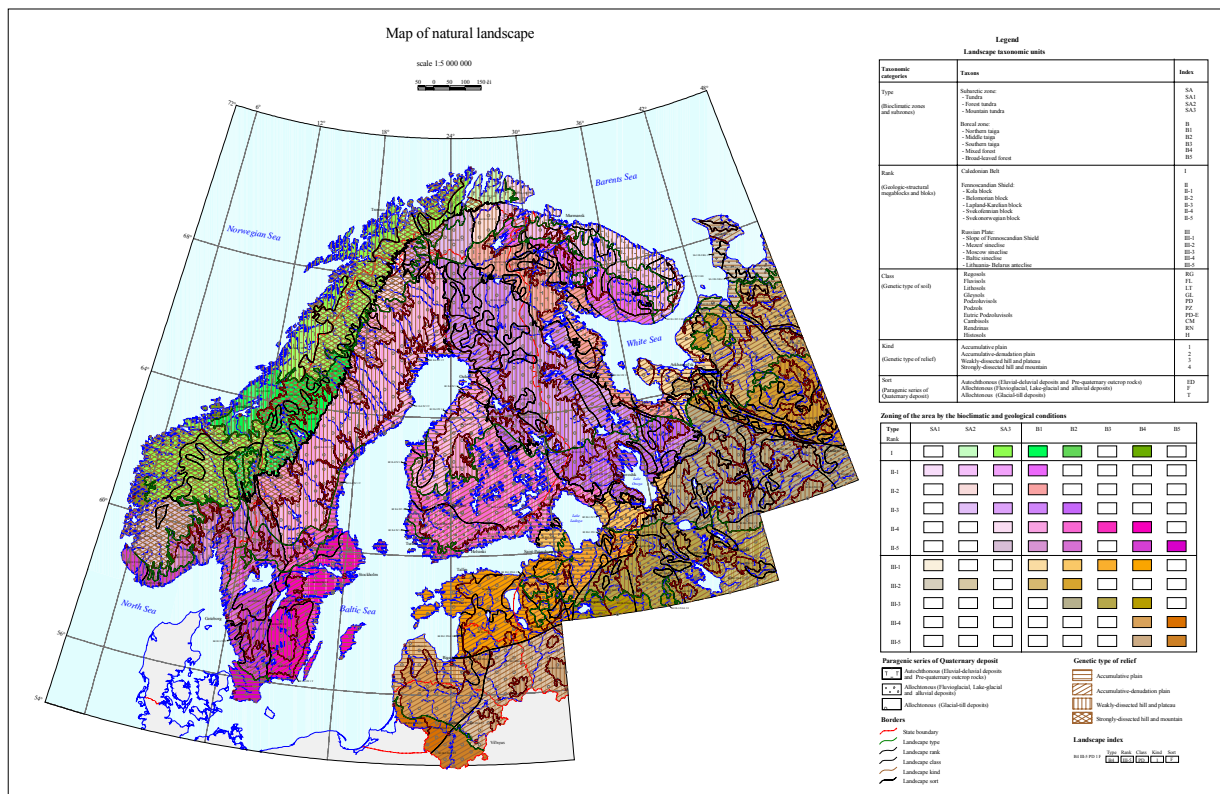


Fig. 1. Baskarta över "natural landscape".

för tolkning (i skala 1:5 000 000) ur dels ett ekogeokemiskt perspektiv, dels för att belysa prospekteringspotential. För att möjliggöra tolkning har även ett antal baskartor, t.ex. över mänsklig aktivitet och landskap (fig. 1) tagits fram. En atlas innehållande kartor och en del beskrivande text kommer att publiceras.

Referenser

- Plant, J.A., Klaver, G., Locutura, J., Salminen, R., Vrana, K. & Fordyce, F.M., 1996: Forum of European Geological Surveys (FOREGS) Geochemistry Task Group 1994–1996 Report. *British Geological Survey (BGS) Technical Report WP/95/14*, 52 s.
- Salminen, R. (red.), 2005: *Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and Maps*. Espoo: Geological Survey of Finland.

Datering av isavsmältningen med utgångspunkt från HK-värden

TORE PÄSSE & JOHAN DANIELS, SGU

Inledning

HK (högsta kustlinjen) bildades kontinuerligt vid iskanten vid inlandsisens avsmältning. HK-bestämningar utgör punktdata som ger lägesbunden nivåinformation, dvs. de geografiskt rumsliga parametrarna. Tidsparametern saknas däremot generellt i HK-informationen. Genom att kombinera SGUs HK-databas (skapad av Harald Agrell) med den beräkningsmodell för strandförskjutningen som utvecklats av Pässe & Andersson (2005) har varje enskilt HK-nivå kunnat omvandlas till en HK-datering. Genom denna metod har över tusen dateringar erhållits för isavsmältningsförloppet i Sverige. Dessa dateringar ligger till grund för en ny reviderad isavsmältningsskarta.

Utefter västkusten finns ett fåtal relativt tydliga israndlägen, som daterats med kol-14-analys på marina djur men också genom pollenanalys. Genom dessa dateringar är isavsmältningen förhållandevis väl bestämd längs västkusten även om skaldateringar inbergriper felmarginaler när det gäller exempelvis reservoireffekten. Isavsmältningens kronologi från Skåne upp till Stockholm är emellertid mindre väl känd och dateringarna grundas främst på osäkra flytande lervarvsserier.

Genom åren har ett flertal kartor publicerats som visar isavsmältningens förlopp över Sverige, exempelvis i *Berg och Jord* (Lundqvist 1994). Lundqvist & Wohlfarth (2001) har också nyligen sammanfattat kunskapsläget om isavsmältningsförloppet i Sverige.

Genomförande

I beräkningsmodellen för strandförskjutningen (Pässe & Andersson 2005) finns drivvärden med vars hjälp nivåförändringsförloppet kan beräknas för en enskild plats i Sverige.

Vanligtvis fungerar beräkningsmodellen så att man beräknar strandlinjen nivå vid en viss tid. I detta fall har beräkningarna kastats om så att tiden istället beräknas för en viss nivå. Drivvärdena för de platser där det finns HK-noteringar har hämtats ur modellen och skrivits ut i en tabell. Från dessa drivvärden har därefter åldrarna räknats ut för tidpunkterna då varje HK-lokal blev isfri. De beräknade åldrarna har härefter plotats på en Sverigekarta, vilken utgör underlaget för nedanstående analys av isavsmältningsförloppet.

Resultat

En detaljerad genomgång av HK-värden runt Västsveriges tydliga israndlägen har tidigare gjorts av Pässe (1983). Syftet med den undersökningen var att statistiskt undersöka landhöjningens lutningsriktning. Dessa HK-värden har nu återanvänds. Denna gång har syftet varit att statistiskt bestämma israndlägenas åldrar genom att beräkna medelvärden av de här beräknade HK-dateringarna, tabell 1. Alla åldrar i undersökningen anges i den kalibrerade kol-14-skalan, dvs. som cal year BP.

Tabell 1. Statistisk beräkning av åldrarna av Västsveriges israndlägen.

Israndläge	Beräknad ålder (cal y BP)	Antal lokaler för beräkningen
Göteborgsmoränen	14 900	10
Mellan Göteborgsmoränen och Berghemsmoränen	14 500	43
Berghemsmoränen	14 400	40
Mellan Berghemsmoränen och Trollhättemoränen	14 100	95
Trollhättemoränen	13 800	19

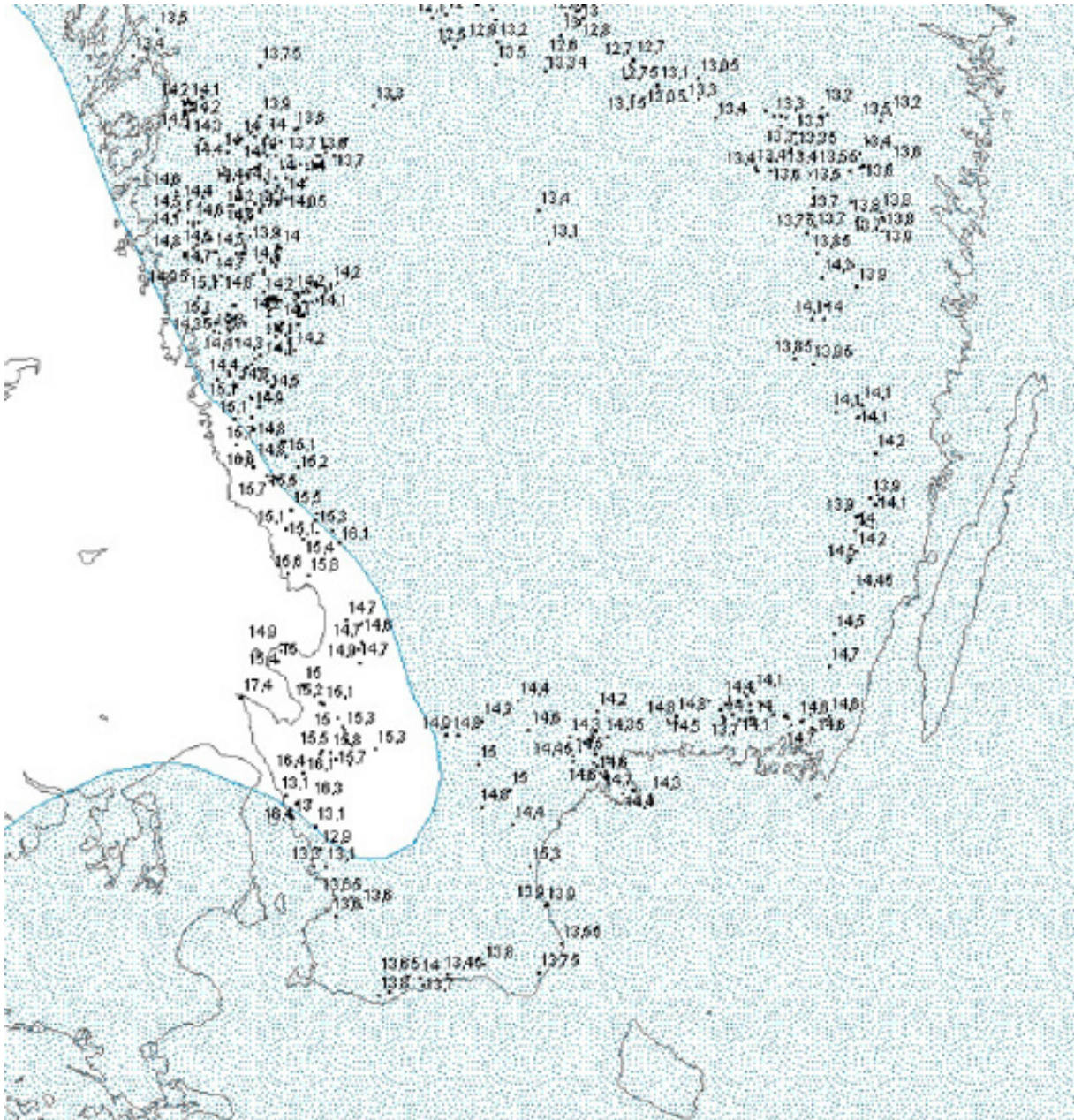


Fig. 1a. Inlandsisens utbredning i södra Sverige för ca 15 500 år sedan. Kartans siffror visar HK-dateringar i ka BP.

Ett sätt att närma sig HK-kartans digra innehåll är att börja med att korrelera Västkustens och Östkustens israndlägen. Om vi börjar med *Göteborgsmoränen* och antar att denna bildats för 14 900 år sedan så finner vi att isranden vid detta tillfälle sträckte sig från Göteborg ner över norra och nordöstra Skåne. *Berghemsmoränen*s motsvarighet finner vi över Blekinge där ett stort antal HK-beräkningar gör denna korrelation enkel. *Trollhättemoränen*s fortsättning i öster kan med mycket stor sannolikhet korreleras med *Vimmerbymoränen* med en ålder av ca 13 800 år före nutid. *Levenemoränen*, med en ålder runt 13 300 år före nutid, är troligen likåldrig med den isframstöt som konstaterats vid Jönköping och har sedan sin fortsättning över Sommenområdet.

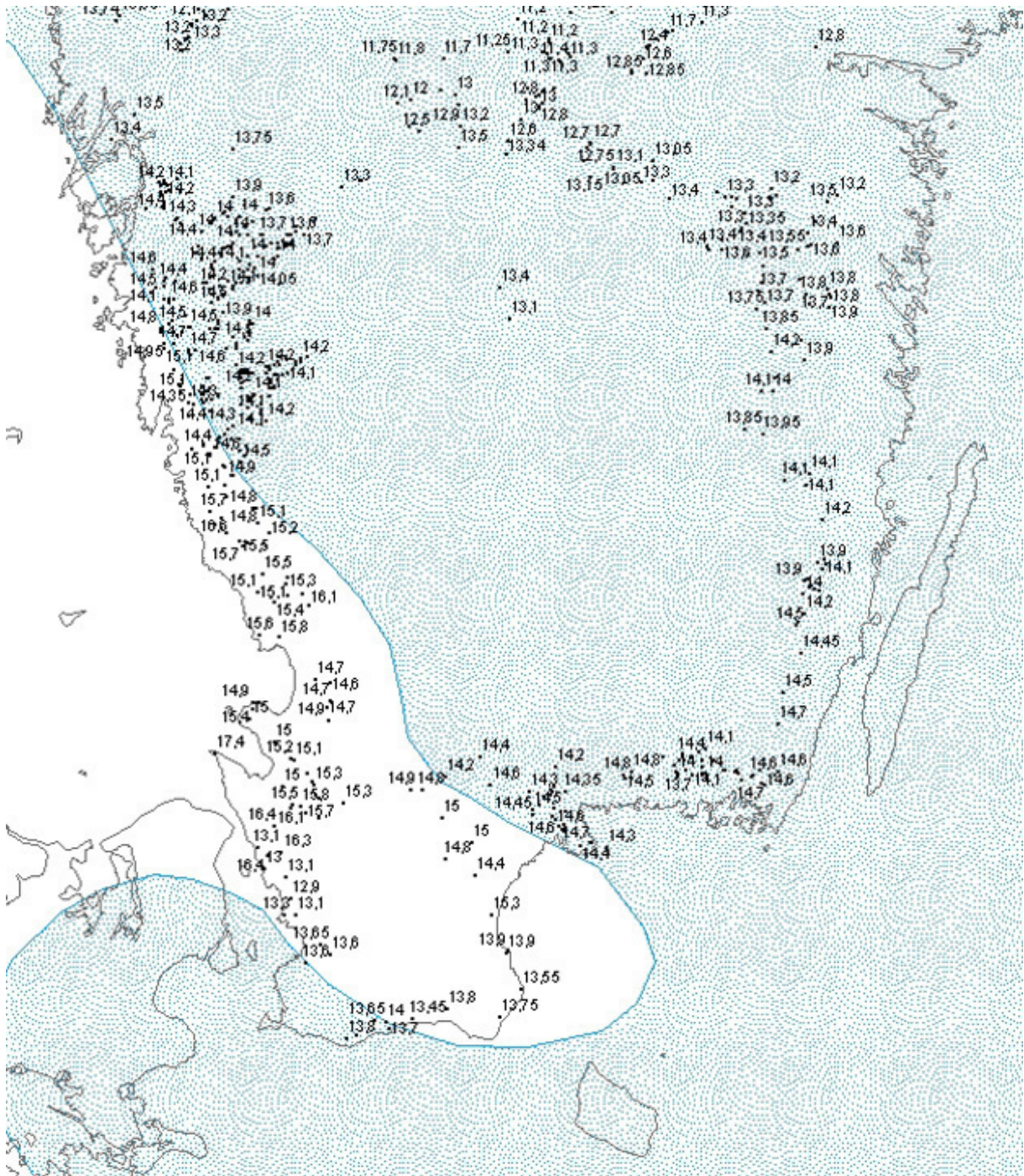


Fig. 1b. Inlandsisens utbredning i södra Sverige för ca 14 800 år sedan, dvs. då Göteborgsmoränen bildades.

I många sammanställningar av isrecessionen, t.ex. i *Berg och Jord*, anses isavsmältningen helt ha avstannat i Dalsland under Yngre Dryas medan avsmältningen under samma tid fortgått i östra Sverige. I Dalsland har *Mellansvenska ändmoränerna* därför ritats som en enda linje i tidigare isavsmältningsskottor. HK-dateringarna visar dock entydigt att isavsmältningen fortsatt under Yngre Dryas i Dalsland och faktiskt också delvis in över Värmland. Hela Dalsland var således isfritt när tappningen vid Billingen skedde. Den pågående jordartskartläggningen vid Skövde har visat att den Mellansvenska isranzonen inte sträcker sig så långt norrut som till Billingens nordspets. Iskanten lämnade Billingen under Holocen, dvs. något senare än vad man tidigare trott. Israndens läge under några skeden av avsmältningen visas i figur 1.

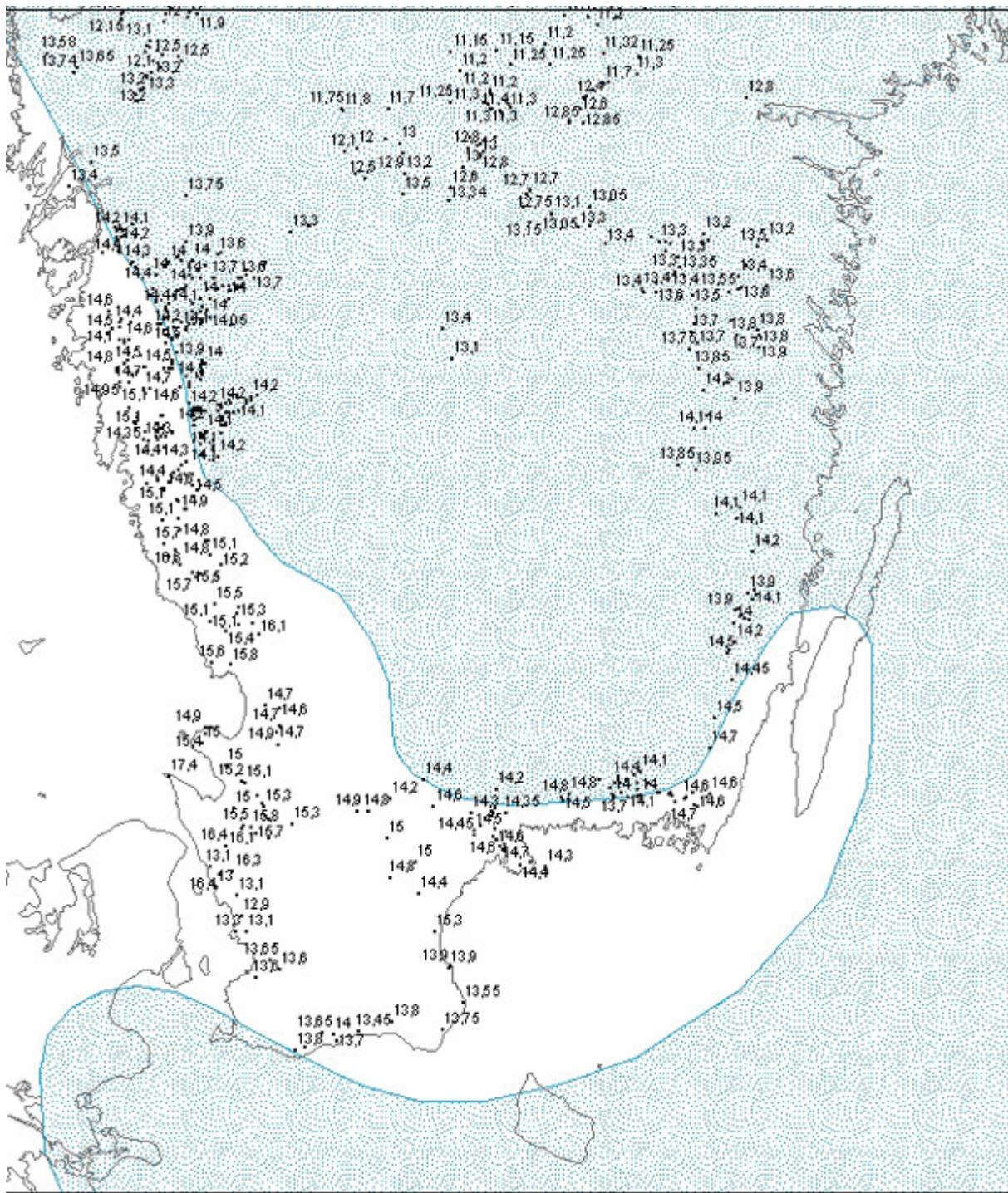


Fig. 1c. Inlandsisens utbredning i södra Sverige för ca 14 400 år sedan, dvs. då Berghemsmoränen bildades.

Den kanske mest spännande informationen, som kan utläsas ur HK-dateringskartan, finns i Skåne, figur 2. Med utgångspunkt från HK-dateringarna kan Skåne delas in i tre områden. Isavsmältningen i nordvästra spetsen av Skåne har enligt kartan skett för 17 000–16 000 år sedan och detta område utgör således Sveriges tidigast isfria område. I centrala Skåne, över Vombsänkan och österut mot Kristianstad, finns dateringar mellan 16 000–14 800 år före nutid, med yngre åldrar i öster. Ett annat och kraftigt avvikande område utgörs av Öresund, sydkusten och Österlen där HK dateras till en fas mellan 13 500–14 000 år före nutid. Självklart uppstår den tanken att detta måste vara fel. Kan HK utbildas 3 000–4 000 år senare i södra Skåne

än i norra Skåne? Ja, faktiskt finns det många belägg för att så är fallet. Det har länge framhållits att Skåne täckts av den så kallade lågbaltiska isen i isavsmältningens slutskede. Detta har behandlats i ett flertal skrifter exempelvis av Ringberg (1988), men många andra geologer har diskuterat detta förlopp både före och efter den refererade artikeln. HK-dateringarna konfirmerar helt Ringbergs (och andras) tolkningar av avsmältningförloppet över Skåne men skiljer sig på en mycket väsentlig punkt, nämligen tidpunkten för när detta sker. Enligt Ringberg (1988) skedde den lågbaltiska isframstötten för ca 15 000 år sedan. HK-dateringarna visar emellertid att den lågbaltiska isframstötten troligen inträffat ca 1 000 år senare. Möjligen fanns det fortfarande en lågbaltisk isström i södra Öresundsområdet när iskanten låg vid Vimmerbymoränen. Baltiska ishavs havet bildade vid denna tid en smal havsvik in i Österjön längs svenska ostkusten med Vombsänkan som länk mellan Västerhavet och Östersjön.

Det finns även annan information som pekar mot riktigheten av den här föreslagna låga åldern på den lågbaltiska isströmmen. Björck m.fl. (1988) har sammanfattat avsmältningssdata från södra Sverige och visar att sjösediment eller andra organogena avlagringar äldre än Alleröd dvs. äldre än ca 13 500 år före nutid saknas i sydvästra Skåne, dvs. i exakt samma område som berörs av den lågbaltiska isen. En annan viktig indikation på att det funnits en lågbaltisk isström vid denna tid är förekomsten av flinta utefter Västkusten. Flinta och andra bergarter, som kan härledas till Öresundsområdet, förekommer rikligt i lera längs Västkusten. En undersökning av Påsse (1992) visar att "flintan" transporterats norrut med isberg. 35 kol-14-dateringar har gjorts på skal av mollusker som samlats in från lera innehållande de sydliga ledbergarterna. Dateringarna visar att det funnits isberg med "flinta" i Kattegatt åtminstone från 15 400 år före nutid och fram till 13 700 år före nutid. De flesta dateringarna har värden mellan 14 400 till 14 000 år före nutid.

Osäkerhetsanalys

Osäkerhetsmarginalen i de beräknade dateringarna av isavsmältningen beror dels på osäkerheter i beräkningsmodellen och dels på osäkerheter i HK-bestämningarna.

Osäkerheten i beräkningsmodellen beror nästan uteslutande på osäkerheter i de befintliga strandförskjutningskurvor som använts vid modelleringen. I detta sammanhang kan man se modellen som ett sätt att extrapolera strandförskjutningen bakåt i tiden från den trend som finns redovisat i strandförskjutningskurvorna. Om fel då uppstår beror detta inte på matematiken utan på osäkerheterna i källmaterialet.

I SGUs HK-databas har ett urval skett av lokaler som ansetts trovärdiga. Att i detta sammanhang ytterligare analysera felkällor av enskilda lokaler låter sig inte göras. I de allra flesta fallen har HK utformats som en svallningsgräns. Vid vissa isälvavlagringar anges HK-värdet som en medelvattennivå. För att i denna studie kunna använda strandens medelvattennivå, som beräkningsmodellen använder, har samtliga HK-värdena i beräkningarna minskats med 2 meter. Detta utgör en kompromiss där varken svallningsgränser eller ackumulationsgränser kommer att avvika alltför mycket från det ursprungliga värdet.

Även om HK-värdena i många fall är något osäkra så är det i detta sammanhang inte så betydelsefullt som man först kanske tror eftersom strandförskjutningen vid de aktuella perioderna var mycket snabb. En enskild angivelse kan i sig vara relativt osäker men när man behandlar alla HK-värden i en värdemängd ökas säkerheten avsevärt. För att förstå hur stora osäkerhetsmarginalerna är för HK-beräkningarna så har en figur framställts som visar hur de regionala variationerna är för hur lång tid det tar för en strandlinje att höjas 1 m vid tiden för HKs utformning, figur 3. Av denna figur framgår att landhöjningen är lägre i söder än i norr och att osäkerheten därför är avsevärt större i söder än i norr. Ett HK-värde som bestämts med ett fel på 2 m gör att den beräknade åldern från detta värde avviker med belopp mellan 30 till 140 år. En avvikelse på 4 m ger en felmarginal mellan 60 och 280 år. Eftersom dateringarna av isavsmältningen följer ett mönster, med minskande åldrar i isavsmältningens riktning, går det lätt att utesluta de största felbestämningarna. Detta kan liknas vid ett flytande medelvärde, där åldern dessutom varken kan överstiga eller understiga ett visst värde eftersom det är ett förlopp som beskrivs. Sammanfattningsvis kan sägas att osäkerheten av enskilda beräkningar förmodligen kan uppgå till några hundra år i södra Sverige men då man tar trenden i en stor datamängd torde dateringarnas osäkerhet vara relativt liten.

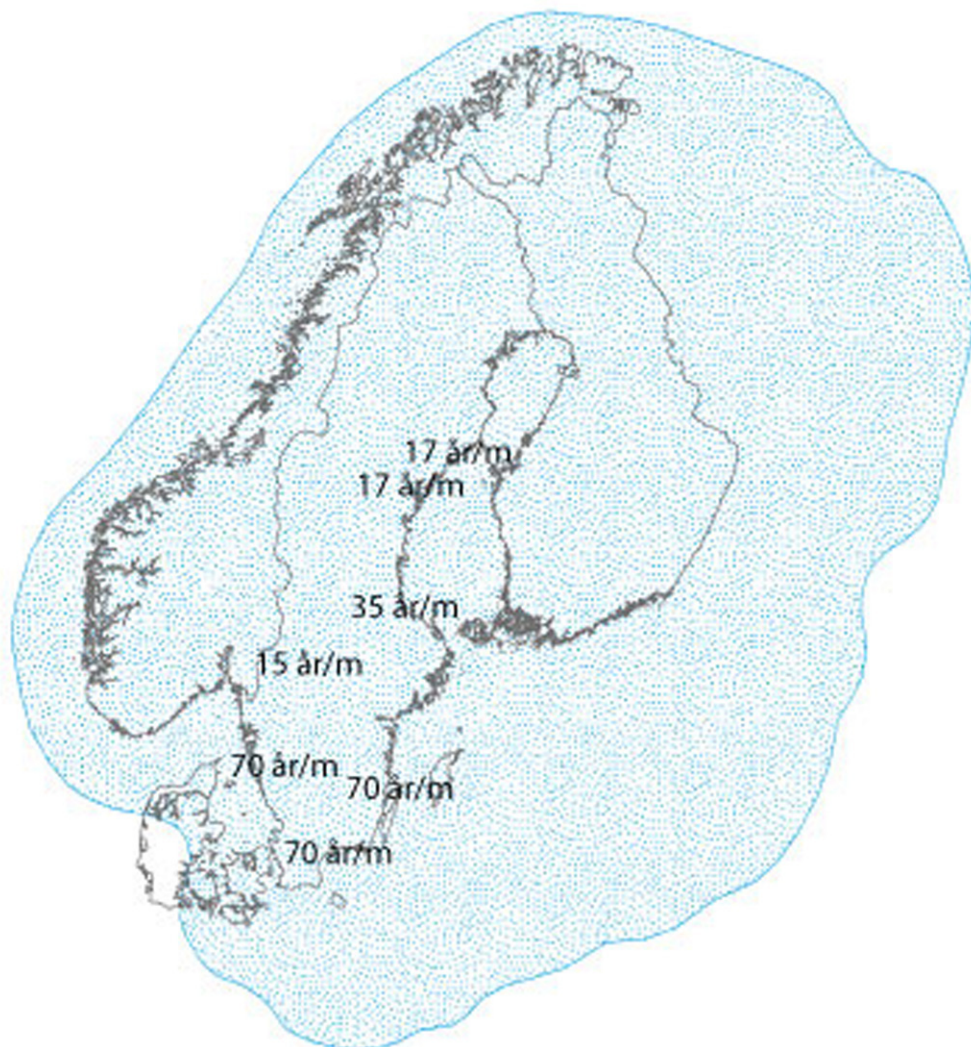


Fig. 3. HK- dateringarnas osäkerhet kan uppskattas genom att beräkna hur lång tid det tar för landet att höjas 1 m vid den tiden då HK utformades.

Referenser

- Björck, S., Berglund, B.E. & Digerfeldt, G. 1988: New aspects on the deglaciation chronology of south Sweden. *Geographia Polonica* 55, 37–49.
- Lundqvist, J. 1994: Inlandsisens avsmältning. I C Fredén (red.) *Berg och Jord*. Sveriges Nationalatlas. 124–135.
- Lundqvist, J. & Wohlfarth, B. 2001: Timing and east-west correlation of south Swedish ice marginal lines during the Late Weichselian. *Quaternary Science Reviews* 20, 1127–1148.
- Påsse, T. 1983: Havsstrandens nivåförändringar i norra Halland under Holocen tid. *Göteborgs universitet. Geologiska institutionen A* 45,1–174.
- Påsse, T., 1992: Erratic flint along the Swedish west coast. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 114, 271–278.
- Påsse, T. & Andersson, L. 2005: Shore-level displacement in Fennoscandia calculated from empirical data. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 127, 253–268.
- Ringberg, B. 1988: Late Weichselian geology of southernmost Sweden. *Boreas*. 243–263.

Quaternary lithostratigraphy and dating, Middle Swedish End Moraine Zone, Västergötland

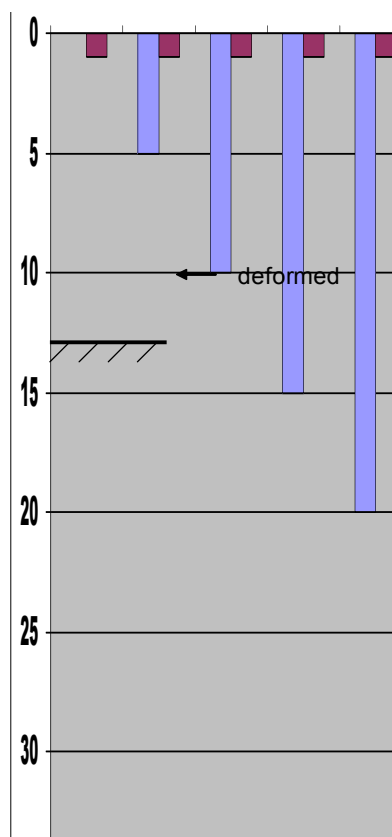
MARK D. JOHNSON, GÖTEBORGS UNIVERSITET

The Middle Swedish End Moraine zone (MSEMZ) immediately west of Billingen consists of moraines and other ice-marginal features that mark eight former ice-margin positions. The moraines are predominantly composed of clay, apparently pushed or squeezed up at the glacier margin. Between the ridges occur intermoraine flats underlain by up to 30 m of Quaternary sediment. The goal of this project has been to clarify the stratigraphy within the moraines and beneath the intermoraine flats, as well as to date the sediment. Field work consisted of drilling and logging of exposures in gravel pits and road excavations. The concurrent widening of E20 in the region has been a timely benefit to this project.

The major conclusions of this project are (1) that the thick clay between the ridges is varved and of Younger Dryas Chronozone (YD) age, (2) that the moraines occurring as clay ridges are glaciotectionic constructions formed during overall ice retreat, and (3) that the clay in the ridges is also YD in age. In other words, as the ice retreated from the Skara ice-margin position, varved clay was deposited in front of the retreating margin, and during ice-margin oscillations, it was this YD clay that was thrust up into the ridge form.

Sixteen holes were drilled using a piston corer and auger during 2005, 2006, and 2007. Eleven of these holes were measured with CPT. During 2005, samples were recovered every three meters or so from all holes for optically stimulated luminescence (OSL) dating. Most of these samples were analyzed for age at the OSL lab at Risö, Denmark. Two of the drill sites were redrilled in 2006 and 2007 (Kollbogården and Märene), and continuous core was obtained.

The stratigraphy beneath the flats that we found in the cores matches well that reported in SGU's well file, as earlier summarized by Björck and Digerfeldt (1984). Beneath the flats, sand or sand and gravel, 1–6 m thick overlies clay 15–30 m thick. The clay in turn lies upon thin till or sand and gravel, or directly on bedrock. The core at Kollbogården consists of 6 m of sand over 25 m of clay, which in turn lies either



directly on bedrock, or on thin coarse material (till or sand and gravel) (Fig. 1). The sand on top is fine to coarse sand; recent E20 exposures show it to consist of marine sand overlain by fluvial sand. The clay is varved; 110 were counted at Kollbogården. Varves consist of gray summer layers and red winter layers; a sharp transition occurs between winter and summer. Cyclic variations corresponding to the color pattern were also found in grain size and elemental analysis (Itrax core scanner). Foraminifera and ostracods recovered from the varves shows them to have been deposited in a marine environment; sufficient material was recovered for dating.

Although minor deformational features are seen in the Kollbogården core (Fig. 1) as well as in recent E20 exposures, there is no evidence for pervasive deformation from ice. Kollbogården lies one kilometer north of the Ledsjö moraine, which shows abundant evidence of ice-marginal and subglacial deformation. This indicates that the glacier, when it made the Ledsjö moraine, must have eroded completely all pre-existing material from the Kollbogården site. This also implies that the Ledsjö moraine is made in part of the material removed.

Fig. 1. Stratigraphic column from piston core at Kollbogården. Three layers of fine to coarse sand overlie 110 varves, which in turn overlie thin till (or sand and gravel) over bedrock

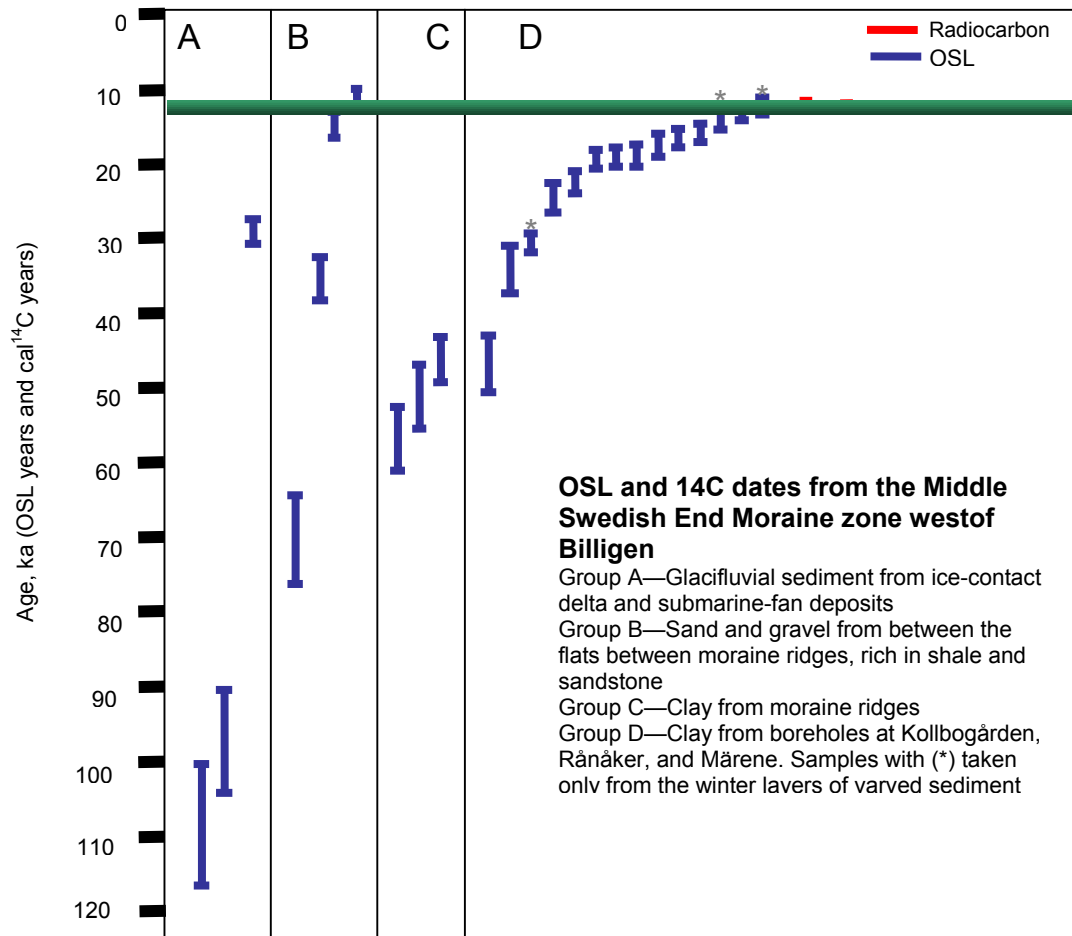


Fig. 2. Summary diagram of OSL and radiocarbon dates from the Middle Swedish End moraines. Horizontal bar is the Younger Dryas Chronozone.

OSL and radiocarbon dates were obtained from (1) varved clay at Kollbogården, Märene, and Rånåker, (2) massive clay from the MSEMZ moraine ridges, (3) glaciofluvial material from deltas and submarine fans built up to the MSEMZ ice margins, and (4) the overlying sand and gravel from the intermoraine flats.

The OSL dates from the varved clays (Group D, Fig. 2) range from 12 to 51 ka, whereas the radiocarbon dates on the fossils range from 11.3–13.0 ka. Because we believe the varve sedimentology to be convincing, we believe the OSL dates to represent dates on insufficiently bleached material. We accept the radiocarbon age, which indicates the clay to have been deposited during the YD. However, we discovered that winter layers have more quartz-rich sand than summer layers, and this quartz-rich sand is often coarser. We sent three samples consisting of just winter-layer material for OSL dating. For two of the samples, these layers give dates that match the ^{14}C dates (Samples with (*) in Fig. 2). We believe this quartz-rich sand was blown on to sea ice, bleached, and then deposited. We are currently preparing more samples to send to Risö, separated into winter and summer layers.

OSL dates from clay from the moraine ridges (Group C, Fig. 2) range from 43 to 61 ka. Stratigraphic and structural evidence from the E20 exposures of the clayey moraine ridges at Ledsjö and Gullhammar indicate the moraines were formed during oscillation of the ice margin, and that the clay in the ridges is also of YD age (see below). These three OSL dates overlap with some of the older dates at Kollbogården and we interpret these dates as being ‘too old.’

Several dates were also obtained from the sand and gravel layer that lies on top of the clay in the intermoraine flats (Group B, Fig. 2). This unit is characterized by varying amounts of shale and sandstone, derived ultimately from Billigen. The intermoraine surfaces can be traced eastwards into the Valle Härad region,

which is also rich in Cambrian lithologies. This sand and gravel has been interpreted as (1) outwash deposited during ice retreat, as (2) outwash deposited after relative sea-level fall and melt-out of stagnant ice in Valle Härad (Björck and Digerfeldt, 1984), or (3) as submarine drainage deposits (Johansson, 1937). It is difficult to evaluate these dates; two of them are older and likely represent insufficiently bleached samples. The younger two seem to be correct, but they cannot differentiate among the three hypotheses listed above.

Group A, Fig. 2 are dates from glaciofluvial material deposited in deltas and submarine fans at the Uppsala ice-margin position (2 km north of the Ledsjö moraine). This material likely was delivered to the ice margin in subglacial tunnels, and never bleached prior to deposition.

Recent excavations (from summer 2007 to present) have allowed detailed investigation of the stratigraphy and structure of the MSEMZ moraine ridges. Exposures of varying completeness occur through the Gullhammar, Flintås, Uppsala and Ledsjö moraines. The stratigraphy in these ridges is similar to but more complicated and varying than that reported by Björck and Digerfeldt (1984) based on their well-file investigation. At Gullhammar, the moraine consists of four units. (1) There is an ice-proximal zone with sandy till, clayey till, glaciofluvial sediment, and clay, greatly deformed. (2) The ridge core is capped with till, but consists mostly of folded and thrust-faulted varved clay. Distally, this folded unit grades into a (3) wedge of thoroughly deformed clay (presumably the varved clay). This wedge thins distally, to the south. This wedge rests upon (4) undeformed varved clay. Two hundred meters south of the moraine crest, digging has exposed an older, small moraine composed of sandy till. The varved clay of unit 4 rests on this till. The stratigraphic relationships clearly show that the Gullhammar ridge was formed by a slight readvance of the ice margin, and that the clay pushed up was deposited in the short interval of time following the retreat from the smaller moraine.

As of this writing, excavations at the larger Ledsjö ridge are underway. Initial observations indicate a more complicated stratigraphy and structure than at Gullhammar. However, the bulk of Ledsjö is composed of deformed clay, some of it clearly deformed varved clay. The ridge is capped, on the proximal side, with clay till and in places sandy till. Within the clay in the ridge, lenses and pods of medium sand are also present, some of which are greatly deformed.

References cited:

- Björck, S. & Digerfeldt, G., 1984: Climatic changes at Pleistocene/Holocene boundary in the Middle Swedish Endmoraine zone, mainly inferred from stratigraphic indications. In Mörner, N.-A. & Karlén, W., eds., *Climatic changes on a yearly to millennial basis*, Dordrecht, D. Reidel Publishing Company, 37–56.
- Johansson, S., 1937: Senglaciala och interglaciala avlagringar vid ändmoränstråket i Vätsergötland, *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 59, 379–54.

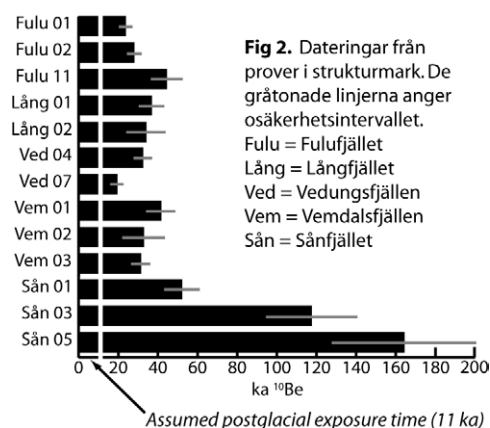
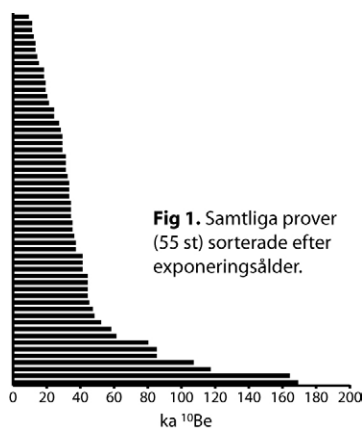
Glaciala och periglaciala landformer och markytor i södra fjällen

INGMAR BORGSTRÖM*, ALA ALDAHAN**, GÖRAN POSSNERT**, JOHAN KLEMAN*, ARJEN STROEVEN* OCH JIM HEDFORS** (* Stockholms universitet, ** Uppsala universitet)

Bakgrund. De senaste decenniernas forskning har visat att det finns många generationer landformer och mark-ytor sida vid sida i det glaciala landskapet (Lagerbäck & Robertsson 1988, Borgström 1989, Kleman & Borgström 1990, Clark 1993, Hättestrand 1998), och att det pågår komplicerade glaciala landformsbildande pro-cesser i gränzonerna mellan bottenempererad och bottenfrusen is (Kleman & Borgström 1994). Fortfarande är dock ganska lite känt om den regionala fördelningen av dessa s.k. relikta landformer och markytor, och också om när de bildades. Syftet med det här projektet har varit att öka kunskapen om detta i fjällområdena i södra Härjedalen och norra Dalarna.

De **metoder** som använts är geomorfologisk kartläggning med flygbilder och fältarbete, exponeringsmätningar av stenprover från block och berghällar samt morfokronologisk analys. Exponeringstekniken baseras på att halten av ^{10}Be -isotoper i kvartskorn är en funktion av den tidslängd som kvartsen har varit exponerad för den kosmogena strålningen (Kohl & Nishiizumi 1992). Vid laborationsarbetet har rengöring och separation av kvartskorn från proverna åstadkommit genom en blandning av fysiska och kemiska metoder, där en slutlig mängd av 30–100 g ren kvarts har förberetts. Vidare extraktion av ^{10}Be från kvartsen har genomförts med total upplösning av provet och utfällning efter en rad kemiska behandlingar (Aldahan och Possnert 1998). Acceleratormasspektrometer (AMS) vid Uppsala universitet har använts för ^{10}Be -mätningar. Exponeringsåldrarna har beräknats med olika modeller beträffande produktionen och tillkommande korrekationer för provernas läge (Balco m.fl., Hedfors m.fl. 2008). Den morfokronologiska analysen baserar sig på en tidigare utarbetad inversionsmodell (Kleman & Borgström 1996), där formelement och landformssystem grupperas i kronologiskt sammanhängande enheter som ger information om olika glaciala och periglaciala generationer. Exponeringsåldrarna har legat till grund för identifieringen av diagnostiska landformer, dvs. landformer som möjliggör avgränsningen av relikta ytor från sådana som är skapade av senglaciala och post-glaciala processer.

Resultat. I) Femtiofem prover har exponeringsdaterats (fig 1) – 20 stycken av dessa med bidrag från det här projektet. Merparten av proverna har exponeringsvärden på ca 11–50 ka, dvs. de har uppemot 40 ka exponering utöver holocen. Man kan urskilja en viss koncentration av värden kring 25–35 ka. Vid en indelning av proverna i olika genetiska klasser kan man bl. a. konstatera att all strukturmark har hög exponeringsålder (fig 2), och att Sånfjället utmärker sig med särskilt höga värden (fig 3). **II)** Termokarst (erosionsrännor och erosionsnischer) har identifierats och karterats i anslutning till frostmarksytorna. Termokarsten är bildad under deglaciationen. **III)** Kartor har framställts med avgränsning av relikta ytor samt gränzoner i anslutning till dessa. Gränzytorna är partiellt relikta, genom att de deformerats eller eroderats av glaciala och post-glaciala processer. **IV)** Den morfokronologiska analysen har inte ändrat på huvuddragen av de tolkningar som tidigare gjorts av isflöden och deglaciation för undersökningsområdet.



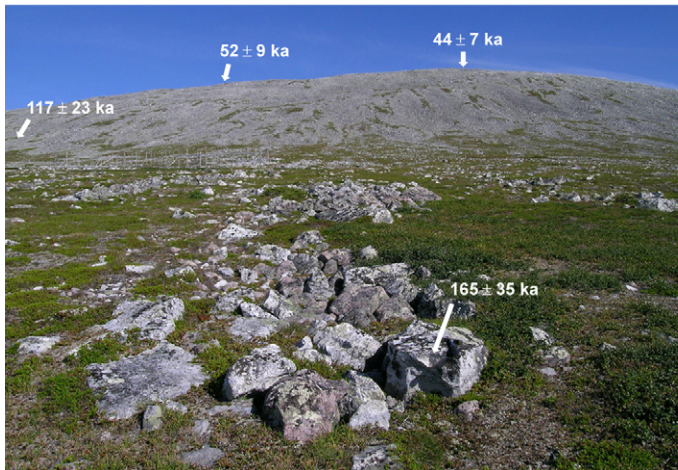


Fig 3. Exponeringsåldrar på västsidan av Gråsidan, Sånfjället. Provet på toppen (1190 m ö.h.) är taget i frostsprängd berggrund. De övriga är tagna i blockströmmar. Det understa provet (980 m ö.h.) är taget strax ovanför den högst belägna skvalrännan på fjällsidan. Rännorna skär igenom strukturmarken. Denna kan längre ner på sluttningen återfinnas på erosionsresterna mellan skvalrännorna, men inte i dem.

Diskussion och slutsatser. En viktig del för värderingen av exponeringsmätningarna är analysen av relationen mellan exponeringsålder och verklig ålder. Om man antar att ett provtaget block legat i sin nuvarande position under hela exponeringstiden, skulle exponeringsåldern kunna ange den sammanlagda isfria tiden för markytan eller formelementet. Men ett block kan ha en nedärvd exponering (Goodfellow m.fl. 2008). I en moränyta kan blocket ursprungligen ha utgjort en exponerad berghäll, eller blivit upplockat och omlagrat från en tidigare helt eller delvis exponerad moränyta. I en strukturmark kan blocket varit begravt under vissa perioder av blocksorteringen. Liknande svårigheter gäller bedömningen av landformernas verkliga ålder. En relik ackumulationsform, som en moränrygg eller en ås, kan ha pålagrats med ett tunt täcke ny morän och därmed fått en till synes låg exponeringsålder. En ung erosionsform, som en smältvattenränna eller en termisk erosionsnich, kan delvis ha fyllts igen av gammalt material som glidit ner från omgivande ytor, och därmed gett markytan ett högre exponeringsvärde än erosionsformen. Ytterligare en faktor som i någon mån kan påverka tolkningarna är att ett block kan ha legat skyddat under snö eller i skog under vissa perioder. Alla dessa faktorer gör att den verkliga åldern för en markyta eller en enskild landform är mycket svårbedömd.

Om man däremot betraktar samtliga exponeringsvärden, eller delar in dem i processklasser, kan man urskilja en tydlig signal om att många prover har exponerats längre tid än holocen och att få har exponerats mer än ca 50 ka. I norra Sverige, i mer bergskedjecentrerade områden, har motsvarande exponeringsvärden överlag tolkats som att de representerar en lång historia, ofta innefattande flera glaciala cykler (t.ex. Fabel m.fl. 2002). Med utgångspunkt i Kleman & Stroevens (1997) modell över isfria och istäckta perioder i Fennoskandia (baserad på DPDS 607), och med hänsyn till att södra fjällen ligger i utkanten av den region som varit utsatt för berskedjecentrerade istäckten, skulle 50 000 isfria år här kunna motsvara perioden tillbaka till isostopstadium 5e, dvs. eem. Följden av detta resonemang är att Saale-isen ”nollställde” större delen av landskapet exponeringsmässigt, och att de interstadiala skedena motsvarar ca 20–25 ka. Det finns uppenbarligen också områden i södra fjällen som har en betydligt längre historia, t.ex. Sånfjället.

Referenser

- Aldahan, A. & Possnert, G., 1998: A high resolution Be-10 profile from deep sea sediments section of the last 70 ka: Evidence for globally synchronized environmental events. *Quaternary Science Review* 17, 1023–1032.
- Balco, G., Stone, J.O., Lifton N.A. & Dunai, T.J.: A complete and easily accessible means of calculating surface exposure ages or erosion rates from ^{10}Be and ^{26}Al measurements, *Quaternary Geochronology*. In Press.
- Borgström, I., 1989: Terrängformerna och den glaciala utvecklingen i södra fjällen. *Meddelande från Naturgeografiska Institutionen vid Stockholms universitet Nr A 234*, 133 s.
- Clark, C.D., 1993: Mega-scale glacial lineations and crosscutting ice-flow landforms. *Earth Surface Processes and Landforms* 18, 1–29.

- Fabel, D., Stroeven, A.P., Harbor, J., Kleman, J., Elmore, D. & Fink, D., 2002: Landscape preservation under Fennoscandian ice sheets determined from in situ produced ^{10}Be and ^{26}Al . *Earth and Planetary Science Letters* 201, 397–406.
- Goodfellow, B.W., Stroeven, A.P., Hättestrand, C., Kleman, J. & Jansson, K.N., 2008: Deciphering a non-glacial/glacial landscape mosaic in the northern Swedish mountains. *Geomorphology* 93, Issues 3–4, 15, 213–232.
- Hedfors, J., Aldahan, A. & Possnert, G., 2008: *Calibrating exposure dating procedure*, AMS-11.
- Hättestrand, C., 1998: The glacial geomorphology of central and northern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca* 85, 47 s.
- Kleman, J. & Borgström, I., 1990: The boulder fields of Mt Fulufjället, west-central Sweden: Late Weichselian boulder blankets and interstadial periglacial phenomena. *Geografiska Annaler* 72 A(1), 63–78.
- Kleman, J. & Borgström, I., 1994: Glacial land forms indicative of a partly frozen bed. *Journal of Glaciology*, Vol. 40:135, 255–264.
- Kleman, J. & Borgström, I., 1996: Reconstruction of paleo-ice sheets – The use of geomorphological data. *Earth Surface Processes and Landforms* 21, 893–909.
- Kleman, J. & Stroeven, A.P., 1997: Preglacial surface remnants and Quaternary glacial regimes in northwestern Sweden. *Geomorphology* 19, 35–54.
- Kohl, C.P. & Nishiizumi, K., 1992: Chemical isolation of quartz for measurement of in situ-produced cosmogenic nuclides. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 56, 3586–3587.
- Lagerbäck, R. & Robertsson, A.-M., 1988: Kettle holes – Stratigraphical archives for Weichselian geology and palaeoenvironment in northernmost Sweden. *Boreas* 17, 439–468.

Optiskt stimulerad luminiscensdatering (OSL) av nedisningshistorien i södra och mellersta Sverige

HELENA ALEXANDERSON, Institutt for plante- og miljøvitenskap, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås & Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet

Övriga projektmedlemmar: Timothy Johnsen, Barbara Wohlfarth & Arjen Stroeven (Stockholms universitet) och Jens-Ove Näslund (SKB)

Bakgrunden till det här projektet är att absoluta åldrar för olika steg av händelseförloppet under den senaste istiden i Sverige är ganska sparsamt förekommande när det gäller tiden före senaste nedisningsmaximum. Sådan kronologisk information är av stort intresse för dem som arbetar med att rekonstruera paleomiljö och paleoklimat, för förståelsen av inlandsisars dynamik och som kalibrering eller indata till olika typer av datormodeller.

Optiskt stimulerad luminiscensdatering (OSL) är en lovande metod för detta ändamål, bland annat genom att den täcker in hela den senaste istids–mellanistidscykeln och att den kan användas även på oorganiska sediment. En del tidigare kvartärgeologiska undersökningar som använt OSL, eller dess föregångare termoluminiscensdatering (TL), i Sverige har emellertid lett till resultat som, av olika anledningar, har kallats ”problematiska”.

Det här projektet har sålunda ett tvådelat syfte, dels att använda OSL-datering för att få fram åldrar på specifika geologiska händelser under framför allt Weichsel-istiden, dels att utvärdera OSL-datering som metod för att få bättre kunskap om dess för- och nackdelar. De specifika målsättningarna har varit att (1) testa, utvärdera och använda OSL-datering i olika avsättningsmiljöer, (2) utvidga kronologin för den senaste deglaciationen och koppla existerande kronologi från kusterna till inlandsområden i södra och mellersta Sverige och (3) påbörja en kvantitativ kronologi för händelser äldre än LGM.

Fältarbete har genomförts på flera lokaler i Småland, Bohuslän, Värmland, Härjedalen och Jämtland under 2006 och 2007. Valet av lokaler har styrts av glaciations/deglaciationshistorien och utifrån ett luminiscensdateringsperspektiv. De insamlade OSL-proverna har preparerats av mig och Timothy Johnsen och vi har också själva utfört mycket av analysarbetet vid Nordisk Laboratorium for Luminescens-datering i Danmark. Prover för kosmogen exponerings- och kolfjortondatering har skickats iväg för analys vid andra laboratorier.

Genom att datera deglaciationen i olika områden vid eller ovanför högsta kustlinjen ville vi dels få absoluta åldrar som kan jämföras med den bättre kronologi som finns under HK, dels testa metodens användbarhet i den glaciala miljön. Isälvs- och issjösediment från Småland, Värmland och Jämtland–Härjedalen har därför daterats. De yngsta åldrarna, som stämmer bäst med den gängse bilden av deglaciationsförloppet, kommer från sandurfält, deltaplan och issjöstränder. Material från andra avsättningsmiljöer, som deltaforesets och issjösediment, ger spridda och delvis gamla åldrar. En viktig orsak till de gamla åldrarna i de senare miljöerna är s.k. ofullständig nollställning av sedimentet i samband med avsättningen, vilket gör att avlagringar verkar äldre än de egentligen är. I några fall kan de gamla åldrarna emellertid vara korrekta, och den provtagna lokalen hör inte till den senaste deglaciationen utan till en tidigare händelse.

De varierande avsättningsmiljöerna i Brattforsheden (Värmland) gjorde det möjligt att jämföra OSL-dateringar från olika typer av sediment inom ett ganska litet område där det också finns oberoende åldersinformation att jämföra med. OSL-åldrarna stämmer väl överens med den relativa kronologin som bygger på lito- och morfostratigrafi: isälvs materialet i deltat är äldst (>12 ka), svallsanden ungefär samtidig eller lite yngre och flygsanden, som avsattes ovanpå deltat och när landet höjt sig ur havet, är ännu lite yngre (~8–10 ka). Dessutom finns eoliska sediment som bara är några hundra år gamla. Dateringarna passar också med oberoende absolut ålderskontroll från kosmogen exponeringsdatering av flyttblock på intilliggande morän, från kolfjortondatering av sjöisolering och jordmånsprofiler samt med historiska data.

I två sedan tidigare kända interstadiala lokaler – Pilgrimstad i Jämtland och Dösebacka i Bohuslän – har vi genomfört ett omfattande dateringsprogram. Ytterligare lokaler i Jämtland har provtagits med ett fåtal prover per lokal. Alla resultat är i skrivande stund inte klara, men för Pilgrimstad pekar de befintliga data klart på en mellanweichselålder.

Förutom de rena dateringsresultaten har vi också fått god erfarenhet av möjligheter och förutsättningar för OSL-datering i Sverige och bättre insikter i metodens för- och nackdelar inom vårt användningsområde. Vi har sett tydliga skillnader i luminiscensegenskaper hos kvarts från olika områden och avsättningsmiljöer och lärt oss att anpassa mät- och analystekniker efter förutsättningarna. Vi har bl.a. experimenterat med olika tekniker som kan förbättra OSL-”kapaciteten” hos ljussvaga prover, en egenskap som är typisk för flera av de svenska prov vi arbetat med, och hos prover som kan vara ofullständigt nollställda, vilket är vanligt i glaciala miljöer.

Under projektets gång har vi fått svar på många frågor, men det har också dykt upp nya frågeställningar, både geologiska och metodmässiga, som kräver fortsatta studier för att få svar. Alla resultat från det här projektet är inte klara och analyserade än, men några preliminära slutsatser om OSL-datering kan ändå dras:

- OSL-datering fungerar och kan användas för att åldersbestämma geologiska händelser under den senaste istiden. För deglaciationsåldrar är noggrannheten sämre än för kolfjortondatering, men fördelen är att OSL kan användas även på oorganiskt material. För interstadiala sediment kan åldrar vanligen anges med en osäkerhet på ca 10 %.
- Det är stora skillnader i resultatens kvalitet och metodens användbarhet mellan olika geografiska områden och mellan olika avsättningsmiljöer. Som förväntat fås de bästa resultaten från flygsand, strandsand, långtransporterad isälvsand och vissa sjösediment. Av de undersökta områdena har Värmland den bästa ”luminiscenskvaliteten” på kvarts.
- Det är svårt att tolka resultat från enstaka prov, framför allt från de mer besvärliga områdena eller avsättningsmiljöerna. Här rekommenderas att man tar flera prov, helst med relativ ålderskontroll i form av stratigrafi, eller så att man kan jämföra åldrar från olika typer av sediment.
- Det är mycket viktigt att ha geologisk kunskap om det som dateras, det vill säga att veta vad man daterar. Då kan man utvärdera sin datering med avseende på eventuell ofullständig nollställning, alternativa geologiska tolkningar osv.

Metals in runoff from acid sulphate soils

MATS E. ÅSTRÖM Kalmar University, School of Pure and Applied Natural Sciences, 39182 Kalmar, Sweden
(mats.astrom@hik.se)

Background

A largely unrecognised geogenic source delivering massive amounts of toxic metals to the aquatic environment is a soil type called acid sulphate (a.s.) soil. It covers more than 17 million ha worldwide, and is located mainly on coastal plains. It develops when sulphide-rich sediments, once formed under anoxic conditions in lakes/oceans, are exposed to atmospheric oxygen. It commonly has a pH of between 2.5 and 4.

Effects on the environment

It is well known that from a.s. soils large amounts of acidity is leached, in particular during heavy rains or snow melting, causing severe acidification of downstream waters and inner estuaries. Associated fish kills have been reported from a variety of regions, including northern Europe, eastern Australia and south-east Asia. The metal release and mobilisation in these soils is, however, largely unknown.

Metals

The behaviour of chemical elements, including potentially toxic trace metals, in a.s. soil landscapes has been sparsely studied. One exception is the largest a.s. soil occurrences in Europe, found on the coastal plains of western Finland (Vasa region), where a number of hydrogeochemical studies have been carried out. These have shown that the a.s. soils deliver to the aquatic environment large amounts of highly toxic metals such as Be, Tl and Cd, produces in low order streams concentrations of Al up to 300 mg/L and Mn 20 mg/L, and supplies much larger amounts of metals to the aquatic environment than the entire Finnish industry.

Gulf of Bothnia

In addition to the well-studied Vasa-region, a.s. soils are found on coastal lowlands also elsewhere around the Gulf of Bothnia. These areas include, and are in this presentation referred to, the regions of Åbo, Uleåborg, Luleå, Umeå and Eskilstuna. A sampling campaign was undertaken in all these regions (including Vasa), with the aim of collecting first and second order streams (ditches) draining this soil type exclusively. This was not an easy task, as the landscape and hydrological conditions varied among the regions. We however succeeded in collecting, in our opinion, a representative set of water samples, which were analysed by ICP-MS for a range of major and trace elements. The results showed that the waters in the Eskilstuna region are considerably different from those in the others, including higher pH, lower cobalt and higher uranium concentrations. While the waters in the other regions had many similarities, there were also differences, for example in the distribution of iron and bromine.

Verktyg för analys av regionala trender i grundvattnets beskaffenhet

ANDERS GRIMVALL & KARL WAHLIN, Avd. för statistik, Institutionen för Datavetenskap, Linköpings Universitet

Miljöövervakningens kanske viktigaste syfte är att upptäcka och kvantifiera långsiktiga förändringar i miljökvalitet. De statistiska metoder som idag används för detta ändamål kan grovt sett delas in i två huvudtyper: (i) analyser av tidsseriedata från en mätpunkt i taget; (ii) rumsliga analyser av tidsmedelvärden för flera mätpunkter. I det första fallet kan resultatet av den statistiska analysen illustreras med en samling trendkurvor – en för varje mätpunkt. I det andra fallet produceras kartbilder över miljötillståndets rumsliga variation, och varje enskild kartbild visar antingen en ögonblicksbild av tillståndet i undersökningsområdet eller medelvärden för en given tidsperiod. I det här projektet har vi utvecklat metoder för att samtidigt analysera flera tidserier av data så att man lättare kan identifiera synkrona förändringar i flera mätpunkter.

En inledande granskning av kvaliteten hos insamlade koncentrationsdata visade att det blev en generell kvalitetshöjning i början av 1990-talet. Detta märks speciellt om man jämför mätningarna av ledningsförmåga med summan av de viktigaste katjonerna (Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+}) (se fig. 1). Vidare är det allmänt bekant att mätningar av låga halter av tungmetaller är problematiska och att smärre förändringar av provhantering, analysmetodik eller detektionsgräns ofta åtföljs av generella nivåförändringar i de rapporterade halterna.

För att snabbt kunna överblicka förekomsten av uppåt- eller nedåtgående trender i ett stort antal tidsserier av data har vi utvecklat ny programvara för s.k. Mann-Kendalltester. Speciellt har vi arbetat med att förenkla hanteringen av data som representerar ett stort antal kombinationer av vattenkvalitetsvariabler, stationer, decennier, år och årstider. Utskrifterna ger information om såväl univariata trendtester för specifika kombinationer av stationer och vattenkvalitetsvariabler som multivariata tester av synkrona trender vid exempelvis flera stationer. En enkel färgkodning gör det lätt att identifiera de viktigaste trenderna.

När programmet för Mann-Kendalltester tillämpades på 80 mätstationer för grundvattendata hämtade från SGUs grundvattenkemiska miljöövervakning så kunde vi snabbt konstatera att det fanns få generella (landsomfattande) trender i grundvattnets beskaffenhet och att de trender som identifierades knappt var statistiskt säkerställda. Detta kan enkelt förklaras med att den naturliga variationen i grundvattnets beskaffenhet vanligen är ganska stor i förhållande till de tidstrender som kan tillskrivas människan.

I ett ganska omfattande arbete försökte vi finna statistiska samband mellan grundvattnets nivå och beskaffenhet. Dessa studier visade dock att sambanden inte är tillräckligt starka och stabila över tiden för att man effektivt ska kunna filtrera bort naturliga fluktuationer och därmed tydliggöra eventuella antropogena trender. Däremot fann vi att den tidsmässiga variationen minskade betydligt när vi bildade kvoter mellan huvudkonstituenterna och summa katjoner eller anjoner. Speciellt framträdde då en tydlig uppåtgående trend i kvoten mellan natriumkoncentrationen och summa katjoner (se tabell 1).

I den fortsatta analysen av trender fokuserade vi på metoder för att skapa tredimensionella grafer av trendtytor där årtal avsätts längs en axel och olika mätstationer längs en annan axel (se fig. 2). Sådana grafer

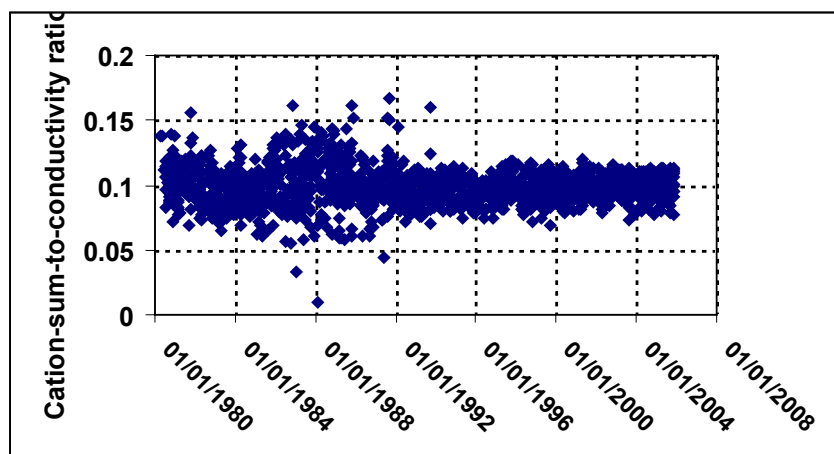


Fig. 1. Observerade kvoter mellan summa katjoner (Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+}) och ledningsförmåga för 80 långa tidsserier av koncentrationsdata från SGUs grundvattenkemiska miljöövervakning.

är speciellt intressanta om man söker efter synkrona förändringar vid ett flertal mätstationer. Bland annat kunde vi konstatera att natrium-trenden främst berörde vattenmagasin med snabb omsättning och höga medelhalter av natrium.

Tabell 1. Resultat från Mann-Kendalltester av kvoterna mellan huvudkonstituenterna och summa katjoner respektive anjoner för 80 långa tidsserier av koncentrationsdata från SGUs grundvattenkemiska miljöövervakning.

Variable	MK statistic	p-value	Significance
NO ₃ /Sum anion	-288	0.491289	
K/Sum cation	-345	0.427657	
Na/Sum cation	1223	0.00045	+++
Cl/Sum anion	268	0.515675	
Mg/Sum cation	-675	0.098742	
SO ₄ /Sum anion	-326	0.29325	
Alk/Sum anion	-237	0.516965	
Ca/Sum cation	-717	0.040882	-
Kond/Sum cation	-753	0.230534	

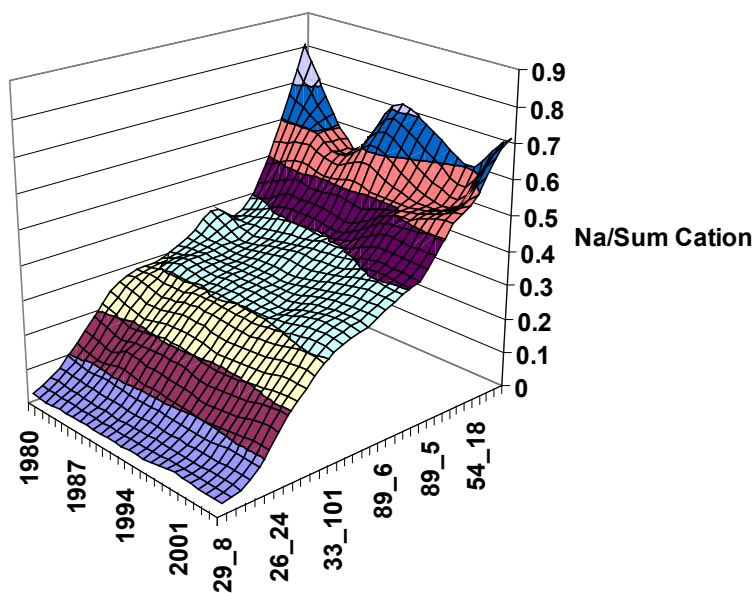


Fig. 2. Trendyta för årliga koncentrationsmedelvärden (kvoter mellan natriumkoncentration och summa katjoner) vid 34 mätstationer med förhållandevis snabb vattenomsättning.

Arbetsmodell för kemisk karakterisering av grundvattenmagasin och tillrinningsområden

LARS-OVE LÅNG, OLOV JOHANSSON, TORBJÖRN PERSSON, BO THUNHOLM & LISELOTTE TUNEMAR, SGU

Bakgrund

Information om grundvattnets kemiska sammansättning används i en mängd olika sammanhang, alltifrån från att bedöma dricksvattnets kvalitet i en enskild brunn till att utföra beräkningar och bedömningar av grundvattnet. Kartläggningen av grundvattnet vid SGU sker på magasin nivå och det är på denna nivå som informationen behövs för arbete med beskrivning av grundvattnet inom vattenförvaltningen.

Långsiktigt bör alla större grundvattenmagasin av betydelse för miljömål och för genomförande av den nya vattenförvaltningen i landet vara kemiskt beskrivna och klassificerade. Det gäller i första hand isälvsvlagringar som utgör de största grundvattenmagasinen, men även andra geologiska miljöer där grundvatten har stor betydelse, t.ex. för den ekologiska statusen. Det finns således ett stort behov av att kunna hitta en rimlig och användbar nivå för den kemiska karakteriseringen av grundvattnet inom ett grundvattenmagasin.

En första preliminär bedömning av förväntad kemisk status av vattnet i ett grundvattenmagasin kan ske med stöd av "Bedömningsgrunder för grundvatten" som är under omarbetning. För detaljstudier finns en rad modellverktyg att tillgripa. Ofta behövs dock betydande tillgång på underlagsdata samt goda detaljkunskaper för att resultatet med givna antagelser ska bli tillfredsställande. I de fall modelleringsverktyg anses kunna användas bör detta ske.

Syfte

FoU-projektets övergripande syfte är att ta fram en praktisk arbetsmodell för att beskriva vattnets kemiska sammansättning i ett grundvattenmagasin. Förslag ska ges som kan mynna i processdokument till kvalitetssystem vad gäller hydrogeologisk kartering vid SGU. I detta ingår att förbättra underlaget för kemiprovtagning i samband med den hydrogeologiska karteringen vid utsättandet av observationsrör.

Projektets olika moment (A, B och C) har delsyften som framgår nedan.

Utfört arbete

- A. Utarbetande av arbetsmodell med tester av vattenkemiska data i SGUs databaser.
- B. Fälttester – vattenprovtagning vid grundvattenkartering.
- C. Framtagande av processdokument för undersökning av grundvattenmagasins kemiska sammansättning vid hydrogeologisk kartering.

A. Utarbetande av arbetsmodell med tester av vattenkemiska data i SGUs databaser

För att förenkla kemisk karakterisering av grundvattenmagasin vid kartering och ha möjlighet att minska behovet av provtagning och påföljande analys har tolkning av bakgrunds- och omgivningsfaktorer som komplement undersökts. För vissa kemiska parametrar kommer provtagning fortfarande att krävas och man måste ta hänsyn i metoden för att det för vissa grundvattenmagasin inte går att göra karakterisering utifrån bakgrundsdata. I ett första steg har en kombination av traditionella statistiska verktyg (korrelationsanalys, variansanalys – ANOVA, principalkomponentanalys – PCA) använts för att testa samband mellan kemidata (från DGV, GRVC och hydrogeologiska parameterdatabasen), kopplade till 1 500 kända grundvattenmagasin och bakgrunds-/omgivningsfaktorer. Dessa faktorer är magasinets area, mäktighet, altitud och grundvattenbildning samt områdets medelnederbörd och medeltemperatur.

Arbetshypotesen är att dessa bakgrundsdata ska kunna användas för att minska/minimera behovet av provtagning och därigenom snabbare och mer kostnadseffektivt genomföra grundvattenkemisk karakterisering. Utifrån genomförd PCA kan de ingående kemiska parametrarna grupperas enligt följande:

- 1) Konduktivitet, pH, **alkalinitet**, sulfat, kalcium och magnesium
- 2) Natrium och **klorid**
- 3) Nitrat
- 4) Kalium
- 5) Fluorid

De understrukna parametrarna föreslås vara ”grupp-representanter” på grund av sin i gruppen inbördes tyngd samt möjlighet till provtagning och analys i fält. Att utesluta provtagning bedöms inte vara realistiskt eftersom osäkerheten i bedömningen skulle bli alltför stor.

De preliminära resultaten visar att det i många fall är möjligt att karakterisera grundvattenmagasin kemiskt utifrån bakgrundsfaktorer. Halterna av samtliga parametrar är positivt korrelerad (ökar) med: 1) Magasinets mäktighet, 2) Medeltemperaturen i området, 3) Magasinets medeldjup under markytan (ej signifikant för alla parametrar) samt 4) Medeluttaget i vattentäkterna i magasinet (ej signifikant för alla parametrar). Halterna är negativt korrelerad med (minskar): 1) Medelhöjd över havet för magasinet, 2) Medelnederbörd i området samt 3) Beräknad grundvattenbildning.

Tabell 1 är en sammanställning av sambanden mellan undersökta kemiska parametrar och bakgrundsfaktorer.

Tabell 1. Förklaringsgraden för respektive kemiparameter samt vilken grupp, ur principalkomponentanalys, parametern tillhör. Signifikanta korrelationer, R (gul = negativ korrelation, grön = positiv korrelation) mellan kemiparameter och bakgrundsfaktor samt deras inbördes procentuella del av förklaringsgraden.

	Kond	Alk	SO ₄	Ca	Mg	Na	Cl	NO ₃	F
Förklaringsgrad parameter (R ²)	0,680316	0,688538	0,514672	0,706123	0,603572	0,319871	0,258106	0,209645	0,498189
Grupp (PCA)	1	1	1	1	1	2	2	3	5
Höjd variation	9,5	17,4	11,3						
R	-0,11156	-0,04431	-0,16724						
Medelhöjd	13,1	10,2		4,1		11,8			
R	-0,47035	-0,41066		-0,31443		-0,49318			
Variation mäktighet	9,9		15,1		12,3	31,6	22,7	26,4	
R	0,19946		0,12745		0,19352	0,14601	0,18022	0,1373	
Mäktighet									
Medeltemperatur		9,9				21,9	29,2		
R		0,19242				0,44392	0,49323		
Medelnederbörd					6,3				
R					-0,1404				
Grundvattenbildning		3,6							23,2
R		-0,33174							-0,27858
Medeluttag	23,4	26,0	26,2	58,7	8,8				12,9
R	0,16988	0,06594	0,15269	0,43764	0,1599				0,22765
Area		29,6		20,3	48,2				
R		0,06613		0,12064	0,10086				

För att ytterligare kunna minska provtagning har även försök gjorts att gruppera grundvattenmagasin med avseende på kemiska parametrar. De resultat som hittills uppnåtts tyder på att bakgrundsfaktorer skulle kunna användas som ett värdefullt stöd vid kemisk karakterisering av grundvattenmagasin tillsammans med enstaka prover/analyser. De försök till grupperingar av grundvattenmagasin som gjorts visar exempel på både där det inte går att gruppera (fig. 1a) samt där det går (fig. 1b). Sammantaget visar de statistiska bearbetningarna på att grundvattenmagasin kan grupperas i betydande omfattning.

Det fortsatta arbetet med arbetsmodellen kan delas in i två delar:

- 1) Att klassificera kemiparametrarna (t.ex. efter de tillståndsklasser som används inom miljöövervakningen) och att ta fram en metod för hur och vilka bakgrundsfaktorer som skall användas för att beskriva parametrarnas klasstillhörighet.

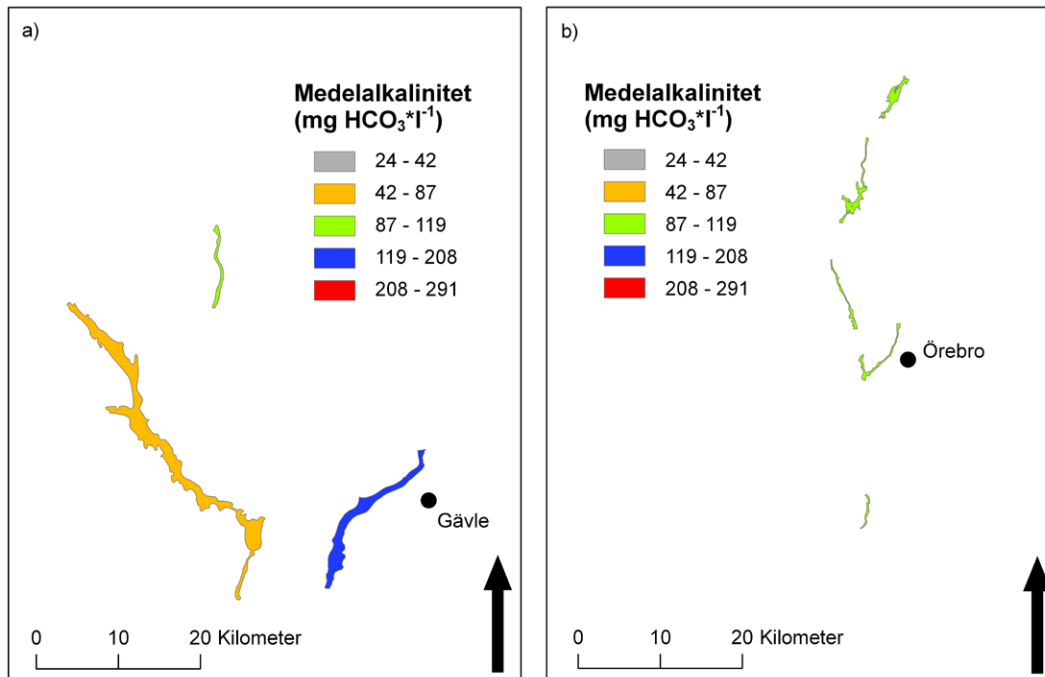


Fig. 1. a) Förekomster som trots att de ligger nära varandra inte går att gruppera, exempel med alkalinitet. b) Förekomster som går att gruppera, exempel med alkalinitet.

- 2) Att undersöka i hur stor utsträckning man kan gruppera grundvattenmagasin med liknande bakgrunds-faktorer för att minimera antalet provtagningar/analyser. I denna del ingår även att fastställa var grup-pering av magasin är tillämbart.

B. Fälttester – vattenprovtagning vid grundvattenkartering

Kemiska analyser på grundvatten utförs i samband med drivning av observationsrör inom den hydrogeolo-giska karteringen vid SGU. Det är angeläget att dessa analyser kan användas effektivt vid den kemiska ka-rakteriseringen av grundvattenmagasin. Inledningsvis diskuterades en harmonisering med den regelbundna miljöprovtagning som utförs av hydrogeologiska enheten. Det praktiska provtagningsarbetet företogs i sam-band med hydrogeologisk kartering i Jönköpings kommun aug -07. Detta har i korthet hittills innefattat följande moment:

- 1) Arbete med att iordningställa inköpt pumputrustning för möjliggörande av vattenprovtagning utan att syresätta tagna vattenprov.
- 2) Identifiering av grundvattenmagasin för jämförande vattenprovtagning.
- 3) Jämförande vattenanalyser från två platser i samma grundvattenmagasin för: blåst (syresatt) prov, pumpat prov, pumpat prov-kyllagrat, grundvattenprov från grundvattentäkt med stor omsättning, grundvatten-prov från schaktbrunn med och utan omsättning samt grundvattenprov från källa. Även vattenprov från anslutande ytvatten har tagits.

Utvärderingen pågår och vid behov kommer viss kompletterande provtagning att ske.

C. Utkast – processdokument för undersökning av grundvattenmagasins kemiska sammansättning vid hydrogeologisk kartering

Utifrån erhållna resultat under moment A och B, samt tidigare och ny erfarenhet från främst karteringen, kommer förslag på dokument för införande i SGUs processer för genomförande av hydrogeologisk under-sökning tas fram. Dessa dokument gäller specifikt arbetsmoment för beskrivning av grundvattnets kemiska

sammansättning i grundvattenmagasin. Nedan följer kort sammanfattning av föreslag på dokument som ska införas under huvudrubrikerna Förberedelse, Fältarbete respektive Bearbetning.

Förberedelse

Allmänt: Insamling av kemiska analysprotokoll med minimikrav på innehåll och kvalitetskontroll.

Insamling interna informationskällor vid SGU: ex. GeoRegister, Centralarkivet, Biblioteket, andra databaser som brunnsarkivet, kemiarkivet, Grundvattennätet, grundvattenövervakning, DGV, etc.

Insamling externa informationskällor: ex. Kommuner, Länsstyrelser, Statliga verk, Konsultutredningar, etc.

Fältarbete

Urval av lokaler för provtagning, utförande vid provtagning ur observationsrör, etc. samt provhantering.

Bearbetning

Förslag på metoder för kontroll, utvärdering och redovisning av analysresultat som kan rekommenderas beroende på tillgång av data, kvalitetsaspekter, variationer i halter för enskilda parametrar, etc. För varje metod ges en kortfattad beskrivning som bl.a. tas fram från resultaten under moment A.

Samverkan mellan pesticiddatabasen vid SLU och DGV-databasen vid SGU

LINDA AHLSTRÖM*, MAGDALENA THORSBRINK*, MIRJA TÖRNQUIST** & JENNY KREUGER**, *SGU, **SLU

Bakgrund och syfte

Avdelningen för vattenvårdslära vid SLU har sedan 2001 byggt upp den mest omfattande databasen avseende analyser av pesticider i landet (Regionala Pesticiddatabasen, RPD). Den omfattar analyser från yt- och grundvatten mellan åren 1985–2007 och hösten 2007 ingick analyser från ca 11 000 vattenprov i databasen. Insamling har skett via direkt kontakt med kommunerna. (Adielsson m.fl. 2006)

Vid SGU sker uppbyggnad av en nationell databas (Databas för grundvattenförekomster och vattentäkter, DGV) som omfattar information om vattentäkter som producerar mer än 10 m³/dygn eller försörjer fler än 50 personer samt den kemiska sammansättning på råvattnet som används i dessa täkter. Avtal har tecknats med närmare 200 av landets kommuner vad gäller tillstånd för överföring av kemiska analyser på vatten i allmänna vattentäkter från analyslaboratorium till DGV. Genom data från analyslaboratorierna har nära 2000 pesticidanalyser kunnat kopplas till allmänna vattentäkter i DGV.

Det finns således analysdata om pesticider lagrade i två olika databaser, där SLUs databas innehåller mycket fler analysuppgifter. I DGV däremot, finns lägesbestämningar för vattentäkterna vilket till största delen saknas i RPD. Användbarheten vad gäller arbete med flera miljömål, Ramdirektivet för vatten, i kommunernas planering, m.m. ökar drastiskt om analysresultaten i RPD kan hänföras till vattentäkt med lägesbestämd plats.

Projektet har haft som mål att 1) ta fram ett förslag på samkörning av de två databaserna så att så många som möjligt av analyserna i RPD kan hänföras till lägesbestämd vattentäkt i DGV, 2) genomföra förslaget, 3) ta fram en plan för vidare uppdatering samt ansvarsfördelning vid lagring, utlämnande samt bearbetning och publicering av data, samt 4) utföra en första utvärdering av data.

Likheter och skillnader mellan RPD och DGV

Databasstruktur och parameterinnehåll: Mycket av informationen som lagras i RPD finns i någon motsvarande tabell i DGV. Den största skillnaden mellan databaserna är att i DGV lagras den information som är gemensam för de båda databaserna i åtta tabeller. I SLUs databas lagras motsvarande information endast i huvudtabellerna Prov och AnalysResultat. En annan skillnad är att i nuläget saknas helt uppgifter om brunnsdjup i DGV. I framtiden skall dock möjligheten att lagra djupuppgifter även införas i DGV.

Vattenprover: Betänker man vilka olika varianter av provlagring som kan förekomma för befintliga vattenprov i DGV och RPD har olika varianter enligt tabell 1 identifierats. Ett förslag till dataflöde mellan databaserna med utgångspunkt från dessa varianter av provtagning har tagits fram (fig. 1). Det berör dels de befintliga analyserna enligt den övre delen av modellen i figur 1 (redan insamlade data), dels en plan för framtida insamlingar av data med utgångspunkt från vilka lokaler som det finns information om inlagrade i DGV.

Tabell 1. Olika varianter av provlagring.

Beteckning	Beskrivning
1	Provet finns i DGV men ej i RPD, SLU känner inte till lokalen/provtagningsplatsen
2	Provet finns i DGV men ej i RPD, SLU känner till lokalen/provtagningsplatsen
3	Provet är en dubblett, dvs. det finns både i RPD och i DGV
4	Provet finns i RPD men ej i DGV
4a	Provet kan kopplas till DGV
4b	Provet kan ej kopplas till någon lokal i DGV (lokalen finns endast i RPD)

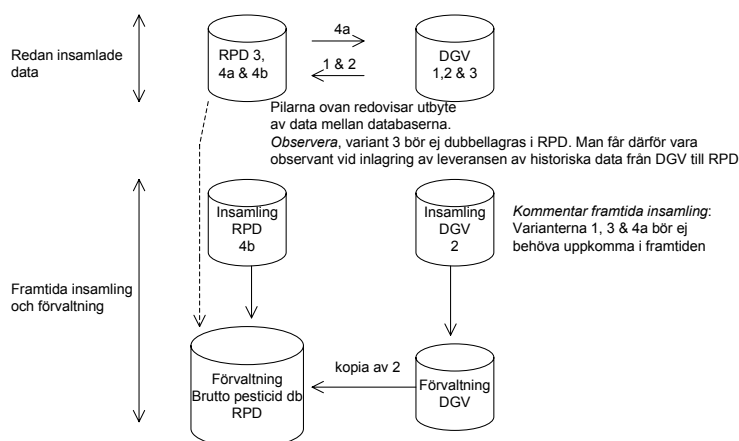


Fig. 1. Samordningsförslag för insamling och lagring av pesticidanalys. Siffrorna i figuren motsvarar de olika varianter av provlagring som listas i tabell 1.

Sammanställning av pesticidanalys i DGV

Till DGV har 11 115 pesticidanalys inkommit. Av dessa har 369 identifierats som dubletter, dvs. analysresultat har inkommit från SLU samt från analyslaboratorium. I denna sammanställning har dubletterna från SLU tagits bort. Sammanställningen är alltså baserad på de 10 746 provresultat som inkommit till DGV. Av de inkomna proverna har 6 657 prover kopplats till någon vattentäkt i DGV. Av de kopplade proverna kommer knappt 2 000 direkt från analyslaboratorier till DGV medan drygt 4 700 har inkommit via SLU.

Proverna har kopplats till 1 320 olika platser (vattenverk, vattentäktssområde eller brunn) i DGV. För vattentäktssområden visas fördelning över antalet prover per vattentäktssområde i tabell 3. Dessa prover kan vara tagna i samma punkt, men en del av proverna kommer från olika brunnar, inom samma vattentäktssområde.

Tabell 3. Fördelning av antalet prover per vattentäktssområde i DGV.

Antal prover	Antal vattentäktssområden
>100	4
50–99	6
10–49	103
2–9	588
1	299

Som exempel på resultat visas i figur 2 andelen fynd av totala antalet pesticidanalys per vattenkategori, uppdelat i olika intervall beroende på hur hög summahalten av pesticider är. För de analysresultat där det angivits att halten är under bestämningsgränsen har halten satts till 0 i denna sammanställning. Lägst andel prover med fynd av pesticider har gjorts i ytvatten, och högst andel fynd har hittats i grundvatten utan konstgjord infiltration. Andel fynd med halter under 0,1 µg/l ligger för alla kategorier nära 30 %. Andelen prover med halter över 0,1 µg/l är endast 1 % för ytvatten, medan andelen för grundvatten utan konstgjord infiltration är drygt 20 %.

Sammanställning av pesticidanalys i RPD

Databasen innehåller resultat av växtskyddsmedelsanalyser utförda på 12 048 prover från Sveriges samtliga län och drygt 80 % av kommunerna. Största andelen prov kommer från grundvatten, vars andel har ökat från slutet av 90-talet. Andelen prover med ospecificerat ursprung ligger på 3 %. Denna andel har minskat över åren på grund av att kvalitetskraven på infört material har ökat.

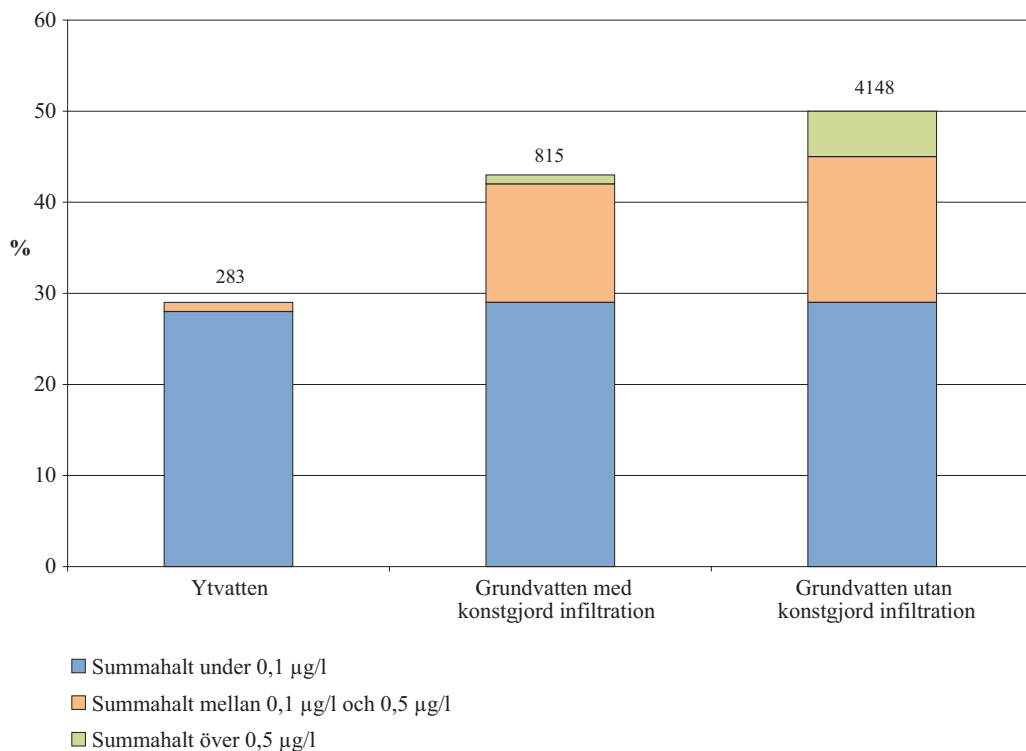


Fig. 2. Andel fynd av totala antalet pesticidprover kopplade till DGV per vattenkategori (ytvatten, grundvatten med konstgjord infiltration respektive grundvatten utan konstgjord infiltration) i procent (%). Fördelningen av summahalterna i proverna visas i olika intervall. Ovan staplarna anges det totala antalet prover för varje kategori.

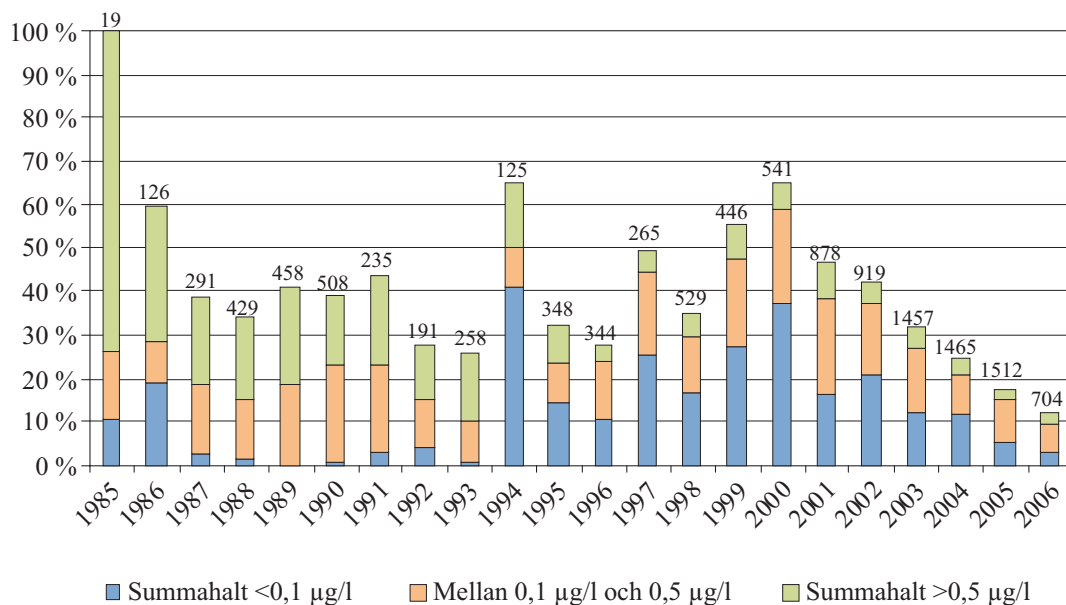


Fig. 3. Andel fynd av totala antalet prov i samtliga vatten varje år. Fördelningen av summahalterna i proverna visas i olika intervall. Ovan staplarna anges det totala antalet prover varje år.

Andelen fynd med sammanlagda pesticidhalter över 0,5 µg/l har minskat över åren vilket kan ses i figur 3. Detta kan bland annat höra samman med att andelen grundvattenprov har ökat med åren. I grundvatten förväntar man sig en lägre koncentration av växtskyddsmedel genom vattnets rörelse genom markprofilen. Att andelen prover med totalhalter över 0,1 µg/l ökar beror till stor del att detektionsgränserna för flertalet substanser har sjunkit och därmed kan fler substanser påträffas vid lägre halter.

I de prover som kunnat kopplats till vattentäkter i DGV finns de högsta halterna i grundvattentäkter utan konstgjord infiltration. I RPD hittas de högsta halterna av pesticider i ytvatten. Skillnaderna kan förklaras av att många av de ytvattenprover som finns i RPD är tagna i mindre bäckar, där koncentrationerna är högre än i stora sjöar. Ytvattentäkter ligger företrädesvis i lite större sjöar. I områden påverkade av jordbruksmark används inte ytvatten för dricksvattentäkter i så stor utsträckning.

Förslag framtida datautbyte

SGU ska framledes skicka data till RPD en gång om året, efter att data kopplats och sammanförts i DGV. Uppskattningsvis kommer ca 400 prov per år att överföras. Proverna överförs i Access-format. SGU uppdaterar årligen den lista över kommuner varifrån analysdata erhålls så att SLU ej behöver kontakta dessa kommuner.

SLU kan fokusera sin insamling på det data som de inte får via SGU. Överföring av data från RPD till DGV kommer i framtiden troligen inte vara aktuellt, förutsatt att SGU på sikt får in analysresultat från alla allmänna vattentäkter till DGV. Om SLU ändå får in data som berör vattentäkter som finns i DGV, men ej i DGVs leveranser av pesticidanalyser till RPD, skickar SLU över data för dessa till SGU.

Referenser

- Adielsson, S., Törnquist, M., Asp, J. & Kreuger, J., 2006: Sammanställning av den generella pesticid databasen. *Teknisk rapport 102 version 2. Avd för vattenvårdslära, SLU.*
- Thorsbrink, M., Ahlström, L., Lång, L-O. & Mellqvist, E., 2006: Råvattenanalyser i databasen för grundvattenförekomster och vattentäkter (DGV), lägesrapport maj 2006. *SGU-rapport 2006:11.*