

GEOLOGISKT FORUM

The background of the cover is a photograph of a woman with brown hair, wearing a grey jacket, using a geological hammer to strike a rock. The rock is light-colored and has some orange-brown mineral deposits on it. The background is dark and blurry, suggesting an outdoor setting at night or in low light.

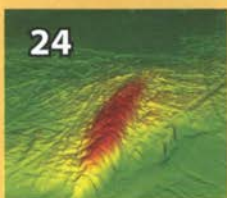
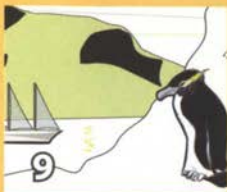
NR 56 DECEMBER 2007
ÅRGÅNG 14

**Uran i Gotlands
kalksten**

**Expedition
Campbell Island**

**Syrebrist
i Östersjön**

INNEHÅLL nr 56 dec 2007



NYHETER OCH REDAKTIONELLT

	SIDA
Nobels fredpris ett erkännande för miljö- och resursfrågorna.	3
Barnens Jord.	4-5
Årets geolog 2007: Else Marie Friis. <i>Ulla Sundin Beck.</i>	6
Bok med guldkant.	6
(o)måttlig roman.	7
Mot antarktisk sommar.	7
Hallå där! Vivi Vajda och Pär Weihed.	8
Stödprenumeranter.	26
Rapport från 20-årsjubileum 2007. WOGOGO. <i>Anette E.S. Högström, Jan Ove E. Ebbestad, Linda M. Wickström, Åsa M. Frisk.</i>	32
Kalendarium och notiser.	33
Chans att delta i intressanta geologiexkursioner.	33
Recension: Landet blir til. Norges geologi. <i>Joakim Mansfeld.</i>	34
Sista ordet: Boliden. Utmaningen är att fortsätta vara attraktiv som arbetsgivare.	35
Geonytt.	36

ARTIKLAR & REPORTAGE

Expedition Campbell Island: <i>Vivi Vajda.</i>	9-12
Lögnaktiga stenar. <i>Mats E. Eriksson.</i>	13-15
Flygmätningar ger ny syn. <i>Lena Persson och Mikael Erlström.</i>	16-19
Ibland är syrebrist ett normalt tillstånd. <i>Lovisa Zillén, Daniel J. Conley och Svante Björck.</i>	20-23
Isberg lämnade spår på havets botten. <i>Fredrik Klingberg.</i>	24-26
Dags att byta pol? <i>Lovisa Zillén, Ian Snowball och Peter Riisager.</i>	27-31

Ansvarig utgivare: Joakim Mansfeld
tel 08-674 77 27, e-post: gff@geo.su.se

Populärvetenskaplig redaktör: Anna Kim-Andersson
tel 036-440 01 20, e-post: anna@qi-media.se
För text, layout och bilder svarar redaktören där inget annat anges.

Redaktionens adress: Geologiska Föreningens redaktion
Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet,
106 91 Stockholm
tel 08-6747727, fax 08-674 78 97
e-post: gff@geo.su.se; www.geologiskaforeningen.nu

Illustratör, omslagsbild: Geologen Vivi Vajda fotograferad
av Gunnar Menander.
Upplaga: 1 600 ex.
Tryckeri: Masala media.
Ordinarie lösnummerpris: 50 kr.

För annonser, distribution, prenumerationsärenden, adress-
ändring köp av tidigare nummer samt reklamationer: kontakta
redaktionen.

ISSN 1104-4721

2 GEOLOGISKT FORUM nr 56 / 2007

Geologiskt forum ges ut av Geologiska Föreningen i samarbete
med föreningen för Geologins Dag och med ekonomiskt stöd från
Sveriges geologiska undersökning, SGU. Tidningen ingår i det ordi-
narie medlemskapet i Geologiska Föreningen. En helårsprenumera-
tion på Geologiskt forum utan medlemskap kostar 160 kronor/år.
Ange namn, adress och e-postadress, vid betalning
till vårt Plusgiro: 2108-9.

Tidningen har sedan starten 1994 publicerat populärvetenskapliga
artiklar inom geovetenskapens alla områden. Tidningen informerar
Dig om aktuella händelser, litteratur och personer med anknytning
till ämnet. Tidningen vill även vara ett forum för åsikter och debatt.
Mer information på www.geologiskaforeningen.se

Varmt välkommen att kontakta tidningens redaktör Anna
Kim-Andersson om du vill medverka i Geologiskt forum – hör av
dig innan du sänder ditt manuskript. Författarna svarar själva för
innehållet i sina artiklar. Nästa nummer av Geologiskt forum är ett
extratjockt temanummer om Year of Planet Earth. Utgivning i mars.

Geologiska Föreningen
1844-71

Nobels fredspris ett erkännande för miljö- och resursfrågorna

Nobels fredspris 2007 gick till Al Gore och FN:s klimatpanel: "För deras insatser för att ta fram och sprida större kunskaper om människoskapade klimatförändringar och för att de lägger grunden för de åtgärder som krävs för att motverka dessa ändringar."

Världens blickar riktades än mer intensivt mot Klimatfrågan när Nobelkommittén i Norge i oktober meddelade att årets fredspristagare är före amerikanske vicepresidenten och klimatdebattören Al Gore, tillsammans med IPCC, det vill säga FN:s klimatpanel *Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Professor Svante Björck vid GeoBiosfärscentrum, Lunds universitet, anser att Nobelkommittén

gjorde ett spännande val.

– Nomineringen visar att klimatfrågan är relaterad till fredsfrågan. Detta är också ett ställningstagande som visar att resurs- och överlevnadsfrågor är viktiga inte minst för att människan ska kunna undvika stora konflikter, säger Svante Björck.

För Al Gore är Nobelpriset en eloge för allt informationsarbete som han bedrivit, inte minst i USA, där klimatfrågan är infekterad på många olika sätt.

– Att sedan även hela IPCC-gruppen fick det är ett erkännande till de seriösa försök som IPCC utgör och som handlar om att försöka komma fram till "internationella" vetenskapliga sanningar gällande människans utsläpp av växthusgaser och dess effekter på Jordens klimat, fortsätter Svante Björck.

Att det fortfarande finns motståndare till teorin om att människans utsläpp av växthusgaser ger ett varmare klimat tar han med en nypa salt.

– Det finns fysiska förklaringar till växthuseffekten. Alla naturvetare är överens om att effekten existerar. Vi observerar också en ökande uppvärmning på Jorden. Men hur stor del av den som kan relateras till just växthuseffekten, ja, det återstår för vetenskapen att svara på den frågan. Det är bra att det finns skeptiker. Det stärker forskningen inom fältet, avslutar Svante Björck.



Före detta amerikanske vicepresidenten Al Gore har engagerat sig i klimatfrågan, bland annat genom att föreläsa, skriva en bok och göra en film om ämnet. Filmen *En obekväm sanning* (An Inconvenient Truth) kom ut förra året och har sedan dess hunnit att få dels två Oscar-statyer för Bästa dokumentär och Bästa sång, samt skapat debatt om klimatfrågan världen över. Nu har Al Gores insatser även belönats med Nobels fredspris.

Klimatfrågan. Eller: När livet spelade mig ett spratt

Det är arla morgonstund och jag tar en taxi till flygplatsen. Är nyvaken och inte pratsugen. Men taxichauffören konverserar mig. "Det är kallt ute." "Fast visst har det blivit varmare generellt, det märks ju." Jag mumlar fram mmm, jooo. Men hajar till när han säger ... "ja, vi har ju fått det varmare nu, när jordaxelns lutning mot solen har ökat."

Men stopp och belägg! Vadå jordaxelns lutning mot solen? "Jo, det har man sagt på radio och TV."

Nu är jag vaken. Är minsann geolog och nu ska världen fräslas, i alla fall denna förtappade själ! En känsla av upplysningsplikt kallar. Den moderna civilisationen har släppt ut växthusgaser av stora mått i atmosfären – eller hur! – och forskarvärlden lägger i rapport efter rapport fram rön om hur detta påverkar jordens klimat.

Bilen susar fram genom landskapet. Jag drar ett djupt andetag och ... Men chauffören hinner före och säger "Titta!", samtidigt som han pekar ut genom fönstret. Vi passerar just en liten skogstjärn där sjöröken ligger skir över spegelblankt vatten. Det är andlöst stilla. Sedan anländer vi till flygplatsen. Diskussionen får inget avslut.

På kvällen sitter jag på ett hotellrum med tid över. Skriver några copytexter åt en kund, ett glasbruk (ja, jag är även journalist och copywriter). Morgonen spelas upp i mitt minne. Tack vare chauffören var jag vaken de där sekunderna när vi passerade sjön. Jag skriver inspirerat om frusna ögonblick där ljuset bryts i glas, tid och rum.

I efterhand konstaterar jag att jag missade tillfället att prata mer om Jorden och klimatfrågan. Men jag vann en annan gyllene stund istället. Har också fått beröm för den säljande copyn.

/ Anna Kim-Andersson,
populärvetenskaplig redaktör



Barnens Jord

I klass 3A på Talavidskolan har barnen haft historia på schemat i höst. Egentligen en ämnesövergripande undervisning inom ramen för samhälls- och naturkunskapsämnena. Planen har varit att gå från Big Bang via livets uppkomst i havet och på land, fram till människans begynnelse och sedan sten-, brons- och järnåldern.

– Det är generellt svårt för barnen att ta till sig tidsbegreppet, berättar klassföreståndare Christina Käll.

För att försöka åskådliggöra tiden ritade lärare och elever upp en fem meter lång linje på golvet. Jordens historia blev överblickbar. Tillsammans konstaterade klassen att människans tid på Jorden bara motsvarar en enda centimeter på den låååånga linjen.

– Vi försöker vara konkreta i klassrummet. Men det är ändå abstrakt att röra sig på tidsskalan, från miljarder och miljoner år till 10 000 och 1 000 år, fortsätter Christina.

Skapelsen stod i centrum vid tre undervisningstillfällen. Barnen fick lära sig att forskarna kommit fram till att universum uppkom i en stor smäll, Big Bang, men att det också finns människor som tror på en annan skapelseberättelse.

– I undervisningen ingår att tala om att vissa saker är vetenskapligt belagda. Men också att visa på det religiösa perspektivet. Många människor tror samtidigt på en Gud, säger Christina.

Livets stora frågor avskräckte dock inte 9-åringarna, de var mycket entusiastiska. Tillsammans läste de mer om universums och livets historia i en bok om forntiden. De enades sedan om några meningar som sammanfattade Jordens födelse. Därefter fick de i uppgift att rita hur de tänkte sig att det kunde ha sett ut. Många fina alster kom till världen. Geologiskt forum fick ta del av några av dem: Emma såg framför sig en stor lavaklump. Noah målade en explosion. Daniel skildrade Jorden både på distans och på nära håll. Linda placerade Jorden i något som kanske är ett stort gap.

När man ser barnens illustrationer förstår man att de fått sig en liten dos geovetenskap, på ett trevligt sätt integrerad med andra läroämnen. Förhoppningsvis får de lära sig mer om detta spännande vetenskapsområde i framtiden. Och förhoppningsvis kommer deras upptäckarglädje, nyfikenhet och fantasi att få fortsatt stimulans. Må deras kreativitet aldrig sluta att flöda.

/ Anna Kim-Andersson

Teckningarna är publicerade med tillstånd från barn och föräldrar i klass 3A, Talavidskolan, Jönköping. Ett varmt tack för detta! Tyvärr kunde vi inte publicera klassens alla vackra och härliga alster – lotten avgjorde vilka som kom med.

Jorden föds

Jorden föddes för 5 miljarder år sen.
Jorden var
en enda stor lava klump.
Ingenting levde här.



Emma

EMMA

Jorden föds

Jorden föddes för 5 miljarder år sedan.
Då var den ett glödande klot. Ingenting levde här.



Noan

Jorden föds

Jorden föddes för 5 miljarder
år sedan. Då var den ett
glödande klot. Ingenting
levde här.



Påra Hall

Daniel

Jorden föds

Jorden föddes för 5 miljarder år sedan.
Då var den ett glödande klot. Ingenting levde här.



Linda

Årets geolog 2007

Else Marie Friis är geologen som kartlägger blomväxternas historia. Hon är också chef för en avdelning vid Naturhistoriska riksmuseet med en av världens största paleobotaniska samlingar.

Hon vill egentligen vara hemma i Sverige så mycket som möjligt.

– Vi har ett otroligt spännande material med massor att undersöka, säger Else Marie Friis, Årets geolog 2007, professor i paleobotanik och sektionschef vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm.

En bild på museets hemsida visar trots detta Else Marie Friis i Kina. Det är ingen tillfällighet. Hon har varit där många gånger men även på semester.

– Vi kunde inte låta bli att titta på vegetationen när vi väl var där, säger Else Marie Friis.

En paleobotaniker studerar med förkärlek både dåtida, fossila, och nutida växter – och Kina är en stor och viktig forskningspartner. För cirka hundra år sedan reste "Kina-Gunnar", geologen Johan Gunnar Andersson, från Sverige till Kina och samlade material som bland annat blev grunden för Östasiatiska museets samlingar i Stockholm. Som geolog förstod han var man

kunde leta efter både kulturlämnningar och fossil. En del av hans insamlade material finns i Kina men en viktig del också i Sverige, vilket gör det intressant även för kinesiska forskare att komma hit.

Else Marie Friis är tack vare sitt arbete i Kina, kring blomväxternas historia, invald i den kinesiska vetenskapsakademien som den fyrtionde från utlandet. Dessutom var hon den första kvinnliga, samt vid invalet även den yngsta, ledamoten i hela akademien. Hennes akademiplats underlättar vid möten med kinesiska forskare och ger både information och kontakter.

Den kinesiska vetenskapsakademien träffas inte så ofta som motsvarande svenska, men Else Marie Friis deltog i ett möte för några år sedan och blev mycket imponerad.

– Både den kinesiske presidenten, premiärministern och många andra ministrar var där och talade med forskarna för att hålla sig informerade. Där tar man verkligen forskningen på allvar!

Naturhistoriska riksmuseets samlingar utökas hela tiden, och de vanligaste insamlingsområdena för Else Marie Friis forskning är Portugal, östra Nordamerika och Sverige. Det mest långvariga samarbetet finns annars med Danmark, inte minst på hennes personliga plan. Där växte hon upp, där bor livskamraten som samtidigt är kollega.

– Det är viktigt att tycka om varandra, att tänka lika och att vänskapen finns där, och det gäller självklart även i forskningsutbytet med alla länder! Forskare måste ha ett stort kontaktnät.

På museet tar administration och personalansvar tid. Hon leder och fördelar arbetet för femton personer som i sin tur sköter arbetet i samlingarna och övrig forskning.

– Jag är chef för en fantastisk avdelning med en av världens största paleobotaniska samlingar. Varje år har vi omkring 500 gästdagar och femtio gäster som stannar under olika långa perioder. Man kan

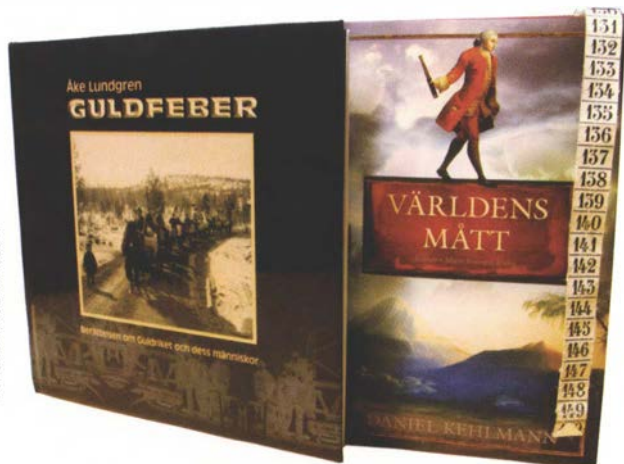


FOTO: SARA JOHANSSON

Bok med guldkant

Guldfeber. Berättelsen om Guldriket och dess människor. 120 sidor. Åke Lundgren. Bokförlaget Guldriket, 2006.

Hundra år bakåt, nutid, framtid. Guldfeber är en bok om Västerbotten och de guldfynd som förvandlat ödemarkerna där till "ett Klondyke för drömmare, geologer och klippare". Men framför är detta en bok rik på människor, ty den handlar om människornas öden, åskådliggjorda med hjälp av fotografier och minnen, snarare än om guld, gruvorna och bolagens historik. Bildnamn som Bolidenpionjärer, Vid plockbandet och Sist i gruvan ger en försmak om Guldfebers innehåll.



Else Marie Friis arbetar med angiospermernas, det vill säga blomväxternas historia. Hennes fokus är reproduktionsbiologi, fylogeni och paleoekologi, baserat på studier av blommor, frukter, frön, ståndare och pollen i lager från krita (145-65 miljoner år gamla).

gärna jämföra våra samlingar med ett speciallabb eller specialinstrument. Många forskare måste helt enkelt hit för att se samlingarna och därefter komma vidare i sin egen forskning. Botaniker kräver bra kalibreringspunkter med fossil för att datera sina släktskapsträd.

Framtida projekt finns också. Else Marie Friis skrev tillsammans med kolleger under 1980-talet ett verk om blommornas utveckling och det sålde snabbt slut. Så småningom hörde Cambridge University Press av sig om en nyutgåva och de tre författarna har nu arbetat länge mot en deadline som har flyttats framåt ... Men med en paleobotanikers perspektiv är det ingen fara. Under våren 2008 ska materialet till en redaktör, som får ta hand om ett tusensidigt manus.

Ett annat tillfälle att sprida forskning är i de vetenskapliga tidskrifterna. Tidskriften Nature hade så sent som i november en artikel signerad av Friis med flera.

Det finns också ett publikintresse, vilket märks i radio och tv. I olika kanaler har man uppmärksammat blommornas ursprung och forskningen omkring den.

– Jag är annars inte särskilt bra på att popularisera, säger Else Marie Friis. Ett problem är att jag inte skriver tillräckligt bra på svenska, ett annat att det inte finns särskilt många bra forum för populärvetenskap i Sverige.

Ett sådant är dock Forskning & Framsteg där Else Marie också har medverkat. Och nu har alltså även Geologiskt forum uppmärksammat henne som: Årets geolog 2007.

/ ULLA SUNDIN BECK är frilansjournalist.

Utmärkelsen Årets geolog går till en geolog som flyttat fram geologins position i samhället. Årets geolog utses av Geologsektionen inom Naturvetareförbundet.

Mot antarktisk sommar

Lagom till jul möts ett svenskt och ett japanskt forskarteam – mitt emellan den svenska forskningsstationen Wasa och den japanska stationen Syowa – på Antarktis.



En folder om den svensk-japanska bandvagnstraversen finns att ladda ner på www.polar.se

Forskarna tar sig fram över kontinenten längs en förutbestämd glaciologisk travers med hjälp av bandvagnar. Under färdens gång tar de yt- och luftprover. De gör även mätningar av isens och snöns djup och rörelse. Projektledare är professor Per Holmlund vid Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi vid Stockholms universitet.

Sammantaget var det ett tjugotal svenska forskare som gav sig iväg mot den antarktiska sommaren i slutet av november i år inom ramen för SWEDARP 2007–2008. Flera av forskarna arbetar, förutom med traversen, vid Wasa där mätningar görs av partiklar i luften med hjälp av atmosfärisk radar. Syftet med detta är att jämföra aerosoler i den nedre delen av atmosfären i Antarktis respektive Arktis.

Vid Sydpolen, vid Amundsen-Scott-stationen fortsätter det internationella partikelfysikprojektet IceCube som pågår år 2005–2010 med syftet att bygga ett neutrinteleoskop. Svensken Sven Lindström har deltagit i över ett år och precis åkt hem. Ytterligare åtta svenskar jobbar i projektet säsongen 2007–2008. Källa: www.polar.se

(o)måttlig roman

Världens mått. 250 sidor. Daniel Kehlman. Albert Bonniers Förlag, 2007.

Boken inleds: "I september 1828 lämnade landets störste matematiker för första gången på flera år sin hemstad för att delta i Tyska naturforskarkongressen i Berlin." Observera att detta, trots att dess huvudrollsinnehavare är matematikern Carl Friedrich Gauss och naturvetaren och forskningsresenären Alexander von Humboldt, inte är en faktabok utan en skönlitterär sådan som utspelar sig i historisk tid. Boken har sedan den kom ut toppat de tyska bestsellerlistorna och petat ner både Da Vinci-koden och Harry Potter från plats nummer ett. Både Gauss och Humboldt gjorde arbeten som fått betydelse för vetenskapen, så även geovetenskapen. De båda utforskade bland annat jordmagnetismen. Med hjälp av mustiga personportätt, miljöer och tidsbilder skildrar Kehlman två olika upplysningsmänniskor vars liv cirklade kring vetenskapen intill besatthet.

Hallå där!

Geologiska Föreningens styrelse består av flera aktiva och duktiga geologer. Här talar Geologiskt forum med ordförande Pär Weihed, som snart börjar blogga, samt med Vivi Vajda, paleobotanikern som från och med i år innehar en KVA-tjänst vid Lunds universitet.

Vivi Vajda är invald som ny sekreterare i Geologiska Föreningens styrelse år 2008–2009.

Välkommen! Vem är du?

Jag är född och uppvuxen i Malmö och äldst i en syskonskara på tre. Mina föräldrar kom hit som flyktingar från Ungern, i samband med Ungernrevolten 1956. Idag bor jag i Lund med min två barn Andrea och Daniel. 1998 disputerade jag i Historisk

geologi och Paleontologi vid Lunds universitet. Min avhandling behandlade skånska lagerföljder från jura och krita med fokus på palynologi (fossila pollen och sporer). Jag tillbringade mitt postdoktorsår på Nya Zeeland. Sedan 2005 är jag docent vid GeoBiosfärscentrum, Lunds universitet.

Vad är en KVA-tjänst?

Det innebär att min forskning under fem års tid finansieras av Kungliga Vetenskapsakademien med medel från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse

Vad gör du som forskare? Några spännande projekt på G?

Jag arbetar med frågor som rör klimat- och biodiversitetsförändringar ur ett geologiskt tidsperspektiv. Jag intresserar mig främst för tidsintervall med katastrofala omvälvningar i ekosystemen, till exempel massutdöenden. Mitt huvudsakliga verktyg är fossila växtpollen som direkt avspeglar svunna, landbaserade ekosystem.

Än på spännande projekt så planerar jag en expedition till Sydamerika för att studera

fantastiskt välbevarade växtfossil från silurtiden då de första växterna koloniserade land.

Vad bidrar du med till Geologiska Föreningen?

Jag sätter en stor ära i att få arbeta för Geologiska Föreningen och fortsätta med det arbete som styrelsen och medlemmarna byggt upp under många år. Men helt ärligt känner jag att jag behöver sätta mig in i styrelsearbetet och de aktuella frågorna innan jag kan säga vad jag rent konkret kan bidra med – utöver mitt sekreteraruppdrag. Jag är aktiv inom Naturvetarförbundets geologsektion, svensk delegat vid European Federation of Geologists samt även aktiv i UNESCO så kanske jag ska arbeta med att sätta en internationell prägel på GFF.

Vad gör du när du inte forskar?

Mesta tiden spenderar jag med familjen. Jag hinner även med att spela en del tennis. Jag är också intresserad av språk och för tillfället håller jag på att läsa in mig på Quechua (Inka indianska) som jag kan ha nytta av under fältarbeten i Sydamerika.



Ordförande Pär Weihed är professor i malmgeologi och prefekt vid institutionen för tillämpad kemi och geovetenskap vid Luleå tekniska universitet. Nästa år han också en av ett tiotal "bloggare" hos tidningen Forskning & Framsteg.

Vad är tanken med bloggarna?

Det handlar om att ge kommentarer till dagsaktuella händelser inom vetenskap och teknik.

Vet du redan nu något hett ämne som du tänker skriva om?

Jag tänkte prova mina vingar som "bloggare" med att försöka knyta den aktuella debatten, både inom forskning och politik, till vad geovetenskapen kan bidra med.

Mycket av dagens forskning kring klimatförändringar, energi och hållbar utveckling anser jag måste ha sin utgångspunkt i geovetenskapen. Klimat, energi och hållbar utveckling blir därför verkligen relevanta frågor för geovetare och förtjänar att lyftas fram i det perspektivet mycket mer än vad de gör idag. Sedan

ger jag väl också mina personliga reflektioner i allmänhet kring dagsaktuella ämnen och hoppas kunna trigga lite intressant debatt! Adressen till bloggen är: www.fof.se klicka på "blogg".



... Klimat, energi och hållbar utveckling blir därför verkligen relevanta frågor för geovetare ...

Expedition

Campbell Island

Jakten efter krita-paleogengränsen

TEXT / FOTO Vivi Vajda
ILLUSTRATION Anders Svensson

För drygt 65 miljoner år sedan slog en tio kilometer stor asteroid ned i nuvarande Mexiko och skapade global förödelse. Så mycket som 75 procent av alla arter på jorden dog ut, bland dem dinosaurierna. Kratern, som efter nedslaget har fyllts med yngre sedimentära bergarter, blev som djupast två kilometer och med en diameter på 200 kilometer. Detta innebär att en stor mängd kalksten och gips smälte, förångades och slungades ut i atmosfären. Asteroiden innehöll bland annat grundämnena nickel, krom, järn och iridium och dessa spreds i ett stoftmoln tillsammans med den smälta berggrunden från kratern över jordens yta. Alltsammans avsattes i ett tunt lager som fortfarande finns bevarad på vissa ställen på jorden och gränsen benämns allmänt som krita-paleogengränsen (även kallad KT-gränsen¹).

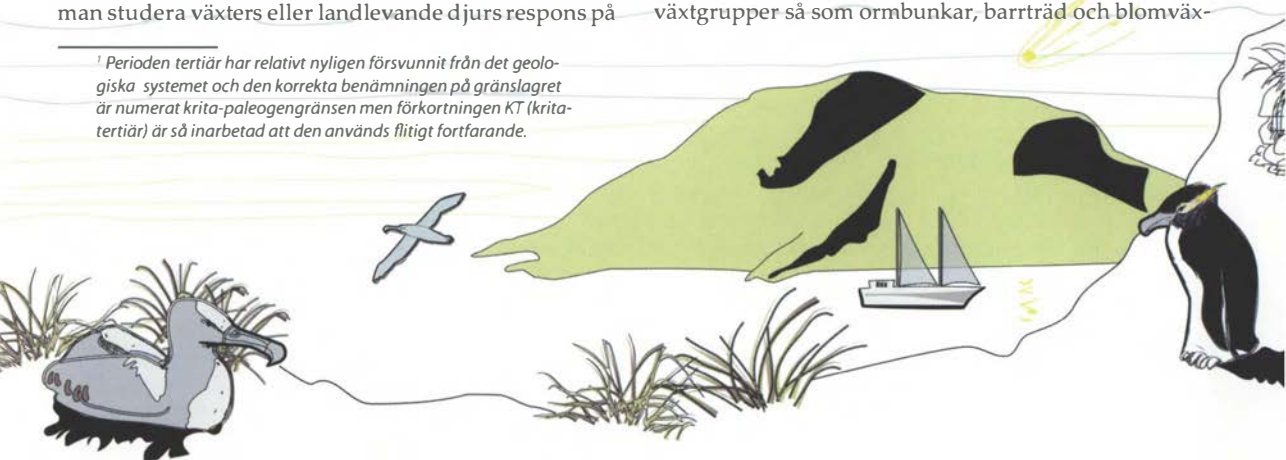
Då asteroiden slog ned var stora delar av Europa täckt av hav. Följaktligen återfinns krita-paleogengränsen endast i marina lagerföljder här. Terrestra lagerföljder med ett intakt gränslager är det ont om, vilket beror på att avsättningarna eroderats bort i de områden som var land för 65 miljoner år sedan. Vill man studera växters eller landlevande djurs respons på

denna katastrof, utan att behöva borra djupt ned i berggrunden, har man i princip centrala Nordamerika eller sydvästra Nya Zeeland att välja på. Dessa områden var land då asteroiden slog ned och gränslagret har bevarats eftersom dessa landområden bestod av träsk med hög bevaringspotential. Lagrena är dessutom blottade på grund av senare tektoniska rörelser.

Djur och växter lever i ett komplicerat samspel och plötsliga förändringar i de ekologiska betingelserna avspeglar sig direkt i fauna och flora. Växter är ytterst känsliga för miljöförändringar och även plötsliga, kortvariga förändringar lämnar omisskännliga spår i fossilsammansättningen. Hur växterna reagerade på den katastrofala händelse som ledde till dinosauriernas undergång kan man få svar på genom att studera sammansättningen av sporer och pollen genom gränslagret, en så kallad palynologisk studie.

Baserat på palynologin framgår det tydligt att vegetationen precis före asteroidnedslaget var mycket rik och divers. Över 100 arter av pollen och sporer finns representerade i lagret strax under KT-gränsen, både i Nordamerika och på Nya Zeeland. Lämningar av växtgrupper så som ormbunkar, barrträd och blomväx-

¹ Perioden tertiär har relativt nyligen försvunnit från det geologiska systemet och den korrekta benämningen på gränslagret är numerat krita-paleogengränsen men förkortningen KT (krita-tertiär) är så inarbetad att den används flitigt fortfarande.





Utsikt över Perseverance Harbour och segelbåten Breaksea Girl.

ter är de vanligast förekommande. Asteroidnedslaget fick katastrofala konsekvenser så som eldstormar i direkt anslutning till nedslaget och skogsbränder kan spåras i nordamerikanska sediment. Enorma mängder stoff fyllde atmosfären och skapade ett mörker som, enligt fysikaliska modeller, varade upp till två år. Dessa händelser går också att utläsa ur de palynologiska signalerna. Ja, spåren av asteroidnedslaget avspeglar sig i vegetationen. Den diversa floran övergår abrupt, i nyzeeländska lagerföljder, i ett tunt lager av svampsporer följt av ormbunkar, en så kallad fern-spike

(Vajda et al. 2001, Vajda & McLoughlin 2004) och faktiskt är det samma sorts marklevande ormbunkar som utgör pionjärvegetationen på både norra och södra halvklotet. Det är tydligt att fotosyntesen upphör totalt och drastiskt vilket avspeglar sig i lagret med svampsporer. Svampar är ickefotosyntetiserande saprotrofer som klarade sig utmärkt på de enorma lager av ruttande organiskt material i form av döda växter och djur som täckte jorden efter asteroidnedslaget. Studier av gränslagret, där proverna är tagna med millimeterupplösning, avslöjar att hela händelseförlop-

MERA FAKTA CAMPBELL ISLAND

CAMPBELL ISLAND-GRUPPEN tillhör de subantarktiska öarna och ligger drygt 700 kilometer söder om Nya Zeelands sydligaste udde. Huvudön Campbell Island utgörs av en vulkankägla där västra delen av käglan är borteroderad medan östra delen bildar ett fjordliknande landskap. Kusten utgörs till största delen av klippor. De basala lagren utgörs av kambrisk glimmerskiffer vilka följs av kretaceiska sekvenser bestående av sandsten, konglomerat och lersten med alternerande marint och terrestriskt ursprung den s.k. *Garden Cove-formationen*. Den kretaceiska sekvensen är i sin tur överlagrad av den oligocena *Tucker Cove-formationen* som består av en marin kalksten med en mäktighet av 170 meter. Miocena lager tillhörande *Shoal Point-formationen* bestående av omlagrade, vulkaniska sediment täcker den oligocena kalkstenen. Nästan två tredjedelar av ön är täckt av vulkaniska flöden. Vulkanflödena härör från vulkanens centrala del, vilken nu är eroderad och täckt av hav. Ön utsattes för glacial erosion under pleistocen och både moräner och fluvioglaciala sediment har identifierats på ön. Jordmånsbildningen är till stor del påverkad av topografin där mäktiga torvlager täcker plana områden och flacka slänter.

VEGETATIONEN PÅ Campbell Island består idag till största del av grässtäpp och av olika arter tillhörande barrträdet *Dracophyllum*. Det förekommer också en stor variation av olika gräsarter, lavar och mossor. Djurlivet är helt unikt och öarna är hemvist för den gulstofade pingvinen, albatrosser häckar på kullarna och i hålor mellan tuvorna föder sälar och sjölejon upp sina ungar. Ön Campbell Island upptäcktes år 1810 av Frederick Hasselburg, kapten på salfångstfartyget *Perseverance*. Kapten Hasselburg döpte ön efter ägaren till det Sydney-baserade företaget Campbell & Co, Robert Campbell. Mellan 1810 och 1830 bedrevs en hänsynslös säljakt vartefter öarna övergavs och endast korta fruktlösa försök gjordes för att bebygga ön. Exempelvis tjänstgjorde ön som ungdomsanstalt för "vanartiga pojkar" 1840, men projektet övergavs redan efter två år. År 1874 besöktes ön av en fransk forskarexpedition, som var där för att studera Venuspassagen, då planeten Venus passerar solen. Trots att ett molntäcke förstörde merparten av Venusupplevelsen anses expeditionen lyckad då man insamlade en hel del intressant geologisk data.

pet, från svampdominerat ekosystem till ett ormbunksdominerat sådant, inte tog mer än några år.

Efter de första kolonisationsföljde en normal succession av trädorbunkar, barrträd och till sist blomväxter, vilka var de som blev värst drabbade av miljöomvälvningarna. På södra halvklotet framgår det att växtligheten till största delen återhämtade sig och endast cirka 15 procent av vegetationen dog ut för gott. På norra halvklotet drabbades växterna av ett massutdöende på runt 35 procent men i jämförelse med faunan, där beräkningar visar på ett utdöende av 75 procent på artnivå, framstår det fortfarande som ett relativt lågt tal. Växter skiljer sig från djur på en mycket viktig punkt; lika snabbt och massivt som de reagerar på icke önskvärda förhållanden, lika snabbt spirar de på nytt från rotskott och fröbanker så fort miljön återgår till det normala. Man har ju till exempel lyckats få frön från de egyptiska faraonernas pyramider att gro efter tusentals år i lerkärlens mörker. Djur å sin sida klarar sig inte utan föda mer än högst någon vecka eller månad, därav den högre utdöendefrekvensen.

Efter upptäckten att växterna drabbats av massdöd även på södra halvklotet blev undertecknad inbjuden att ingå i en nyzeeländsk forskargrupp på en expedition till Campbell Island. Avsikten var att söka efter krita-paleogengränsen ännu närmare Antarktis, längre bort från asteroidens nedslagsplats.

LÄS EN SPÄNNANDE RESEBERÄTTELSE FRÅN CAMPBELL ISLAND 2005

Expeditionen började i Bluff, Nya Zeelands Smygehuk och den allra sydligaste punkten. Förutom kapten och besättning bestod gruppen av tio deltagare representerande biologer, botaniker, geofysiker, mineraloger och paleontologer. Vi tillbringade två dygn i denna lilla nybyggarstad innan avresan och den mesta tiden tillbringade vi på karantänkontoret. Varenda ryggsäck och packning

gicks igenom, kardborreband rensades minutiöst och sömmarna i vartenda klädesplagg dammsögs. Allt detta för att eliminera risken att ett enda frö eller en enda insekt följde med till öarna. Målet är att behålla dessa unika öar, dess fauna och flora så opåverkade som möjligt. Råttor som anlänt med de första sälfångstbåtarna under 1800-talet och sedan spridit sig över hela ön, utrotades 1993 efter en enorm insats och man har gjort allt för att låta naturen återhämta sig till ursprungligt skick.

Den 14:e mars 2005 bordade vi Breaksea Girl, en 20 meter lång segelbåt. Med tanke på att vi skulle ge oss in i stormbältet "roaring forties" och att det dessutom var lite väl sent på året för att kunna räkna med lugna förhållanden, kändes segelbåten i minsta laget. Mina farhågor besannades då vi fick förhållningsorder av vår kapten om man bara fick lämna kojen med kaptenens tillstånd. Kojen visade sig vara en 60 centimeter bred brits med bälten, ett vid smalbenen och ett annat i brösthöjd, dessa skulle vara knäppta under hela färderna.

Första anhalten var Enderby Island, efter en resa på 24 timmar, där botanikerna kastade sig ur sina kardborrebälten för att samla in så mycket material de bara kunde under de få timmar vi var i hamn och fyllde på vattenförrådet. Några timmar senare anlände vi till Auckland Island där geofysikerna riggade upp mätinstrument för att studera de tektoniska rörelserna i jordskorpan, detta för att exakt kunna avgöra hur snabbt Campbell plattan rör sig ifrån Nya Zeeland. Under tiden fyllde besättningen båten med färskvatten och vi fick alla avnjuta en god måltid. Efter tolv timmars uppehåll på Auckland Island och efter att kaptenen kontaktat meteorologiska institutet och försäkrat sig om att inga oväder var på väg, fortsatte färden mot Campbell Island, en resa på ytterligare 36 timmar. Det var ett ödsligt hav som mötte oss, inga andra skepp syntes till och sjögången var rejäl. Glädjen var stor då vi äntligen nådde Campbell Island och kaptenen styrde in i Perseverance Harbour där vi kunde avnjuta sista delen av resan i lä från havets krafter ... på däck. Synen var totalt betagande med höga, branta klippor som störtade ned i havet, sjöfåglar häckade på avsatser och sjölejonen dök nyfiket upp för att studera

Bilden till vänster: En vanlig syn vid kusten i Perseverance Harbour. Mittenbilden: Provtagning av Garden Cove Formationen. I bakgrunden Ian Raine. Bilden till höger: Vivi Vajda samlar bergartsprover innan tidvattnet täcker sektionen. Foto: Ian Raine.



oss nya besökare. Vi kastade ankar längst in i fjorden som kom att bli vår fasta punkt under de följande två veckorna. Vi transporterades sedan i grupper beroende på destination, i en motorbåt. Jag hade en relativt lättåtkomlig sektion, en strandsektion cirka tio minuters färd med motorbåt och det enda jag hade att slåss mot var tidvattnet och ett gäng aggressiva sjölejon. Värre var det för många av de andra deltagarna som var tvungna att vandra flera kilometer till sina lokaler, vilket i den täta, snåriga terrängen innebar stora ansträngningar, var ytterst tidsödande och i vissa fall helt omöjligt. Den kretaceiska lagerföljden visade sig vara geologiskt komplicerad då den är genombruten av flera diabasgångar. Det var en kamp mot tiden att tolka och provta sekvensen under de få timmar varje dag då tidvattnet stod som lägst, vilket var endast cirka fem timmar under dygnets ljusa timmar. Sjölejonerna visade sig inte alls uppskatta de geologiska undersökningarna på sin ö och de walkie-talkies vi hade med oss räckte inte till alla eftersom vi nu hade delat upp oss så att vi arbetade en och en – för att vinna tid. Till slut fick besättningen rycka in och jag fick en matros att vakta min rygg medan jag arbetade frenetiskt, vänd mot strandsektionen. Det var mycket viktigt att ta proverna med täta intervall, eftersom jag inte kunde räkna med att återvända för ytterligare provtagning. Till slut lyckades i alla fall uppdraget och jag fick ihop mina 120 prover över den förmodade KT-gränsen. Efter en dryg vecka på Campbell Island var det dags att åka hem men vädret hade försämrats och hemresan fick skjutas upp. Tack vare dessa extra dagar på öarna fick vi alla en unik chans att på nära håll betrakta det fantastiska och unika djur- och växtlivet. Efter fyra dygns väntan bestämde sig kaptenen för att chansa och vi surrade fast oss vid våra britsar och seglade iväg vid middagstid. 36 timmar senare anlände vi till Auckland Island och ytterligare ett dygn senare äntligen till Bluff, trötta men fulla med nya intryck och ett antal viktiga bergartsprover rikare.

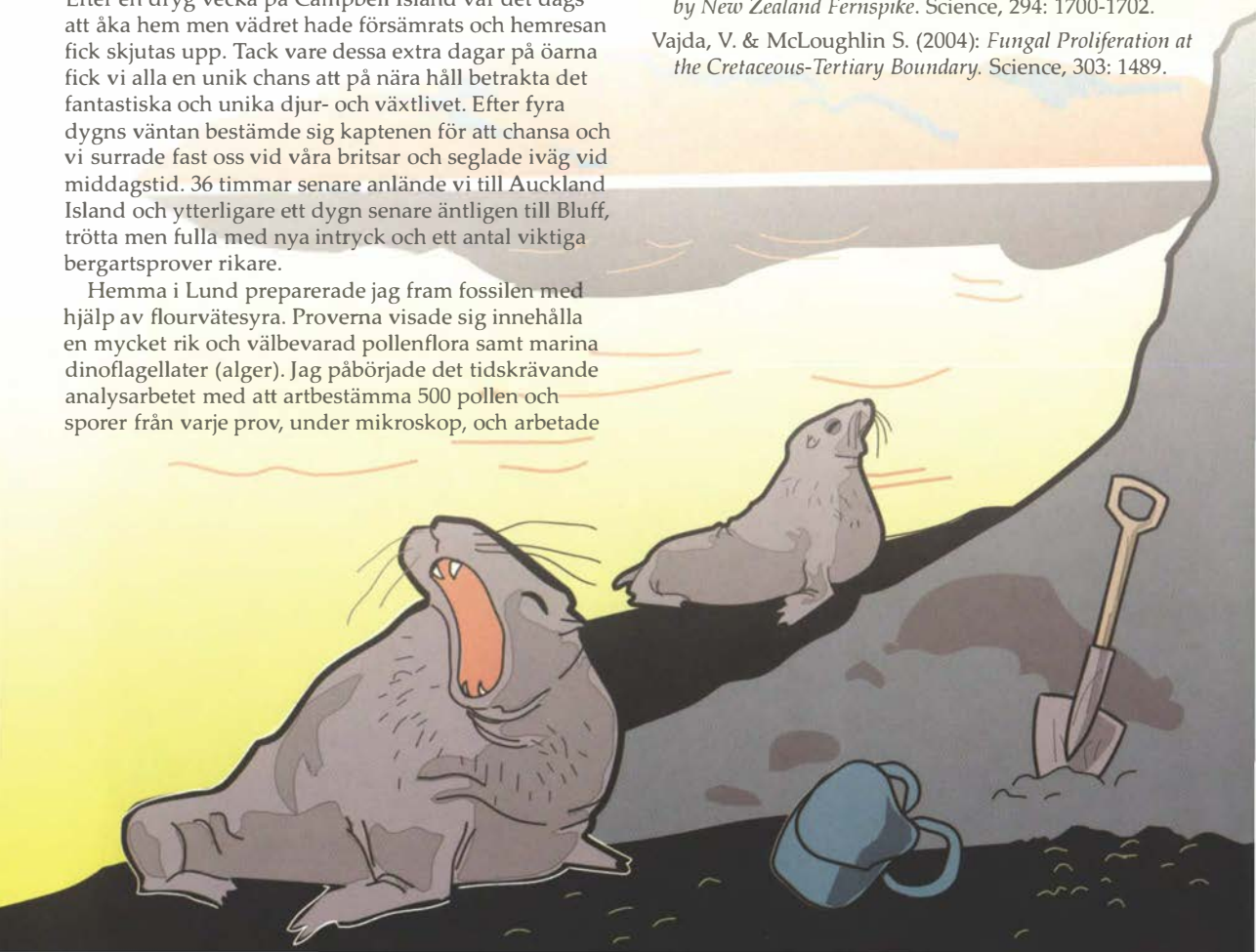
Hemma i Lund preparerade jag fram fossilen med hjälp av flourvätesyra. Proverna visade sig innehålla en mycket rik och välbevarad pollenflora samt marina dinoflagellater (alger). Jag påbörjade det tidskrävande analysarbetet med att artbestämma 500 pollen och sporer från varje prov, under mikroskop, och arbetade

mig successivt uppåt i sektionen. Avgörandet kom vid prov nr. 55 som visade sig innehålla en stor mängd ormbunkssporer istället för den typiska kretaceiska, diversa floran! Efter att ytterligare ha tagit mej igenom ett antal prover visade det sig att det verkligen var en "fern-spike", en ormbunks-pik, och med det hade jag upptäckt den allra sydligaste punkten på vår jord vilken visade på katastrofala omvälvningar kopplat till asteroidnedslaget för 65 miljoner år sedan. Utvalda bergartsprover ligger nu klara att skickas iväg för geokemiska analyser som eventuellt kan bekräfta att asteroiden som slog ned i Mexiko spred sig ända ned till Antarktis, som Campbell Island utgjorde en del av, för 65 miljoner år sedan.

VIVI VAJDA är docent och forskare vid Centrum för GeoBiosfärvetenskap, Lunds universitet, och innehar en särskild forskartjänst inrättad av Kungliga Vetenskapsakademien, finansierad av Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse.

REFERENSER

- Vajda, V., Raine, I. & Hollis, C. (2001): Indication of Global deforestation at the Cretaceous-Tertiary Boundary by New Zealand Fernspike. *Science*, 294: 1700-1702.
- Vajda, V. & McLoughlin S. (2004): Fungal Proliferation at the Cretaceous-Tertiary Boundary. *Science*, 303: 1489.





Fotografier av några avgjutningar av Beringers lögnaktiga stenar. Just dessa avgjutningar finns på Natural History Museum i London och gjordes tillgängliga för författaren genom Paul Taylor och Caroline Hensley. Exemplaren är cirka 1-1,5 decimeter stora. Originalstenarna finns spridda på museer runt om i Europa, varav de flesta i Würzburg, Tyskland. A. En glad salamanderliknande organism. B. Någon form av fågelskelett. C. Kopulerande grodor. D. En hyfsat naturtrogen bevingad insekt. E. En fågel med fullt bevarad fjäderdräkt som tycks vara i flykt. F. En skalbagge.

Lögnaktiga stenar

Detta är berättelsen om ett av världens mest flagranta fall av lurendrejeri inom vetenskapen.

TEXT och FOTO: Mats E. Eriksson

Föreställ dig att du gör århundradets mest fantastiska geologiska upptäckt. Fynd av den kaliber att omvärlden skulle hylla dig med aldrig sinande lovord, bara för att i nästa stund få reda på att fynden inte bara var förfälskningar, de var dessutom ämnade just för dig och enbart för att förnedra dig och fläcka ditt anseende. Ibland överträffar verkligheten dikten och detta var precis vad som hände en viss professor Beringer för snart 300 år sedan i Tyskland. Denna sanna historia har kommit att bli känd som *Beringers lögnaktiga stenar* och är inte bara ett exempel på någon som utropat en storslagen vetenskaplig upptäckt som sedermera (och ganska snart därefter) visat sig vara ett falsarium, den ger dessutom en unik inblick i 1700-talets vetenskapsklimat.

Historien om de lögnaktiga stenarna har berättats och återberättats i flera generationer, ända sedan 1700-talet, och återfinns i mer eller mindre korrekt version i många läroböcker i paleontologi som en kuriositet men även som en inblick i historiska uppfattningar om fossil och deras ursprung och bildning. Berättelsen tar sin början med professor Johann Bartholomäus Adam Beringer (1667–1740), som var en mycket lärd och aktad man, verksam vid universitetet i Würzburg i Tyskland. Han var läkare i grunden och hade både en filosofie och medicinsk doktorsgrad. I alla litteraturkällor som behandlar Beringer, beskrivs han i föga smickrande ordalag som patologisk pedant, pompös, självupptagen och mycket arrogant. Detta är säkerligen anledningen till att han under sin karriär lyckades

skaffa sig bittra fiender som hatade honom så till den grad att de lurade in honom i ett falsarium som är mytomspunnet än idag. Även om Beringer huvudsakligen arbetade med fysik och medicin hade han, liksom många samtida naturvetenskapsmän, ett stort intresse för fossil och jordens bildning. Tragiskt nog är det just för den historia som beskrivs här som Beringer är mest känd och inte för sina riktiga vetenskapliga arbeten. Som vi kommer att se lite senare hade man emellertid vid denna tid mycket begränsad (och felaktig) kunskap kring hur fossil bildades.

Det hela började med att några personer i Beringers nära omgivning ville spela honom ett elakt spratt. Det var de två akademikerna herr J. Ignatz Roderick (professor i geografi och algebra) och Georg von Eckhart (kunglig rådgivare, rätts- och universitetsbibliotekarie) samt adelsmannen baron von Hof, som uppenbarligen hade på tok för mycket tid över. Dessa tre sammansvurna herrar samlade in ett stort antal stenar på vilka de började karva ut och skulptera mer eller mindre djurlika bilder. När förövarna väl hade färdigställt sina "bildstenar" anlätade de den 17-årige Christian Zänger (som eventuellt också hjälpte till med framställandet av stenarna) för att placera ut dem i naturen, närmare bestämt i ett bergsområde strax utanför universitetet i Würzburg. Med tanke på att det finns över 400 sådana bildstenar bevarade på museer runt om i Europa (och det sägs att det ursprungligen rörde sig om ca 1000 stycken) måste det ha tagit avsevärd tid att framställa dem och därigenom kan man också skönja det starka hat de hyste gentemot Beringer.

Hur som helst var det allmänt känt att Beringer brukade tillbringa mycket tid ute i ett naturområde utanför universitetet (naturligtvis samma område som Roderick och hans kumpaner valt för sina "konstverk") och leta efter olika intressanta föremål i berg- och jordlagren. Många vetenskapsmän och allmänt naturint-



Utsnitt av omslaget till Beringers avhandling "Lithographiae Wirceburgensis" från 1726. Man kan förmoda att det är Beringer själv som är majestätiskt avbildad nere till höger (det finns inga egentliga avbildningar av honom), framför ett berg fullt av bildstenar.

resserade hade vid denna tid som hobby att samla på olika artefakter och naturföremål. Det kunde röra sig om allt från gamla pilspetsar och flintyxor till snäckskal, benrester, mineral, fossil och egendomliga stenar. En del naturaliesamlingar (ofta kallade kuriosakabinett) växte till imponerande storlek och har i många fall kommit att utgöra betydande delar av beståndet på naturhistoriska museer runt om i världen.

I sin jakt på nya troféer hade Beringer tragikomiskt nog anlitat Zänger och två andra lokala pojkar till hjälp för sina utgrävningar. Det tog därför inte lång tid förrän de fantasieggande bildstenarna hittades en efter en och en upprymd Beringer insåg ganska snart att han gjort storartade fynd som skulle slå vetenskapsvärlden med häpnad. Ingen hade tidigare skadat så enastående välbevarade och märkvärdiga "fossil", och Beringer hade dem i mängder. Figurerna på stenarna spänner över allt från relativt naturtrogna fåglar, skalbaggar och groddjur till astronomiska fenomen och himlakroppar som månar, stjärnor, solar (vissa med mänskliga ansikten!) och kometer. Dessutom fanns stenar med textinskriftioner(!). Om vi enbart betraktar de stenar som visar djur och växter (vilka alltså med dagens kunskap faktiskt skulle kunna vara fossil) så finner man inte bara mängder av fantasifulla organismer, som ödlor med leende ansikten, utan även sådant som knappast kan fossiliseras, såsom spindlar i sina nät, fåglar med full fjäderdräkt, både vilande och i flykt (!), bin som pollinerar blommor, kopulerande groddjur osv. Tänk att Jorden kunde skapa dessa fantastiska och välbevarade fossil! Det var helt enkelt för bra för att vara sant (vilket ju också mycket riktigt visade sig vara fallet ...) och man kan förstå Beringers upphetsning. En själslaglad Beringer studerade stenarna ingående och påbörjade såväl noggranna beskrivningar av dem som diskussioner kring deras bildning. Detta

arbete resulterade 1726 i en omfattande monografi med titeln *Lithographiae Wirceburgensis...*, ett arbete på över 100 sidor och ett 20-tal planscher som visar bildstenarna i alla deras spektakulära detaljer.

Strax efter att Beringer publicerat sitt arbete så genomskådade han dock bluffen (tyvärr lite väl sent). Han insåg att han blivit utsatt för en komplott och att stenarna i själva verket var tillverkade av mänskliga händer. Beringer begärde en process för att nå upprättelse och rentvå sitt namn. Bland annat hade de sammansvurna nu, förmodligen för att själva rädda sitt eget skinn, offentligt börjat sprida rykten som anklagade Beringer för att själv ha iscensatt bluffen. Vittnesmål av Zänger befriade dock Beringer från alla dessa påståenden. Zänger pekade ut de tre sammansvurna och bekände även att han hört dem konspirera och smida den djävulska planen för att vanhedra och fälla Beringer på grund av hans arrogans. Baron von Hof ska ha klarat sig utan repressalier, von Eckhart ska ha avlidit några år senare medan Roderick, som pekats ut som hjärnan bakom bluffen, blev landsförvisad. Den skadskjutne Beringer fortsatte dock sin akademiska bana även efter denna historia och dog 14 år efter att arbetet publicerats (och inte direkt efter som många versioner av historien försökt göra gällande). Ända sedan sanningen uppdagades har bildstenarna kommit att bli kända som Beringers *Lügensteine* (tyska som ungefär kan översättas med "lögnaktiga stenar").

Hur kunde det hända? Hur kunde Beringer ens för ett ögonblick tro att det faktiskt var äkta fossil han hittat? I ljuset av dagens kunskap om hur fossil bildas så visst, då ter det sig både komiskt och löjvackande. Detta skedde emellertid under den första halvan av 1700-talet då man hade mycket begränsad kunskap om jordens historia och uppfattningen om fossilens rätta natur gick isär. Det fanns två förhärskande teorier: 1) att de var lämningar efter den stora syndafloden och alltså var rester av de djur som strökt med då Noa torrsködd styrde sin ark, och 2) den så kallade självalstringsteorin, det vill säga att fossilen helt enkelt "alstrades" eller tillväxte av sig själva inne i stenar och bergsknallar. Enligt den andra teorin skulle fossilen ha ett rent mineralogiskt ursprung och inte ha någonting med den organiska världen att göra. I ett sådant scenario är det inte konstigt (näja) att man till och med kunde alstra stenar som visade bilder av solen, kometer och till och med textinskriftioner. I princip vad som helst skulle ju kunna tillväxa i bergen. Med tanke på dessa teorier är det inte så underligt att de "fossila fynden" inte genast avfärdades av Beringer.

I sina diskussioner kring stenarnas uppkomst var Beringer faktiskt ganska försiktig med att dra för långtgående slutsatser. Han menade att det är upp till lärda män att i framtiden komma fram till deras sanna natur. Vad som är riktigt intressant är att han verkar ha varit en smula brydd över om det verkligen var av naturen skapade stenar. Han nämner till och med att det skulle kunna röra sig om urkarvade stenbilder gjorda av något primitivt stamfolk (med denna tolkning låg han ju ytterst nära sanningen). Denna teori förkastade han



Ett axplock av de illustrationer som Beringer gjorde av bildstenarna i *Lithographiae Wirceburgensis*. A. En sol med ett mänskligt ansikte. B. En bildsten med en textinskrift av de hebreiska bokstäverna YHVH (läses från höger till vänster) som bildar namnet Yahweh; Jehova. C. Någon sorts fågelskelett. D. Ett bi i full färd med att pollinera en blomma. E. "Fossil" av en mänskära och en stjärna. F. En komet med sin karaktäristiska svans. G. En spindel som spinner sitt nät. H. En snigel som kryper fram bärandes på sitt hus. I. En myra utanför sitt bo. J. Kopulerande grodor. K. Ett bi bredvid en honungskaka. L. Någon form av lycksalig salamander(?). M. Detta ser mest ut som glada exkrement. N. Ett fantasifullt stenblock med en osannolik kombination av välbevarade "fossila" organismer.

dock relativt omgående, framför allt baserat på några specifika bildstenar. Dessa visar nämligen inskriptioner av hebreiska bokstäver som bildar ordet YHVH – Yahweh (Jehova), det vill säga namnet på Gud. Beringer konstaterade då att det inte finns några stamfolk (läs hedningar) som skulle kunna känna till Guds namn och därför kunde de inte ha tillverkat stenarna. Så var det problemet ur världen!

Man bör dock påpeka att Beringers arrogans och längtan efter berömmelse måste ha varit i det närmaste måttlös eftersom Roderick och von Eckhart, när de insåg att Beringer faktiskt ämnade publicera ett arbete om stenarna, försökte antyda att det faktiskt var förfalskningar. Det verkar som förövarna hade fått lite kalla fötter och insåg att deras spratt kanske hade gått för långt. Det finns till och med uppgifter om hur Roderick karvade ut ett par stenar och visade dem för Beringer så att denne skulle förstå att hans stensamling var tillverkad på detta vis. Beringer avfärdade dock det hela med att konstatera att förvisso var stenarna Roderick visade tillverkade men att de han själv hade i sin samling däremot var den "riktiga varan". Han beskriver till och med händelsen i sitt verk och förlöjligar

Rodericks enfaldiga försök att stoppa honom från att publicera sina fantastiska fynd.

Vad som också borde ha fått Beringer att dra öronen åt sig är "fossilens" perfekta, eller kanske snarare intakta bevaring, och sett ur den aspekten krävs inte modern paleontologisk kunskap för att förstå att det är förfalskningar. I stort sett alla exemplar är kompletta, vilket är ovanligt beträffande riktiga fossil. Alla som någon gång varit ute i fält och jagat fossil känner till detta och hur frustrerande svårt det är att, under normala omständigheter, hitta annat än delar och fragment. Dessutom ligger alla "djur" i stort sett i samma position och är avbildade med samma positiva, tredimensionella relief (med tanke på det stora antalet stenar Beringer samlat in kunde man ju misstänka att även några negativa, eller konkava, avtryck borde finnas). Beringer spekulerade faktiskt även lite kring dessa frågor och menade bland annat, mycket riktigt, att bildstenarna var unika och inte påminde om andra (och riktiga) fossil som fanns i samma bergstrakt.

Tyvärr är inte denna, ganska tragiska, historia så sedelärande som man kunde önska. Bittra akademiska strider är i allra högsta grad en realitet och det finns fortfarande skrupelfria människor som gör vad som helst för pengar eller berömmelse. I sin utmärkt bok *The Lying Stones of Marrakech* jämför Stephen J. Gould nutida förfalskade fossil från Marocko med Beringers *Lügensteine*. Inte nog med att många "fossil" som säljs på marknaden idag är förfalskade (och utgör en miljardindustri), Gould kan till och med visa en slående likhet mellan många av dagens marockanska förfalskningar och några av Beringers bildstenar! Har dessa moderna, kreativa "hantverkare" till och med använt Beringers stenar som förlagor? I vissa fall tycks det i alla fall så. Kort sagt, människan är sig lik och kan man tjäna en slant så verkar det vara skäl nog för att exploatera intet ont anande turister.

MATS E. ERIKSSON är docent och VR-finansierad forskare vid Centrum för Geobiosfärvetenskap, avdelningen för bergsgeologi, Lunds universitet.

LÄSTIPS

- Edwards, W.N. 1967. *The Early History of Palaeontology*. Trustees of the British Museum (Natural History) London, publication number 658. 58 pp.
- Gould, S.J. 2001. *The Lying Stones of Marrakech: Penultimate Reflections in Natural History*. Three Rivers Press (CA)
- Jahn, M.E. & Woolf, D.J. 1963. *The Lying Stones of Dr. Johann Bartholomew Adam Beringer being his Lithographiae Wirceburgensis*. University of California Press.
- Niebuhr, B. & Geyer, G. 2005. *Beringers Lügensteine: 493 Corpora Delicti zwischen Dichtung und Wahrheit. Beringeria. Sonderheft 5, Teil II: 188 Seiten, 506 Figuren, 1 Tabelle; Würzburg 2005.*
- Schopf, W.J. 1999. *Cradle of Life: The Discovery of Earth's Earliest Fossils*. Princeton University Press.

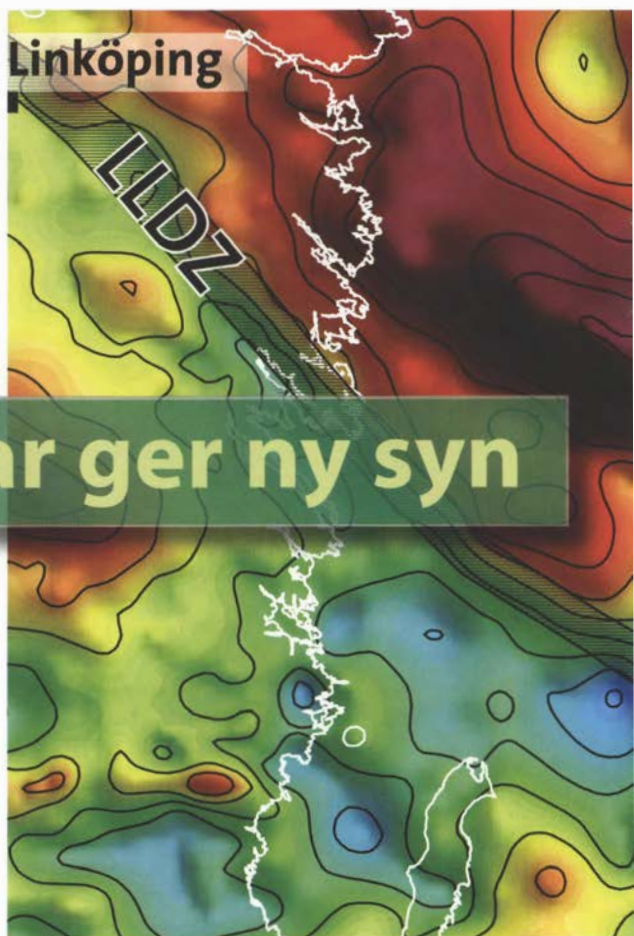
I det svenska urberget är det vanligt att det finns radioaktiva ämnen – däremot har forskarna alltid trott att kalkstensberggrunden varit strålningsfri. Men nu visar geofysiska mätningar från Gotland att så inte är fallet.

Flygmätningar ger ny syn

TEXT Lena Persson och Mikael Erlström
BILD SGU

I nom Sveriges geologiska undersöknings (SGUs) flyggeofysiska verksamhet utfördes geofysiska flygmätningar över Gotland förra sommaren. Detta skedde i samband med ett regionalt karteringsprojekt av Gotlands berggrund (för mer information se www.sgu.se). Gotland var tidigare ett av de områden där flygmätningar saknades och SGUs mål är att hela landet, förutom fjällen, skall vara täckt av flyggeofysisk information 2008. Flyggeofysiska data ger värdefull information om variationer i jordlagrens och berggrundens uppbyggnad med avseende på elektromagnetiska, strålnings- och magnetiska egenskaper. Framför allt är det de ytnära förhållandena i marken som registreras med undantag för mätningarna av magnetfältet som når ner till ett djup av flera kilometer.

Gotland har sedan tidigare varit föremål för omfattande geofysiska undersökningar i samband med oljeprospekteringen under 1970- och 1980-talen. Då utfördes främst reflektionsseismiska undersökningar i syfte att öka kunskapen om den sedimentära berggrundens uppbyggnad och lokalisera de oljeförande revliknade strukturer som förekommer i den ordoviciska lagerföljden på 200–500 meters djup. I samband med dessa undersökningar borrades även drygt 350 borrhål varav ett mindre antal nådde ner i det underliggande urberget. I flera borrhål genomfördes även omfattande geofysisk borrhålsloggning. Reflektionsseismiken och borrhålsinformationen har resulterat i en ganska god bild av den sedimentära berggrundens uppbyggnad och mäktighet. Däremot är kunskapen om det underliggande urberget bristfällig, så där kommer SGUs nya flygmagnetiska data att öka förståelsen.

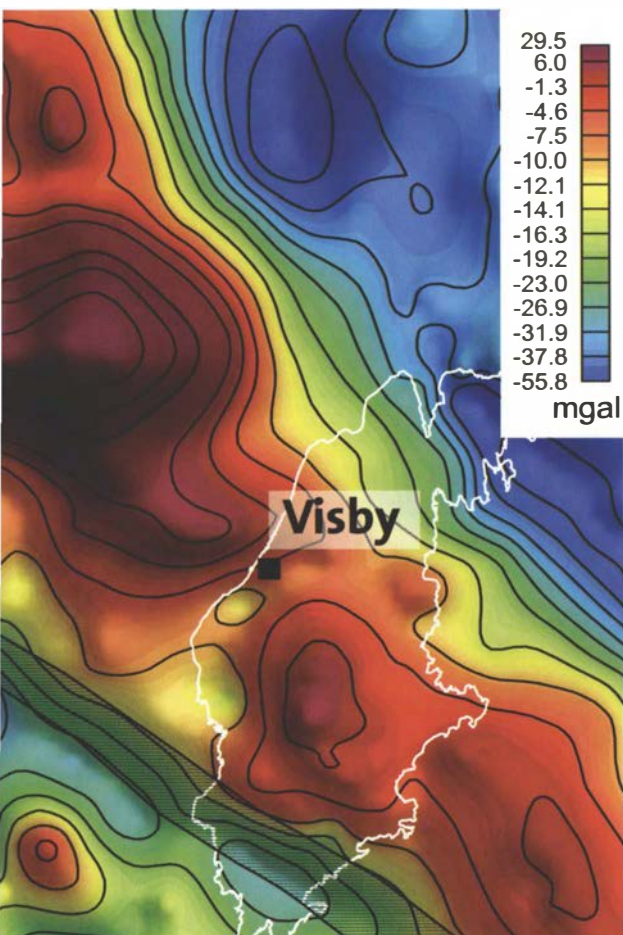


Denna kartbild är genererad både från flyg- och markmätningar och den Gotland och fastlandet. Rasterade områden indikerar deformationszonerna. Tyngdkraft är egentligen en acceleration, som uttrycks i den moderna 1 mgal (milligal) = 1/1000 gal.

Gotland är relativt vältäckt med tyngdkraftmätningar utförda av framför allt Lantmäteriet. Vid tyngdkraftsmätning registreras mycket små variationer i jordens tyngdkraftsfält som orsakas av densitetsskillnader i berggrunden. Tillsammans med magnetiska data ger dessa framförallt information om urbergets uppbyggnad.

Vad visar den flygmagnetiska mätningen?

Den flygmagnetiska mätningen över Gotland (bild B, se sida 18) visar kraftiga variationer i magnetfältet. Ytberggrunden på Gotland är i princip omagnetisk. De variationer som syns på kartan kommer från det kristallina urberget på flera hundra meters djup, orsakade av deformationer i urberget och variationer i urbergets sammansättning. Flera av strukturerna har en NV-SO riktning. Denna riktning syns även på tyngdkraftsdata. Två långsträckta zoner i form av tyngdkraftsgradienter är speciellt tydliga på tyngdkraftskartan. Den södra zonen har en fortsättning mot nordväst in över fastlandet och benämns



visar tyngdkraftens avvikelse från normalfältet, Bougueranomli, över i berggrunden. LLDZ står för Linköping–Loftahammar-deformationszonen enheten m/s^2 (meter i sekunden per sekund). $1 \text{ gal} = 1 \text{ cm/s}^2$.

Linköping–Loftahammar-deformationszonen (LLDZ). Modellberäkningar av tyngdkraftsdata har visat att zonen har ett djupgående av minst tio kilometer, med en brant lutning mot sydväst (Wik m fl 2005). I anslutning till den norra zonen, vid Fårösund, finns uppgifter från borrhål på omfattande brecciering av den äldre sedimentära berggrunden vilket tyder på att zonen varit aktiv under tidig kambrium.

Mätningen av det elektromagnetiska fältet presenteras i form av en resistivitetskarta (bild A, se nästa sida) som visar markens elektriska ledningsförmåga ned till ett djup av cirka 50 meter. Områden med ren kalksten har hög resistivitet, det vill säga dålig elektrisk ledningsförmåga, vilket tydligt framkommer på resistivitetskartan (röd färg på kartan). Inblandning av lermineral sänker resistiviteten (den elektriska ledningsförmågan ökar), områden med mörkel och lersten har därför låg resistivitet (blå färg). På så sätt kan flygdata användas för att kartlägga gränserna mellan kalkstens- och mörkelområdena. Resistivitetsdata visar även strukturer orsakade av sprickzoner och förkastningar i berggrunden.

Mätningen av gammastrålningen (bild C, se nästa sida) visas som en sammansatt karta över kalium, uran och torium. Gammastrålningen är generellt låg över hela Gotland men över vissa delar finns en relativ förhöjning av uran (röd färg på kartan). De områden som har förhöjda uranhalter sammanfaller med kalkstensområden och förekommer i två stråk, dels ett öst-nord-östlig riktning i den centrala delen av Gotland från Klintehamn ut mot Östergarn samt ett nordöstlig stråk längre norrut från Visby upp mot Fårösund. Man har tidigare trott att kalkstenen hade en mycket låg gammastrålning. Resultaten från SGUs flygmätningar var därför överraskande. Eftersom uran sönderfaller

FLYGGEOFYSISK KARTLÄGGNING

Vid flygmätningar registrerar man det jordmagnetiska fältet, gammastrålningen och det elektromagnetiska fältet. Mätningarna på Gotland har utförts med hjälp av ett flygplan som flugit på 60 meters höjd med ett linjeavstånd på 400 meter.

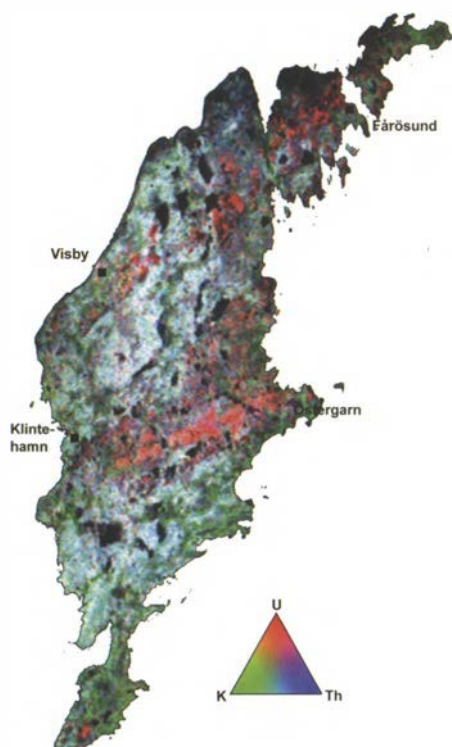
Jordens magnetfält mäts med hjälp av en magnetometer som är monterad i flygplanet. Variationerna i magnetfältet beror på förekomsten av magnetiska mineral, som till exempel magnetit och magnetkis. Eftersom mängden av dessa mineral varierar i olika typer av berggrund kan geologiska strukturer och bergarter skiljas ut vid mätningarna (se bild B på nästa sida).

Gammastrålning uppstår när radioaktiva ämnen som kalium, uran och torium sönderfaller. Från flygplanet mäts strålningen från de översta decimetrarna av marken. Informationen används som underlag vid

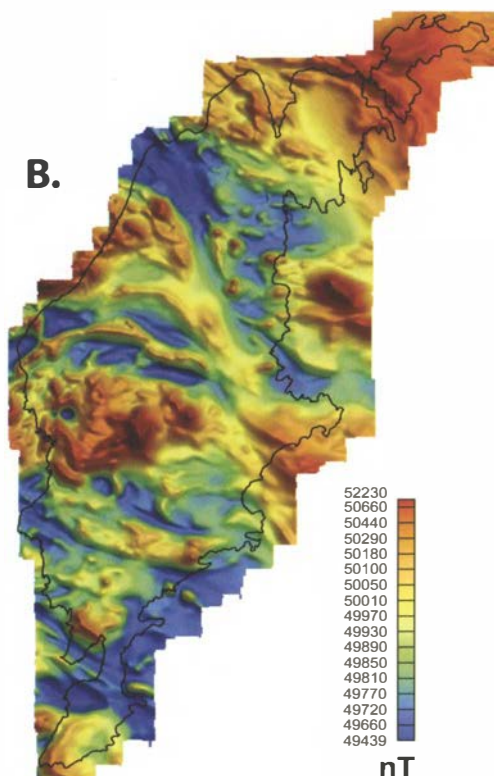
radonundersökningar och i arbetet med en säker strålmiljö, som är ett av miljömålen. Halten radioaktiva ämnen varierar i olika bergarter. Ler- och mörkelområden har generellt högre kalium- och toriumhalter i jämförelse med kalkstensområden. På Gotland kan informationen därför användas för att avgränsa utbredningen av dessa bergarter.

Det elektromagnetiska fältet mäts med hjälp av en mottagare för lågfrekventa radiovågor, VLF (Very Low Frequency). Radiovågorna, som egentligen används för ubåtskommunikation, ändrar karaktär beroende på markens elektriska egenskaper. Från VLF-mätningar kan sprickzoner och deformationszoner i berggrunden kartläggas eftersom vattenförande sprickzoner har betydligt bättre ledningsförmåga än ett sprickfattigt berg. Olika bergarter kan också åtskiljas genom sina elektriska egenskaper.

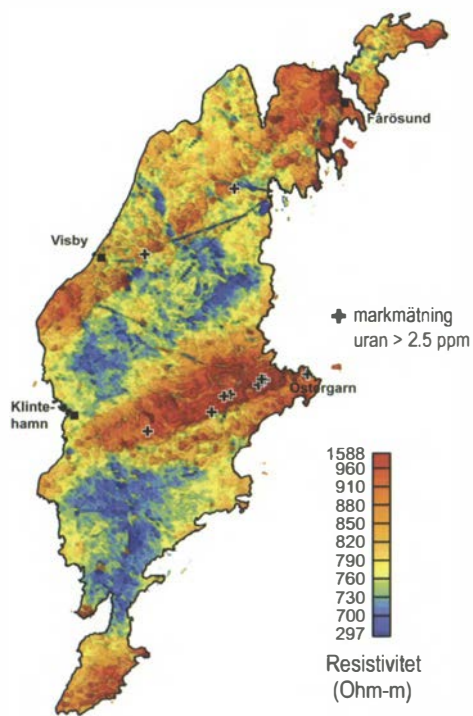
A.



B.



C.



A. Flygradiometrisk karta över Gotland som visar fördelningen av kalium, uran och torium i den översta delen av berggrunden/jordarterna. Halterna visas i form av en färgkomposit där områden med relativt förhöjd uranhalt domineras av röda färgnyanser, områden med relativt förhöjd toriumhalt indikeras av blåa färgnyanser medan relativt förhöjd kaliumhalt visas med gröna färgnyanser. Gråskalan från mörkt till ljust indikerar variationerna i totala halter från respektive låg till hög.

B. Det magnetiska totalfältet över Gotland. Magnetfältet mäts i nT (nanoTesla) där 1 nT motsvarar 1×10^{-9} T.

C. Markens resistivitet beräknad från flygelektromagnetiska VLF-data över Gotland. Röd färg visar områden med hög resistivitet (dålig elektrisk ledningsförmåga) medan blå färg visar områden med låg resistivitet (god elektrisk ledningsförmåga). Kryssen markerar de punkter där en uranhalt som överstiger 2.5 ppm uppmätts på håll.

En fördjupad artikel om Gotlands berggrund, del 2, publiceras i nästa nummer av Geologiskt forum (nr 57).

till radon, en gas som är farlig när man andas in den och kan skada cellerna i luftvägar och lungor, utgör områden med förhöjda uranhalter en potentiell risk för höga radonhalter i inomhusluften i bostäder. Det kan också utgöra ett problem för egna borrade brunnar.

Uppföljning av urananomalier

Med flygdata som underlag har gammastrålningsmätningar utförts på berghällar. Mätningarna är placerade över hela Gotland och mätning har utförts på de olika förekommande bergarterna som kalksten, ler- och mörgelsten samt sandsten. Dessutom har en uppföljning skett av de urananomalier som kommit fram från flygradiometrisk data.

Vid hällmätningen används ett handburet instrument som registrerar gammastrålning inom olika energiintervall. Resultatet kan läsas av som halter av kalium (i procent), uran och torium (i ppm). Mätningen sker under fem minuter och minst tre mätningar utförs på varje häll för att få ett så representativt värde som möjligt. Resultaten från gammastrålningsmätningarna plottas i diagram. Kalkstenen uppvisar generellt mycket låga halter av torium och kalium medan uranhalterna har en betydligt större spridning. Inom de urananomala stråken har halter på cirka 2–8 ppm uppmätts. Vid en lokal på Östergarn uppmättes en uranhalt på 32 respektive 78 ppm. Kemianalys av ett kalkstensprov från Östergarn visar att den innehåller 23 ppm uran. Gränsvärdet för radiuminnehållet i byggnadsmaterial är 200 Bq/kg, vilket motsvarar 16 ppm uran.

Ler- och mörgelsten uppvisar på grund av sitt lermineralinnehåll något högre kalium- och toriumhalter. Även sandstenen har högre halt av kalium och torium jämfört med kalkstenen. Inga förhöjda uranhalter har uppmätts i ler-, mörgel- eller sandsten. Resultatet är anmärkningsvärt eftersom man tidigare trott att kalkstenen har varit i stort sett fri från radioaktiva ämnen. I kristallin berggrund däremot är det relativt vanligt med höga uranhalter.

På resistivitetskartan har alla mätpunkter där uranhalterna överstigit 2,5 ppm markerats. Den visar att tydliga strukturer i nordöstlig och öst-nordöstlig riktning sammanfaller med urananomalierna i bild A. Strukturerna indikerar sprickzoner eller förkastningar i berggrunden. Det är möjligt att dessa zoner har varit av betydelse för urananrikningen i kalkstenen.

LENA PERSSON är statsgeofysiker och MIKAEL ERLSTRÖM är statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning, SGU.

MER ATT LÄSA

- Aaro, S. & Byström, S., 2000: *Flyggeofysiken och de nationella miljömålen*. Geologiskt forum 28.
- Aaro, S. & Byström, S., 2001: *Tyngdkraften och magnetfältet*. Geologiskt forum 32.
- Calner, M., Jeppsson, L. & Munnecke, A., 2004: *The Silurian of Gotland – Part I: Review of the stratigraphical framework, event stratigraphy, and stable carbon and oxygen isotope development*. In A. Munnecke, T. Servais & C. Schulbert (eds.): *Early Palaeozoic Palaeogeography and Palaeoclimate* (IGCP 503). Abstracts and Field Guides. Erlanger geologische Abhandlungen, Sonderband 5, 113–131.
- Eriksson, M.E. & Calner, M., (eds.), 2005: *The Dynamic Silurian Earth. Subcommisioin on Silurian Stratigraphy Field Meeting 2005. Field guide and abstracts*. Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och meddelanden 121, 99 s.
- Eriksson, M.J., 2004: *Formation and significance of a middle Silurian ravinement surface on Gotland, Sweden*. *Sedimentary Geology* 170, 163–175.
- Floden, T., 1980: *Seismic stratigraphy and bedrock geology of the central Baltic*. Stockholm Contributions in Geology 35, 240 s.
- Hede, J.E., 1960: *The Silurian of Gotland*. In G. Regnell & J.E. Hede (eds.): *The Lower Palaeozoic Scania. The Silurian of Gotland*. International Geological Congress XXI. Session Norden. Guidebook Sweden d. Stockholm. 89 s.
- Jeppsson, L., Eriksson, M.E. & Calner, M., 2006: *A latest Llandovery to latest Ludlow high-resolution biostratigraphy based on the Silurian of Gotland – a summary*. GFF 128, 109–114.
- Sivhed, U., Erlström, M., Bojesen-Koefoed J.A. & Löfgren, A., 2004: *Upper Ordovician carbonate mounds on Gotland, central Baltic Sea. Distribution, composition and reservoir characteristics*. *Journal of Petroleum Geology* 27, 115–140.
- Wik, N-G., Bergström, U., Bruun, Å., Claeson, D., Jelinek, C., Juhojuntti, N., Kero, L., Lundqvist, L., Stephens, M.B., Sukutjo, S., och Wikman, H., 2005: *Beskrivning till regional berggrundskarta över Kalmar län*. Sveriges Geologiska Undersökning, Ba 66, 91–7158–699–7.

Ibland är syrebrist ett normalt tillstånd

TEXT OCH BILD Lovisa Zillén, Daniel J. Conley
och Svante Björck

Med denna artikel vill vi försöka ge svar på när, var och varför syrebrist inträffat i Östersjön och vilka mekanismer som ligger bakom. Vi utgår från den tid då Östersjön bildades efter senaste istiden, fram till idag.

Forskarnas starkaste bevis för att syrebrist ägt rum under en längre period (månader till år) är förekomsten av laminerade sediment. Laminerade sediment bildas bara i syrefria vattenmiljöer där en bottenlevande fauna, som mixar och homogeniserar sedimenten, inte kan existera eftersom den kräver en syrehalt > 2 mg/l. I Östersjön bildas laminerade sediment i de djupare bassängerna under det permanenta saltsprångskiktet, där den vertikala omblandningen av vattenmassan är begränsad. Under de senaste decennierna har laminerade sediment även påträffats i kustnära regioner, som till exempel i Stockholms skärgård.

Syrebrist i tid och rum

Den "moderna" Östersjön är cirka 8 000 år, vilket gör Östersjön till världens yngsta hav. Även om detta innanhav inte är gammalt så har det genomgått stora och dramatiska miljöförändringar i spåren av den senaste skandinaviska inlandsisens avsmältning. Idag vet man att klimatet och människan är de viktigaste miljöpåverkande faktorerna i Östersjön. Men man saknar kunskap om hur syrebristen varierat i tid och rum och hur återkopplingen till dessa två faktorer verkar.

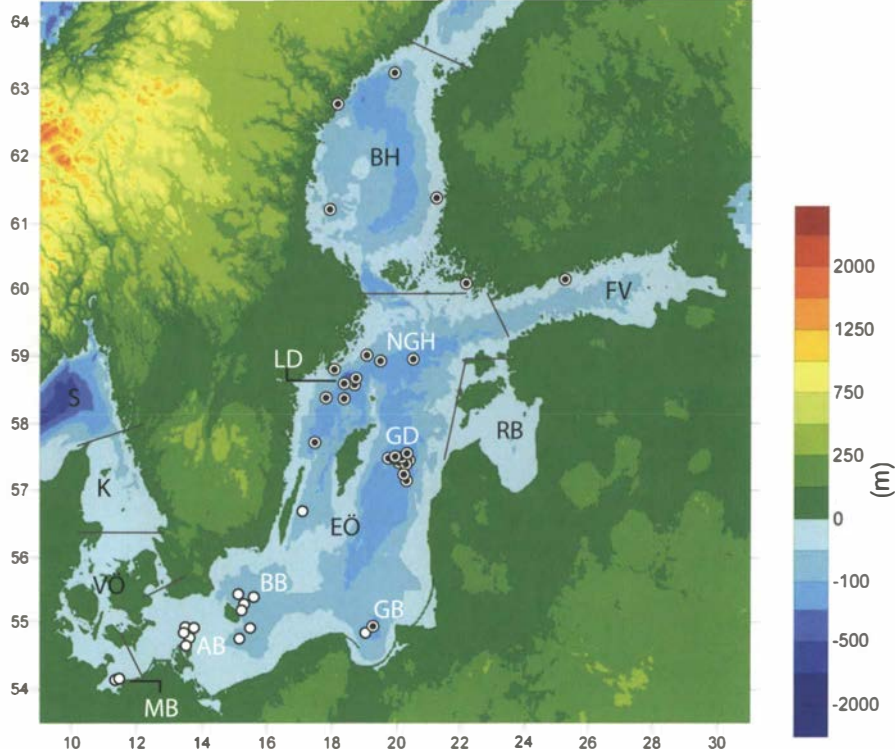
Utbredningen av syrefria bottenar i Östersjön har ökat fyrfaldigt de senaste 50 åren. Många röster höjs nu för att bota innanhavet från detta tillstånd. Storskaliga lösningar, som saltlös, syresättning av djupvatten och kanaler under Skåne har föreslagits. Men sådana åtgärder skulle kunna få icke-önskvärda konsekvenser – eftersom det finns områden i Östersjön där syrebrist är ett naturligt tillstånd.

I den här artikeln presenterar vi data som vi sammanställt från 25 långa sedimentkärnor från "Egentliga Östersjön" (se bildtexten sidan 21). Vår studie visar att det på 73 till 250 meters djup i huvudsak förekommit tre perioder med laminerade sediment (8 000–4 000, 2 000–800 år före nutid och efter 1800-talet) och två då homogena sediment avsatts (4 000–2 000 och 800–200 år före nutid) under Östersjöns "moderna" historia. I de allra djupaste delarna av Landsortsdjupet (> 250 meter) har laminerade sediment deponerats mer kontinuerligt medan sedimenten i de grundare södra delarna vanligtvis varit syresatta de senaste 8 000 åren.

Syrebrist och klimatförändringar

Vi har även kunnat visa att växlingarna mellan laminerade och homogena sediment följer den generella klimatutvecklingen i nordvästra Europa. Exempelvis sammanfaller depositionen av laminerade sediment mellan 8 000–4 000 år före nutid med höga salthalter, hög organisk produktivitet och med ett klimatiskt optimum kännetecknat av höga atmosfäriska temperaturer, torra förhållanden och relativt hög solinstrålning. Under detta optimum retirerade glaciärerna i fjällkedjan och trädgränsen låg 300–400 meter högre i fjällen än idag.

För omkring 4 000 år sedan inträffade en markant klimatförändring. Temperaturen sjönk och klimatet blev mer fuktigt. Homogena sediment började



Batymetrisk karta över Östersjön som visar de större bassängerna (BV=Botttniska Viken, BH=Botttniska Havet, FV=Finska Viken, RB=Riga Bukten, EÖ=Egentliga Östersjön, VÖ=Västra Östersjön, K=Kattegatt, S=Skagerack) i svart text och delbassängerna (NGH=Norra Gotlandshavet, GD=Gotlandsdjupet, LD=Landsortsdjupet, GB=Gdanskbukten, BB=Bornholmsbassängen, AB=Arkonabassängen, MB=Mecklenburgianbukten) i vit text. Svarta cirklar visar var laminerade sediment (bevis på syrebrist) har identifierats medan vita cirklar speglar var endast homogena sediment (bevis på syresatta bottenar) rapporterats.

deponeras i Östersjön vilket tyder på att djupvattnet syresattes vid denna tidpunkt samtidigt som salthalten och den organiska produktionen sjönk. Förevarande situation fortgick till början av Medeltiden då medeltemperaturen var 0,5–0,8°C högre än idag.

Under en cirka 1 000 år lång period, som spände över den varma Medeltiden (750–1200 e.Kr.), bildades laminerade sediment på djup > 150 meter i stora delar av "Egentliga Östersjön" och den organiska produk-

tionen nådde maximala värden. I slutet av 1200-talet försämrades klimatet igen och det blev kallare och fuktigare (cirka 1°C kallare än idag). I början av 1300-talet inleddes den så kallade Lilla Istiden. Glaciärerna i fjällkedjan ryckte fram och de danska och svenska sunden frös ofta till is under vinterhalvåret, vilket utnyttjades av Karl X Gustav som år 1658 tog sin krigshär över isen i Lilla och Stora Bält. Sedimenten från Östersjön visar att den organiska produktionen

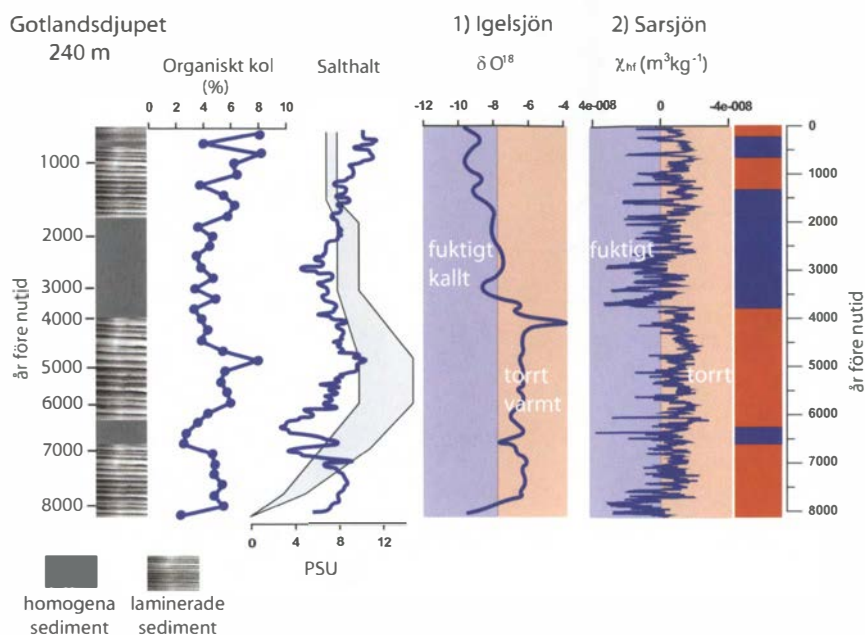
SYREBRIST I HAVET

Syrebrist (syrehalt < 2 mg/l) uppstår när det blir obalans mellan de fysikaliska processer som tillför syre och de biologiska processer som förbrukar syret. Syre förbrukas vid nedbrytning av organiskt material (exempelvis alger), vars tillväxt styrs av tillgången på näringsämnen, såsom kväve och fosfor.

Syre tillförs vid sporadiska inflöden av syrerikt och salthaltigt vatten från Kattegatt/Skagerack, samt genom vertikal omblandning. Det salta vattnet har en hög densitet och fyller de djupare bassängerna där det stannar tills det kan ersättas av nytt syre- och saltrikt vatten vid större inflöden.

På grund av densitetsskillnaderna är vattenmassan i Östersjön starkt stratifierad där det tyngre salthaltigare djupvattnet skiljs åt från det övre mer bräckta vattnet vid saltsprångsskiktet. Denna stratifiering hindrar vertikal omblandning och syresättning av djupare vatten. Under stagnerande perioder kan därför allt syre förbrukas. Ofta bildas då svavelväte som är giftigt för bottenlevande organismer och hela faunasamhällen kan slås ut.

Syrebristen påverkar även de biogeokemiska cyklerna i Östersjön. Vid syrebrist frigörs bland annat fosfor (och kväve) från sedimenten och koncentreras i vattenmassan, vilket ytterligare driver övergödningen och en ond cirkel är sluten.



Figuren visar växlingar mellan laminerade sediment (bevis på syrefria bottenar) och homogena sediment (bevis på syresatta bottenar) längs tidsskalan till vänster (baserad på sammanställd data över 25 sedimentkärnor från 73–250 meters djup i "Egentliga Östersjön", det vill säga Gotlandsdjupet, Landsortsdjupet och norra Gotlandshavet. Även rekonstruerade variationer i organisk kolhalt (mått på organisk produktion) och salthalt från Gotlandsdjupet och terrestra palaeoklimatiska data från svenska sjösediment, det vill säga (1) syreisotoper (O^{18}) som speglar effektiv humiditet/nettonederbörd och (2) magnetisk susceptibilitet (χ_m) som är ett mått på erosion. Till höger i figuren visas den generella klimatutvecklingen i nordvästra Europa. Lägga märke till hur varma och torra perioder (röd färg) sammanfaller med förekomsten av laminerade sediment och kalla och fuktiga perioder (blå färg) med förekomsten av homogena sediment.

var låg och att det rådde syresatta bottenförhållanden under denna period. Från slutet av 1800-talet återupptogs depositionen av laminerade sediment i stora delar av Östersjön, vars utbredning ökat markant de senaste 50 åren.

Syrebrist och människan

Syrebristen de senaste 2 000 åren sammanfaller inte bara med variationer i klimatet utan även med förändringar i markanvändning runt Östersjön. Sådana störningar kan leda till ökad erosion i landskapet och förhöjda utsläpp av näringsämnen. Forskare har kunnat visa att fosforhalterna i sjösediment steg i samband med införandet av jordbruksreformer. Bland annat har man konstaterat att sjöar, såsom Mälaren i Sverige och Dallund Sø i Danmark, varit kulturellt övergödda från Medeltiden fram till idag och en möjlig tolkning är att depositionen av laminerade sediment de senaste 100 åren orsakats av klimatförbättringen som följde Lilla Istiden. Men under denna tid påbörjades den industriella revolutionen i nordvästra Europa som kännetecknades av befolkningsökning, jordbruksreformer och ekonomisk tillväxt. Till exempel så växte den svenska befolkningen med en procent per år mellan 1820–1879 och jordbruksproduktionen ökade med 0,5 procent per år och capita under ungefär samma tid. 1827 infördes Laga Skifte som var den svenska motsvarigheten till

det som kallas den agrara revolutionen. Utdikning blev allt vanligare och den svenska och finska exporten av trä steg med 400 procent. Skogarna exploaterades och sågverk växte upp som svampar ur jorden längs de norrländska älvarna. Även södra Sverige avskogades. Kartor från 1800-talet visar att landskapet då var det öppnaste i södra Sveriges historia. Också historiska källor skildrar övergödning och syrebrist under den här perioden. Karen Blixens far, Wilhelm Dinesen, seglade som gäst ombord på danska flottans skolfartyg, örlogssbriggen Falken, från Nyborg till Helsingfors, i mitten av 1890-talet. I hans dagboksanteckningar kan man läsa att "Östersjön är ett dött, slött, skitigt brackvatten. I den varma sommartiden, som nu, blommar Östersjön och havet är fyllt med gröda och enorma gula strimmor".

Vad driver syrebristen i Östersjön?

Av ovan framgår att det finns ett tydligt förhållande mellan klimat, mänsklig påverkan och syrebrist i Östersjön. På långa tidsskalor har bland annat klimatet varit avgörande – medan den mänskliga påverkan spelat allt större roll på kortare tidsskalor.

Från vår studie kan man också dra slutsatsen att syrebrist tillbaka i tiden (innan människans påverkan var alltför omfattande) är starkt relaterad till klimatiskt betingade förändringar i salthalt och organisk produk-



Bilden till vänster: En tydlig effekt av övergödningen i Östersjön är de massiva blomningarna av blå-gröna alger under sommaren. Men med övergödning följer också syrebrist. Flygbilden visar algblooming i Finska viken den 6 augusti 2002. Foto: Riku Lumario. Bilden till höger: Östersjön bildades för 8 000 år sedan. Dagens Östersjö täcker en nära 400 000 kvadratkilometer stor yta och utgör därmed 0,1 procent av världshavets yta. Havet är grunt. Medeldjupet är knappt 60 meter. Källa: www.ne.se. Foto: Riku Lumario. Bilden nedan: Rekonstruerade profiler för total fosforhalt från (A) sjön Dallund Sø i Danmark och (B) Mälaren i Sverige.

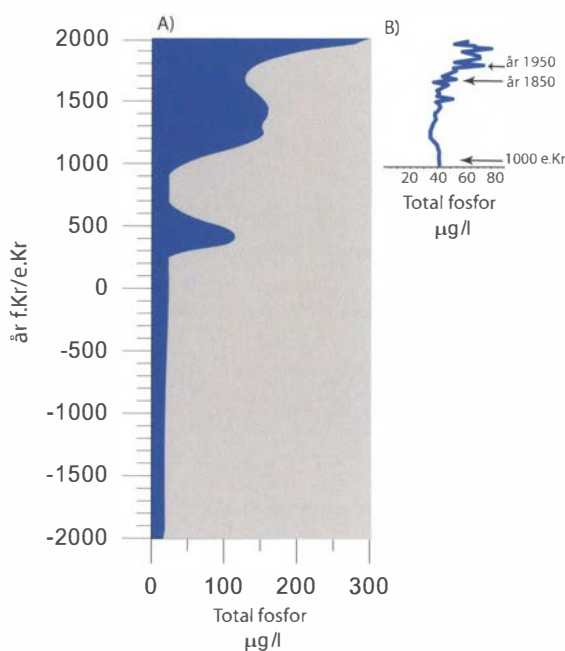
tion. Flera undersökningar visar att under perioder med förhöjd salthalt förstärks stratifieringen i vattenpelaren, vilket hindrar den vertikala omblandningen och transporten av syre till djupare lager. Vi ser även ett klart samband mellan terrestrisk data som speglar humiditet/avrinning och sedimentationsprocesser i Östersjön. Vår uppfattning är därför att vattenföringen i dräneringsområdet har minst lika stor inverkan på salthalten och syresättningen av djupvattnet som tillförseln av nytt syre- och saltrikt vatten från Kattegatt/Skagerack. Vi hävdar även att den mänskliga påverkan på Östersjöns ekosystem troligen började så tidigt som under Medeltiden. Detta skulle innebära att expansionen av laminerade sediment de senaste 50 åren bara är ett resultat av ytterligare extern mänsklig påverkan.

Östersjön är ett känsligt innanhav där troligtvis klimatet, människan och kombinationer mellan dessa två, spelat stor roll för tillgången på syre. Mekanismerna som styr syrebristen är inte klarlagda och återkopplingsmekanismer, såsom ökad avgång av fosfor från sedimenten, accelererad övergödning och förändringar i fauna, har sannolikt förstärkt och förlängt perioder med syrebrist. På frågan om syrebristen i Östersjön är legitim eller ej, svarar vi ja, i de djupaste delarna av "Egentliga Östersjön". För även om syrebristen eskalerat de senaste 50 åren så finns det områden i "Egentliga Östersjön" som varit naturligt syrefria, och vad konsekvenserna skulle bli om vi vidtog åtgärder mot dessa får framtida forskning svara på.

LOVISA ZILLÉN är doktor i kvartärgeologi och forskare vid Centrum för GeoBiosfärsvetenskap, Lunds universitet.

DANIEL J. CONLEY är gästprofessor (Marie Curie) vid Centrum för GeoBiosfärsvetenskap, Lunds universitet.

SVANTEBJÖRCK är professor i kvartärgeologi vid Centrum för GeoBiosfärsvetenskap, Lunds universitet.



REFERENSER

- Andrén, E., Andrén, T. and Kunzendorf, H., 2000: Holocene history of the Baltic Sea as a background for assessing records of human impact in the sediments of the Gotland Basin. *The Holocene*, 10, 687-702.
- Conley, D.J., Humborg, C., Rahm, L., Savchuk, O.P. and Wulff, F., 2002: Hypoxia in the Baltic Sea and Basin-Scale changes in phosphorous and biogeochemistry. *Environmental Science and Technology*, 36, 5315-5320.
- Jonsson, P., Carman, R. and Wulff, F., 1990: Laminated sediments in the Baltic – a tool for evaluating nutrient mass balance. *Ambio* Vol. 19 No. 3152-158.

Isberg lämnade spår på havets botten

I samband med den marin-geologiska undersökningen har Sveriges geologiska undersökning (SGU) hittat spår efter isberg. Spåren bildades under den senaste isavsmältningen.

TEXT Fredrik Klingberg BILD SGU

Den största delen av ett flytande isberg finns under vattenlinjen. När ett isberg flyter fram kan den understa delen skära ett spår i botten, det vill säga ner i den tidigare avsatta mjuka leran eller i moränleran. Sådana spår är sedan tidigare kända i Östersjön (Elhammer m. fl. 1988). Genom SGUs regionala kartering har det dock visat sig att dessa spår är mycket vanligare än vad geologerna tidigare trott, både till antal och utbredning. Förekomsten av spår av isberg har markerats i en översiktskarta (bild A) som också visar mätlinjernas läge.

Bildbevis

I bilderna från side scanning sonaren syns spåren tydligt. Spåren har fyllts med sediment, vanligen postglaciala gyttejeler som i bilden fått en ljusare nyans än de mörka omgivande moränlerorna eller glacialleran. I södra Östersjön är spåren mycket vanliga på djup större än cirka 40 meter. I vissa fall kan spåren svänga runt. De svängda spåren indikerar sannolikt att isbergen följt strömmar som ändrat riktning. Nedslag från isberg, antingen från isberg som vält eller från isberg som kalvat syns också i bilderna.

I profiler från sedimentekolodet kan spåren av isbergen ses i tvärsnitt. Dessa profiler visar att där spår förekommer kan dessa helt dominera karaktären av bottenpografien. De största spåren är sex meter djupa och cirka 100 meter breda. Det krävs stora krafter för att åstadkomma sådana spår i botten.

En tredimensionell bild över bottenytan från södra Östersjön är framtagen av Marin Mätteknik AB. I den kan också ses hur spåren av isberg ligger kors och tvärs. De talrika spåren indikerar att dåvarande Östersjön starkt präglats av isberg under senglacial tid. Som alltid när man får ny information så hopas



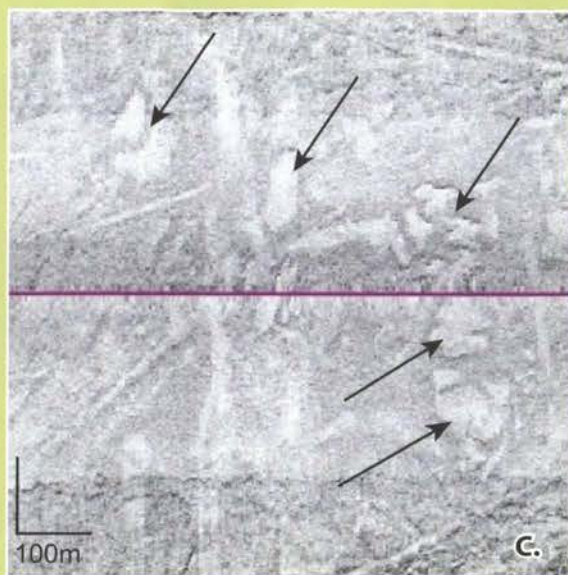
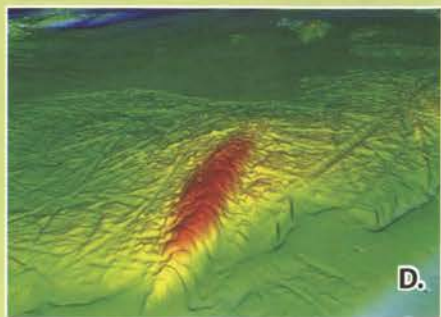
A. Karta över södra Östersjön där maringeologiska mätlinjer markerats med rött. Områden där spår av isberg har påvisats är blåmarkerade. Röda, täta linjer visar de grunda utsjöbankarna. Här har spår inte påträffats. Sannolikt beror det på att dessa svalats bort och/eller blivit täckta av yngre sediment.

nya frågor. En fråga är om dessa isberg funnits under hela den senglaciala perioden? En annan fråga är hur mycket havs- eller sjöis som har funnits? Har isbergen varit fastfrusna i den ytliga isen under långa perioder eller har isbergen hjälpt till att bryta sjö/havsisen? Har sedimentationsförhållandena påverkats av isbergen och har isbildningen hämmat svallningsprocesserna utefter kusterna?

Spår av isberg på land

I Romerike cirka 45 kilometer nordost om Oslo finns isbergsspår som höjts upp ur havet och nu befinner sig på land (Longva, O. & Thoresen, M. 1991). Dessa spår syns väl i flygbilder. Frågan är om isbergsspår på land också kan påträffas i Sverige? Det borde finnas förutsättningar för detta, speciellt i områden där vi haft stora vattendjup vid deglaciationen. I Mälardalen finns stora områden med lera, och högsta kustlinjen ligger på 120 till 150 meter över havet, vilket ger förutsättningar för att spår av isberg kan ha bildats och bevarats i detta område. Även på andra lerslätter – såsom Västgötslätten, Dalboslätten eller Uppsalaslätten – kanske spår kan finnas? Är det något som drar sig till minnes att på land ha sett något som kan vara erosionsspår från isberg så hör av er!

FREDRIK KLINGBERG är maringeolog vid Sveriges geologiska undersökning, SGU.



B. Spår av isberg. Det ser nästan ut som om det bildat formen av ett gem. Side scanning sonar-bilden är från nordsluttningen av Hoburgs Bank med cirka 65 meters vattendjup. Utsnittet är cirka 1 x 1,5 kilometer och spårets bredd är knappa 100 meter.

C. Side scanning sonar-bild från södra Bottenhavet. Utsnittet är cirka 1 x 1,5 kilometer. Centralt i bilden kan ses nedslagsmärken från isberg som antingen vält och stött i botten eller isberg som kalvat och stött i botten (vid pilarna).

D. En 3-D bild som visar hur spår av isberg påverkat bottenytan, som i detta fall består av glacial lera eller moränlera. Upphöjningen som visas med rött är sannolikt en moränrygg, gult och grönt är något djupare och blått djupast. Publiceras med tillstånd av Marin Mätteknik AB.

SGUs MARINGEOLOGISKA KARTLÄGGNING

Tack vare den maringeologiska kartläggning som SGU (Sveriges geologiska undersökning) utför vet vi för varje år allt mer om hur våra havsbottnar ser ut. Idag har 20 procent av havets botten på den svenska kontinentalsockeln kartlagts i lokal skala och 70 procent av havsområdet i regional skala. Den regionala karteringen påbörjades år 2001. Först undersöktes Skagerrak och därefter Bottenhavet, Bottenviken och Östersjön. Bland de områden som återstår att kartlägga ingår ett område öster om Gotland fram till mittlinjen mot de Baltiska staterna.

Vad är det för skillnad på lokal och regional maringeologisk kartering? Maringeologisk kartläggning sker genom en kombination av hydroakustiska metoder och provtagning av bottensediment. Med hjälp av de hydroakustiska metoderna, det vill säga *seismik*, *sedimentekolod* och *side scanning sonar* undersöks botten i förutbestämda mätlinjer. Dessa undersökningar kompletterats sedan med en omfattande provtagning. I den regionala skalan är det cirka 13 kilometer mellan mätlinjerna medan avståndet mellan mätlinjerna är cirka en kilometer i den lokala skalan. De två först-

nämnda metoderna skapar vertikala profiler genom sedimenten ned till berggrunden. Profilererna saknar utbredning i sidled så därför får man endast information om de geologiska förhållandena med cirka 13 kilometers respektive en kilometers lucka. *Side scanning sonar* skapar en ytbild över havsbotten likt en flygbild. Den optimala bredden är cirka 750 meter åt båda sidor, men beroende på vattendjup och sprängskikt i vattenmassan så fås normalt en kilometerbred remsa utefter mätlinjen med bra kvalitet. Med *side scanning sonar* täcks därmed 80–90 procent av botten i lokala undersökningar men endast tio procent i regionala. Sveriges hav, räknat från baslinjen och ut till och med den ekonomiska zonen, har en sammanlagd yta av cirka 155 000 km². Detta kan jämföras med Sveriges landområde som är cirka 450 000 km².

Maringeologiska kartor i lokal skala finns idag klara eller under reproduktion från inre Skagerrak ned till området söder om Skåne, i Hanöbukten, i Stockholms skärgård ned till Norrköping, och norr om Gotland, i Mälaren, utanför Gävle, Umeå och i två områden utanför Sundsvall.



E.



F.

E. I sonarbilden syns spåren efter isbergen som ljusa streck. Spåren är fyllda med gyttejler, som kontrasterar mot den mörkare omgivande moränleran eller glacial leran. Bilden är från ett område cirka tio kilometer väster om Stora Karlsö på ett djup av cirka 80 meter och visar ett område som är ca 2,5 x 1,5 kilometer.

F. Profil från sedimentekolodet som visar bottenens former utefter en kilometer. Den röda stapeln visar sex meters måktighet i sedimenten. På bilden ses att i princip hela botten påverkats av isbergserosion.

LITTERATUR

Longva, O. & Thoresen, M. 1991: *Iceberg scours, iceberg-gravity craters and current erosion marks from a gigantic Preboreal flood in southeastern Norway*. Boreas vol. 20 47-62.

Elhammer, A. Axberg, S. & Kjellin, B. 1988. *Maringeologiska kartan Am 2. 079/470 Fårö*.

SGU arbetsmaterial från den maringeologiska karteringen i södra Östersjön.

Geologiskt forums stödprenumeranter (se även baksidan av denna tidning):



Emmaboda Granit

Emmaboda Granit AB är ett av Sveriges och Skandinavien ledande stenföretag med 100 års erfarenhet inom blocksten, stenprodukter och gravvårdar. www.emmabodagranit.se

NEW BOLIDEN

Boliden producerar metaller som får det moderna samhället att fungera. www.boliden.se



Föreningen för Geologins Dag. www.geologinsdag.nu

URS

Världens ledande miljökonsult. www.ursnordic.com/www.urscorp.com



Täktkonsulter verksamma inom täkt, mark, miljö, vatten. www.geopro.se

Dags att byta pol ?

Jordens magnetfält har minskat tio procent i styrka de senaste 170 åren. Nya satellitmätningar visar att den magnetiska nordpolen förflyttar sig cirka 50 kilometer om året. Men är detta ovanligt fort?

Några forskare menar att så är fallet. De tolkar förändringarna som ett tecken på att Jordens magnetfält är på väg mot ett polbyte.

I denna artikel är det en annan åsikt som lyfts fram. Författarna betonar vikten av **palaeomagnetisk data** när man gör prognoser om huruvida Jorden är på väg mot ett polbyte eller inte. Sett ur ett palaeomagnetiskt perspektiv är sannolikheten låg – för en närstående polomkastning.

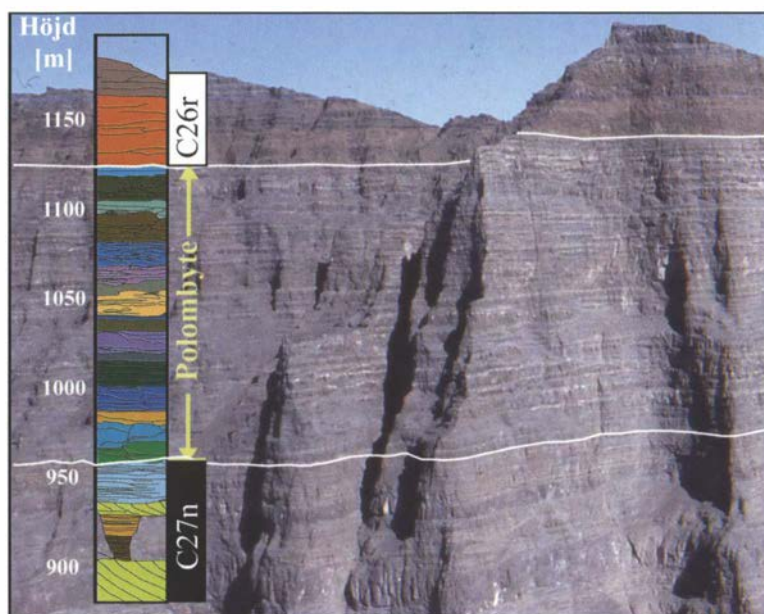
TEXT / BILD Lovisa Zillén, Ian Snowball och Peter Riisager

De magnetiska nord- och sydpolerna har bytt plats flera gånger i Jordens historia. Detta inträffar i genomsnitt vart 100 000–300 000 år och det senaste polbytet ägde rum för 780 000 år sedan. Själva polbytena är geologiskt sett kortvariga händelser som omfattar 3 000 till 5 000 år.

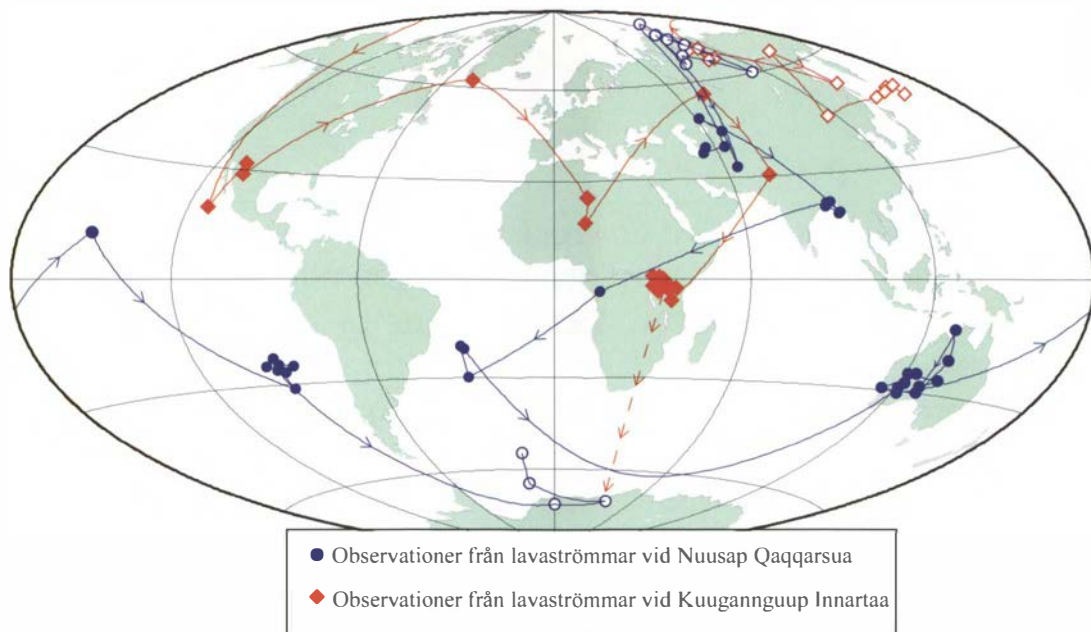
Polomkastningar inträffar inte systematiskt. Det går därför inte att förutspå ett polbyte baserat på när det senaste ägde rum.

Dagens forskare vet inte exakt vad som händer med magnetfältet vid ett polbyte. Konsekvenserna för livet på Jorden är därför inte heller kända i detalj. Normalt skyddar

Jordens magnetfält och atmosfären mot den intensiva strålningen av laddade partiklar, som konstant strömmar mot Jorden från solen och andra delar av universum. Vid ett polbyte förändras magnetfältet snabbt, det blir kraftigt nedsatt och den magnetiska avskärmningen minskar. När magnetfältet försvagas, kan strålning lätt tränga in i Jordens atmosfär och till exempel bryta ned ozonlagret. Det är oklart hur andra delar av atmosfären skulle påverkas om magnetfältet nästan upphörde. Blickar man tillbaka i de geologiska arkiven finner man tecken på mindre klimat-



Fotografi av Nuussuaq Qaqqarsuas bergssida på Nuussuaq på Grönland, där ett 60 miljoner år gammalt polbyte registrerats i en lavasekvens. Polbyttesekvensen är 170 meter mäktig och består av 63 lavaströmmar. Det utgör det mest detaljerade lavaarkiv över ett polbyte som hittills upptäckts på vår planet. Foto: Asger Ken Pedersen.



Palaeomagnetisk rekonstruktion av sydpolens position under polbytet för cirka 60 miljoner år sedan som registrerats i lavaströmmar på Grönland. Öppna symboler markerar polbytet medan fyllda symboler representerar magnetfältet före och efter polbytet. Dagens kontinenters position utgör referens.

förändringar och utdöenden i samband med polbyten – men det kan också vara tillfälligheter.

Tidsskalan är lång för de flesta geologiska processer, så som plattetektonik och vittring. Nu levande och närmast kommande generationer behöver inte bekymra sig för eventuellt ändrade livsbetingelser på grund av dessa processer. Men när det gäller geologiska fenomen som polbyten, extrem vulkanism eller meteornedslag är det annorlunda. Här är det tal om naturliga geologiska fenomen, som kan inträffa fort (även i ett geologiskt perspektiv) och därmed få ett omedelbart inflytande på livet på Jorden.

Polbyten sker inte särskilt ofta, men de händer, och det finns en stor möjlighet att ett polbyte inträffar någon gång i framtiden. Hur kan man bäst uppskatta sannolikheten för ett sådant scenario?

Winston Churchill sade: *"The farther backward you can look, the farther forward you are likely to see."* Citatet är naturligtvis menat för mänsklighetens historia men är inte desto mindre användbart även vid studier av Jordens forntid/framtid. Och

lyckligtvis finns det en vetenskaplig metod för att bestämma hur Jordens magnetfält har förändrats sett över tiden. Utifrån kunskaper om tidigare magnetfältsförändringar går det att uppskatta sannolikheten för ett förestående polbyte.

Palaeomagnetism

Nästan alla bergarter innehåller magnetiska mineraler som kan ta upp och bevara en magnetisering. När en bergart bildas "inkorporeras" därmed det omgivande magnetiska fältet. Beroende på de magnetiska mineralernas kornstorlek och sammansättning kan geologiska prover bevara en magnetisering i flera miljarder år.

Inom palaeomagnetismens område arbetar forskare med att samla in geologiska prover och bestämma den fossila magnetiseringen. Man kan säga att forskarna använder Jordens naturliga arkiv för att tolka tidigare magnetfält, vilka finns bevarade i geologiska prover.

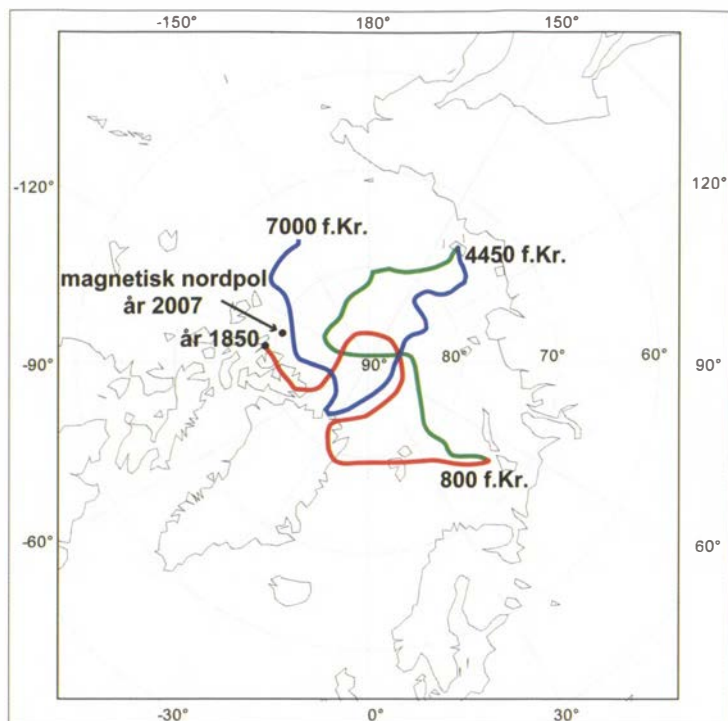
Med avancerad teknik har det visat sig möjligt att rekonstruera magnetfältet från flera typer av bergarter. I frånvaron av unga bergarter kan man bestämma

magnetfältets intensitet och riktning genom att analysera brända arkeologiska föremål (så kallad arkaeomagnetism). Då lergodset brändes magnetiserades krukorna av jordens magnetfält och på så sätt finns magnetfältet bevarat för eftervärlden. Även marina och lakustrina sediment är utmärkta geologiska arkiv över tidigare magnetfält.

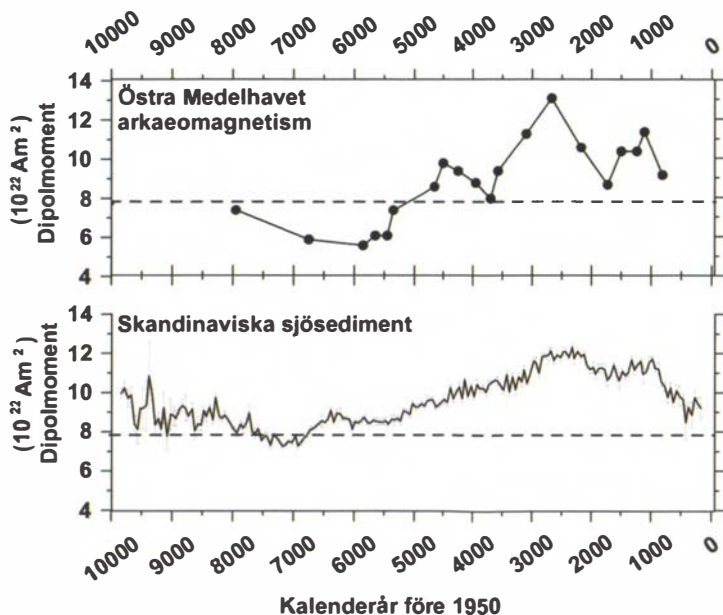
De magnetiska polerna byter plats

Under 1960-talet blev det klarlagt att de magnetiska polerna byter plats. Forskarna har därefter letat bland gamla prover för att finna spår av polbyten. Hittills har man funnit cirka 30 serier av lavaströmmar där polombyten registrerats. Dessvärre är huvuddelen av arkiven ofullständiga och odetaljerade, främst på grund av att polbyten sker mycket snabbare i förhållande till den tid det tar för bergarterna, som bevarat de forntida magnetfälten, att bildas.

Peter Riisager i vårt forskarteam (Zillén, Snowball, Riisager) har haft turen att på Grönland hitta världens hittills mest detaljerade geologiska arkiv över ett polbyte (se bilden



Palaeomagnetisk rekonstruktion av hur den magnetiska nordpolen rört sig de senaste cirka 9 000 åren. En period då den magnetiska nordpolen rör sig mycket snabbt kallas en "arkaeomagnetisk jerk". Dagens snabba förändring av Jordens magnetfält motsvarar troligtvis just en sådan "jerk".



Palaeomagnetisk rekonstruktion av dipolmomentets utveckling under Holocen tid baserad på arkaeomagnetism och analyser av naturligt magnetiserade varviga sjösediment. Dessa rekonstruktioner indikerar att Jordens geomagnetiska dipol var starkast för mellan 3 000 och 2 000 år sedan och de visar under de senaste 1 000 åren en nedgående trend.

MER FAKTA – JORDENS MAGNETISM

Jordens magnetfält är en dipol (består av en nord- och sydpol) och kan förenklat liknas vid det som skapas av en permanent stavmagnet. Men, i verkligheten är det inte så enkelt. Jordens centrala delar innehåller en inre kärna av fast järn och en yttre av flytande järn. Det är genom konvektionsströmmar i den yttre, smälta järnkärnan, vilken påminner om en elektrisk ledare med hög energi, som magnetfältet bildas. Konvektionsströmmarna avlänkas i sin tur av Jordens rotation vilket skapar en riktning hos fältet. Konvektionsströmmarna nära Jordens yttre bidrar även till vad som kallas för ett icke dipolmoment, vilket är orsaken till att Jordens geografiska poler och magnetiska poler inte är lika.



De magnetiska fältlinjerna strömmar från den magnetiska sydpolen till den magnetiska nordpolen. Vid den magnetiska ekvatorn är fältlinjernas lutning (eller dip) 0° medan den vid polerna är 90° . Magnetfält har bytt riktning och förändrats i styrka vid flera tillfällen under Jordens historia och det är dessa förändringar som kan observeras med hjälp av palaeomagnetism. Magnetfältets styrka mäts i dipolmoment och uttrycks i ampere per kvadratmeter (Am^2).

Figuren är modifierad efter en bild på sajten <http://tlacoele1.geofcu.unam.mx/>. Bearbetningen är gjord av Anders Magnusson.

på sidan 27). Turen bestod i att polomkastningen sammanföll med en period av ovanligt våldsam vulkanisk aktivitet som inträffade för 60 miljoner år sedan, då ett område i storlek med Danmark blev täckt av en fem till åtta kilometer mäktig serie av olika lavaströmmar. Detta innebär att polbytet registrerats i en 200 meter lång sekvens, vilket givit oss som forskare möjlighet till att göra noggranna detaljstudier.

Baserat på flera fältsäsongers mycket detaljerade palaeomagnetiska mätningar har vi kunnat genomföra en unik undersökning av Jordens magnetfält före, under och efter ett polbyte. Vad som i detta sammanhang är den mest intressanta iakttagelsen är, att polbytet först inträffade efter en längre period med reducerat dipolmoment (se bilden nedan). Samma fenomen har iakttagits vid andra undersökningar av polbyten. I jämförelse kan det nämnas att Jordens nuvarande dipolmoment är 8×10^{22} Am² vilket faktiskt är tre till fyra gånger starkare än dipolmomentet som rådde under det polbyte som vi registrerade på Grönland. Dagens magnetfält måste alltså avta betydligt mer innan det når en nivå motsvarande den grönländska polomkastningen.

Fältförändringar de senaste 11 500 åren

I Sverige och Finland har två i vårt team (Zillén och Snowball) rekonstruerat Jordens magnetfält från naturligt magnetiserade varviga

sjösediment som är uppåt 10 000 år gamla (se faktaruta). Dessa rekonstruktioner indikerar att Jordens magnetiska dipol var starkast mellan 3 000 och 2 000 år sedan och att de under de senaste 1 000 åren visat en nedgående trend. Om trenden skulle hålla i sig så kommer magnetfältet att vara väldigt svagt om cirka 1 000 år. Men en sådan extrapolering skulle vara felaktig eftersom relativt stora variationer varit vanligt förekommande de senaste 10 000 åren – under 1 000 års tid är det lika troligt att det magnetiska fältet har samma styrka som idag eller till och med starkare.

Utifrån samma studier av sjösediment har vi också rekonstruerat hur den magnetiska nordpolen förflyttat sig de senaste 9 000 åren. Vi upptäckte flera snabba förändringar i magnetfältet (så kallade "arkaeomagnetiska jerks") som tidigare bara påträffats i arkaeomagnetiska undersökningar (undersökningar som har identifierat tre "jerks" som inträffade omkring 800 f. Kr., 200 e. Kr. respektive 1 400 e. Kr.). Vi ser också dessa "arkaeomagnetiska jerks" i de varviga sjösedimenten samt ytterligare tre till fyra stycken som tidsmässigt sträcker sig utöver de arkeologiska observationerna. Den nuvarande snabba förflyttningen av de magnetiska polerna verkar således inte heller vara något fenomen som är kopplat till ett polbyte.

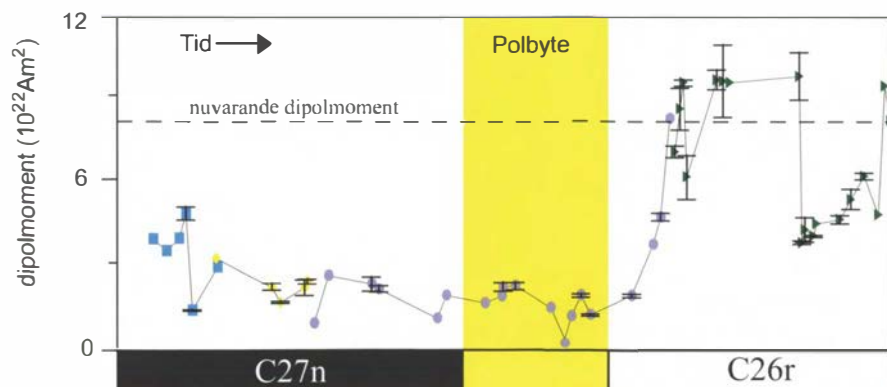
Är ett polbyte nära?

Sammantaget menar vi att sannolikheten för ett närtstående polbyte är mindre än vad som ibland har framförts i nationella och internationella medier. Som vi beskrivet här tidigare är snabba förändringar av Jordens magnetfält inte ovanliga. Under Holocen har liknande snabba fältförändringar i varje fall inträffat minst fyra till fem gånger. Dessutom visar palaeomagnetiska observationer som spänner över tidigare polbyten att magnetfältets styrka då var mindre än hälften av dagens magnetfält under en lång tid (cirka ett par tusen år). Det nuvarande magnetfältet är alltså mycket olikt de magnetfält som existerade under de tidigare polomkastningarna.

Dagens snabba förändring av Jordens magnetfält motsvarar mest troligast en "arkaeomagnetisk jerk". Men om magnetfältet fortsätter att försvagas kan det innebära att solens magnetfält får förhöjd effekt på Jorden. Rymdvädrets betydelse och förekomsten av magnetiska stormar kan komma att öka – att magnetiska stormar kan göra skada upplevde Sverige den 30:e oktober 2003, då en magnetisk storm orsakade en timmes strömbavbrott i stora delar av Malmö.

Med magnetiska stormar följer även norrsken: I Bibeln – Ezekiels Bok, Kapitel 1, vers 4, beskrivs det hur Ezekiel ser ett stormväder komma från norr omgivet av strålgans och virvlande ljus.

Kan det tänkas att Ezekiels obser-



Jordens dipolmoment (enhet 10^{22} Am²) före, under och efter polbytet som registrerades i Grönlandssekvensen. Datan är hämtad från en 1,6 kilometer mäktig profil bestående av lavaströmmar. Under perioden C27n var de magnetiska polerna vända på samma sätt som idag. Efter polbytet var situationen motsatt (C26r).

MER FAKTA – HOLOCENA VARVIGA SJÖSEDIMENT

Den holocena tidsperioden, som vi nu befinner oss i, är en relativt varm period som följt den senaste istiden. Perioden började för 11500 år sedan då den sista isen smälte och drog sig tillbaka från Skandinavien. Området har sedan dess täckts av sjöar som ackumulerat sjösediment. De skandinaviska sjösedimenten är intressanta för många grenar av geovetenskapen.

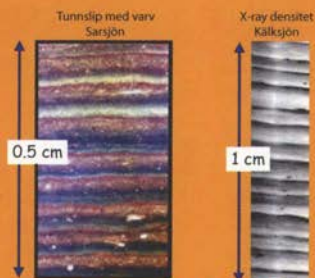
Speciellt fascinerande är en särskild typ av sjöar, vilka haft en stabil bildning av årstidsbundna lager, så att de bildar tydliga laminerade sediment. Beroende på vilken typ av sjö, så visar sedimenten en tydlig och igenkänningsbar struktur (se bild) som direkt kan hänföras till sjöarnas säsongsmässiga variationer i sedimentation av till exempel organiskt material, biogent kisel (diatomeér), oorganiskt material till-

fört från omgivningen och utfällning av CaCO_3 .

Om sedimentens lamination är tydligt årsbetingad talar man om varv, där varje varv avspeglar ett års sedimentation. Genom att räkna varv kan man datera sjösedimenten med en mycket hög precision, på samma sätt som man kan datera träd med hjälp av att räkna trädringar. En annan intressant detalj med skandinaviska varviga sjösediment är att de innehåller magnetotaktiska bakterier som bildar det magnetiska mineralet magnetit. Magnetotaktiska bakterier använder magnetitkornen till att linjera sig efter Jordens magnetfält för att på så sätt orientera sig i sedimentsekvensen där de hämtar sin näring. När bakterierna dör efterlämnar de sina "skelett" av magnetitkorn vilka är ideala för palaeomagnetiska under-

sökningar - deras fossila magnetisering är nämligen mycket stabil.

Därför gör de skandinaviska varviga sjösedimenten det möjligt att bestämma det palaeomagnetiska fältet under Holocen med hög tidsupplösning och precision. Vid Lunds universitet studerar vi dessa sediment för att bland annat bättre kunna dokumentera "arkaeomagnetiska jerks".



Exempel på varv i skandinaviska sjösediment.

vation av ett himmelskt ljus, i vad som nu är södra Irak, var norrsken? Hans observation skedde omkring 800 f. K.r., troligtvis samtidigt som en "arkaeomagnetisk jerk", då den magnetiska nordpolen befann sig närmare Irak än under någon annan tid under Holocen. Även om nutida förändringar av Jordens magnetfält inte nödvändigtvis är tecken på en närstående naturkatastrof av bibliska dimensioner, så finns det ändå en möjlig koppling till bibelns skrifter.

LOVISA ZILLÉN är doktor i kvartärgeologi och forskare vid Centrum för Geobiosfärvetenskap, Lunds universitet.

IAN SNOWBALL är docent i kvartärgeologi och forskare vid Centrum för Geobiosfärvetenskap, Lunds universitet.

PETER RIISAGER är forskare vid Danmarks och Grönlands geologiska undersökning.

Gallet, Y., Genevey, A. & Courtillot, V.; *On the possible occurrence of 'archaeomagnetic jerks' in the geomagnetic field over the past three millennia.* Earth and Planetary Science Letters, 214, 237-242, 2004.

Genevey, A., Gallet, Y. & Margueron, J.; *Eight thousand years of geomagnetic field intensity variations in the Eastern Mediterranean.* Journal of Geophysical Research 108, 2228, doi:10.1029/2001JB001612, 2003.

Riisager, P. & Abrahamsen, N.; *Palaeointensity of West Greenland Palaeocene basalts: asymmetric intensity around the C27n-C26r transition.* Physics of the Earth and Planetary Interiors, 118, 53-64, 2000.

Riisager, J., Riisager, P. & Pedersen, A.K.; *The C27n-C26r geomagnetic polarity reversal recorded in the West Greenland flood basalt province: How complex is the transitional field?* Journal of Geophysical Research, 108(B3), 2155, doi:10.1029/2002JB002124, 2003.

Snowball, I. & Muscheler, R.; *Palaeomagnetic intensity data: An Achilles heel of solar activity reconstructions.* The Holocene, in press.

Snowball, I. & Sandgren, P.;

Geomagnetic field intensity changes in Sweden between 9000 and 450 cal BP: extending the record of "archaeomagnetic jerks" by means of lake sediments and the pseudo-Thellier technique. Earth and Planetary Science Letters, 227, 361-376, 2004.

Snowball, I., Zillén, L., Ojala, A., Saarinen, T. & Sandgren, P.; *FENNOSTACK and FENNORPIS: varve dated Holocene palaeomagnetic secular variation and relative palaeointensity stacks for Fennoscandia.* Earth and Planetary Science Letters 255, 106-115, 2007.

Snowball, I., Zillén, L. & Sandgren, P.; *Bacterial magnetite in Swedish varved lake sediments: a potential biomarker of environmental change.* Quaternary International, 18, 13-19.

Zillén, L.; *Setting the Holocene clock using varved lake sediments in Sweden.* LUNDQUA Thesis 50, 2003.

REFERENSER

20-årsjubileum 2007

I den för geologer klassiska miljön vid Siljan höll WOGOGOB ett 20-årsjubileumssymposium med tillhörande exkursioner – under fem dagar i augusti samlades ett 40-tal baltoskandiska geologer.

Inledningsanförande hölls av WOGOGOB:s (Working Group on Ordovician Geology Of Baltoscandia) upphovsman Maurits Lindström. Under två dagar presenterades sedan föredrag samt postrar. Sammanlagt kom ett 40-tal delegater från Danmark, Estland, Holland, Lettland, Ryssland, Sverige, Tyskland och USA. Presentationernas tema spände från yttre rymden och meteoritnedslag, genom sedimentologiska miljöer, fylogener (släktskapsförhållanden) av olika fossila grupper till fossila mikrohabitat i revliknande miljöer i Siljansringen.

Två huvudtalare var inbjudna från USA. Professor Sven Egenhoff från Colorado State University, Fort Collins, Colorado, gav en överskådlig sedimentologisk tolkning av Baltoskandiens lagerföljd. Professor Stig M. Bergström från Ohio State University, Columbus, Ohio, presenterade betydelsen av detaljerad transatlantisk chemo- och biostratigrafi.

Symposiet gick av stapeln i Rättvik. Innan mötet bjöd WOGOGOB in till en exkursion kring Siljansringen med fokus framför allt på den senare delen av ordovicium. Områdets nationella och internationella betydelse är välkänt, och de många diskussioner som uppstod visar på aktualiteten och det stora antal olösta frågeställningar som finns kring den ordoviciska lagerföljen i området. Första stoppet för dagen var *Amtjärnsbrottet*, ett av de tidigaste kommersiella stenbrotten i området. Detta har från början varit intressant för geologer då kontakter mellan de revliknande kropparna i Kullbergskalken och omgivande sediment syns tydligt. Nästa anhalt var *Fjäckan*, som är en internationell stratotyp för ett flertal konodontzoner i senare delen av ordovicium. Lunchen intogs i *Osmundsbjergets stenbrott*, som är ett av de största brotten i området (idag inaktivt), även här exponeras gränsen mellan ordovicium och silur. Sista stoppet var *Solberga*, ett mindre stenbrott där det går att se något så ovanligt som ordovicisk råolja med ursprung i Fjäcksalkiffern, en olja som uppmärksammades redan 1734 av Linné.

Efter symposiet följde de flesta delegaterna också med på endagsexkursionen till Storsjöområdet. Dagen

började med en impaktguidning runt *Lockne kraterstig* anfordrad av Maurits Lindström och Åsa Frisk. I stenbrotten vid *Brunflo* studerades de karakteristiska röda så kallade orthoceratitkalkstenarna. Vid *Rannåsen* visade Peter Dahlquist på senaste ordovicium och Hirnantianivån i Kyrkäskvartsiten. Linda Wickström avslutade vid *Kälom* där ordovicium-silurgränsen finns exponerad och lagren till skillnad från många andra platser i Jämtland inte är inverterade. En trött busslast återvände till Rättvik samma kväll.

WOGOGOB har kommit att representera ett av de viktigaste vetenskapliga mötesföretag för alla med ett intresse i Baltoskandiens ordoviciska geologi. Mötets vetenskapliga bredd inbjuder till samarbetsprojekt och gemensamt tänkande kring problemställningar som rör hela områdets underpaleozoikum. Nästa WOGOGOB planeras till 2010 och om allt går i lås kommer det att hållas i Oslo. Tills dess, ett mycket stort tack från oss arrangörer, till alla som på något sätt hjälpte till att göra symposiet i Rättvik till en framgång.

/ ANETTE E.S. HÖGSTRÖM, fil dr och forskare vid Inst för Geovetenskaper, Paleobiologi, Uppsala universitet.

JAN OVE R. EBBESTAD, docent och intendent vid Evolutionsmuseet, Uppsala universitet.

LINDA M. WICKSTRÖM, fil dr och statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning.

ÅSA M. FRISK, fil mag och doktorand vid Inst för Geovetenskaper, Paleobiologi, Uppsala universitet.



WOGOGOB uppkom efter en idé av Maurits Lindström, presenterad vid ett möte av den Danska Palaeontologisk Klub i Köpenhamn den 31 maj 1985. Tanken var att skapa ett forum för forskning kring den geologiska, biologiska och oceanografiska utvecklingen av norra Europa under ordovicium. Detta forum skulle även ha en vetenskaplig bredd för att därigenom inbjuda till samarbete och diskussion kring alla aspekter av forskningen kring ordovicium. Mötena ordnas på frivillig basis och roterar mellan de baltoskandiska länderna.

16 – 19 december the Palaeontological Association håller sitt 51:a årliga möte vid Uppsala universitet. www.palass.org

16 januari – 27 april 2008 I samband med det pågående Internationella polaråret 2007-2008, visar Sjöfartsmuseet i Göteborg, tillsammans med Göteborgs universitet, en utställning om svensk polarforskning.

3 februari Mineralmässa. Stockholms Amatörgeologiska Sällskap, SAGS, anordnar mineralmässa. Tid: kl 10-16. Plats: Geovetarhuset, Stockholms universitet.

Läs mer: www.sags.nu/Minshow.html

Chans att delta i intressanta geologiexkursioner

I anslutning till den 33:e Internationella geologkongressen i Oslo den 6–14 augusti 2008 kommer det att anordnas flera spännande utfärder. Exkursionerna anordnas i Norden. Några av destinationerna är Färöarna, Grönland och Island. Men det finns även endagarsturer i Osloområdet, samt utfärder på fastlandet i Sverige, övriga Norge, Finland och Ryssland. Mer att läsa på www.33igc.org

OSLO
33 IGC
2008

Två vyer som du kan få chans att se om du hänger med på exkursionerna i sommar:

*Utsikt mot norr – från Soyðistangi utsiktspunkt, Färöarna.
Foto: Simon Passey, Jarðfeingi.*

Stora isberg som strandat på Isfjeldsbanken, vid mynningen till Ilulissat Icefjord, Grönland.

Foto: Henrik Højmark Thomsen, GEUS.

WOGOGOB:s konferensvolym

Den välfyllda konferensvolymen har publicerats i SGUs (Sveriges geologiska undersöknings) serie Rapporter & Meddelanden (nr 128) och finns tillgänglig från SGUs kundtjänst. Förutom lokalbeskrivningar och abstracts så innehåller den två större arbeten; En modern revision av den ordoviciska lagerföljden kring Siljan (Ebbestad & Högström) samt den första större sammanfattningen av Siljansområdets konodont-biostratigrafi (Bergström).

★ Medvind 1: Klimatet får Linnéstöd. Från 2007 går tio miljoner kronor, i form av ett så kallat Linnéstöd, ärligen till gränsöverskridande forskning vid Stockholms universitet – om klimatets utveckling. Forskningsprogrammet kommer att bygga upp en sammanhållen forskningsmiljö kring klimatområdet. Bakom ansökan står bland annat professorerna Johan Kleman, Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Jan Backman, Institutionen för geologi och geokemi, Georgia Destouni, Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi samt Henning Rhode, Meteorologiska institutionen.

I år delade Vetenskapsrådet och Formas ut totalt 20 Linnéstöd. Nästa ansökningsomgång är 2008.

Källa: www.su.se

★ Medvind 2: Energibolaget Vattenfall och skogsbolaget Sveaskog har inlett Sveriges största vindkraftssatsning. Satsningen går ut på att Sveaskog erbjuder lämpliga platser för vindkraft – och Vattenfall bygger. Totalt är fem län i södra Sverige involverade i samarbetet och totalt kan som mest 550 vindkraftverk med en total effekt på 1500 MW byggas ut. Det motsvarar el till 800 000 hushåll. Fram till år 2016 investerar Vattenfall 41 miljarder kronor i vindkraftsproduktion. Investeringarna sker både till havs och på land och samarbetet med Sveaskog är ett led i utbyggnadsarbetet.

★ Medvind 3: I november stod världens tredje största vindkraftspark till havs klart. Det är Vattenfall som byggt vindkraftsparken Lillegrund, mellan Malmö och Köpenhamn.

Prisbelönt bok

Det är svårt att inte bli förtjust i denna gedigna och vackra geologibok som innehåller berättelsen om hur bergen, fjordarna – ja, hela vårt grannland Norge – har skapats.

"Landet blir til" är ytterligare en stor och vacker bok om geologi på ett skandinaviskt språk. Första upplagan såldes slut på en gång, undertecknad har läst den andra, rättade upplagan.

Boken har prisbelönats för sin design. Här finns många och vackra fotografier och illustrationer. Och Norges natur bjuder i sig själv på dramatiska och vackra scenerier. Boken innehåller också många och fina rekonstruktioner, både paleogeografiska kartor och biologiska miljöer. En kul detalj är att gamla (national)romantiska landskapsmålningar över kända norska landmärken ibland används som illustrationer.

Disposition är genomtänkt. De två första kapitlen tar upp bakgrunden till boken samt grundläggande geologiska processer och metoder. Efter detta följer huvuddelen som kronologiskt (och geografiskt) presenterar hur Norges berg och jord bildats. Naturligtvis glöms inte havsbotten och dess betydelse för oljan bort.

Igenom hela denna bok finns informativa faktarutor. Svagt bruna rutor berättar om fossil, mineral, bergarter och geologiska processer. Ljust gröna informerar om bergshantering och geologiska resurser och i blått får vi biografier och vetenskapshistoria. Så finns till exempel en faktaruta "Fjellproblemet" som kortfattad beskriver hur överskjutningstekniken kom att accepteras i Norge. Detta illustrerat med den i Sverige så kända teckningen av Åreskutan

"Överskjutning" som gjordes till Geologiska Föreningens 25-årsdag. Boken avslutas med sex tematiska kartor och dessutom medföljer en nyframtagen berggrundsgeologisk karta över Norge.

Det är omkring 50 år sedan en heltäckande bok om Norges geologi producerades, och sedan dess har både geofysik, isotopgeologi och 50 års forskning ökat kunskapen betydligt. De tre huvudredaktörerna har fått hjälp av 30 författare. Till det kommer över 200 personer som bidragit till faktarutor, illustrationer och idéer, vilket garanterar en modern vetenskaplig syn på den geologiska utvecklingen. Innehållet är dock inte svårare än att intresserad allmänhet och skolelever kan ha utbyte av boken.

Boken är en utmärkt lärobok i Norges geologi, men också översiktlig om geologi i allmänhet. Inom mitt eget område kan jag konstatera att avsnitten om den svekonorvegiska orogenesen samt Kaledonidernas bildning är mycket bra och aktuella.

Svagheter? Visst skulle jag önska att kartorna redovisade fler av Norges gamla gruvor och mineralförekomster (Langesundsfjorden finns inte med). Ordförklaringen kunde ha varit fylligare med tanke på allmänheten, till exempel förklaras inte ordet konglomerat. För den specialintresserade är referenslistan i kortaste laget.

Sammantaget ges ändå en beröm godkännt. Huvudman och utgivare av boken är Norsk Geologisk Forening, som har tagit god hjälp

av NGU (Norges geologiske undersøkelse), de norska forskarna, samt inte minst (för både finansiering och kunskap) oljeindustrin. Tänk om Sveriges geovetare, universitetet, SGU och industrin skulle kunna gå samman och producera ett motsvarande verk!

/ JOAKIM MANSFELD är fil. dr. i geologi och geokemi samt redaktör för GFF som är Geologiska Föreningens vetenskapliga tidskrift.



"Landet blir til" vann pris som Årets vackraste fackbok 2007 i norska grafiska tävlingen Grafills konkurranse. Boken är utgiven av Norsk Geologisk Forening. Redaktörer: Ivar B. Ramberg, Inge Bryhni och Arvid Nøttvedt. Antal sidor: 608. Pris: 395 norska kronor plus frakt. Kan beställas från www.geologi.no.

Utmaningen är att fortsätta vara attraktiv som arbetsgivare

Boliden hade tidigare i år ute en annons där 25 nya medarbetare söktes. Över 300 personer från hela världen svarade. De skickade in sin ansökan om att få komma till företaget – men även till snö, mörker och sprakande norrsken.

Boliden är störst i Sverige, ja till och med i Europa på att satsa på prospektering (procentuellt har budgeten för 2007 ökat med ungefär 100 procent jämfört med 2006) och nyligen har vi haft glädjen att välkomna 25 medarbetare från 10 olika länder. Geologer, geofysiker och tekniker med spännande bakgrund, både killar och tjejer har hittat vägen till Västerbotten.

– Vad har attraherat dem? frågar sig givetvis en arbetsgivare som ständigt är på jakt efter rekryteringsmöjligheter i sin bransch.

Regionen har, med Boliden och Skelleftefältet i spetsen, en världsplats på kartan och Boliden som företag har bra

anställningsvillkor med bland annat spännande utvecklingsprogram som alla nyanställda får genomgå. Men troligen är detta inte förklaringen till att vi lockat unga människor från världens alla hörn – anledningen är kanske av det mer exotiska slaget. Att flytta upp till norra Sverige, träffa nya människor som liksom en själv brinner för geologin och att få vara med och skriva prospekteringshistoria ute på myggrika myrar och skogsmarker!

Den första snön har fallit, och planer på skidåkning cirkulerar i lunchrummet på Boliden. Häromdagen gick delar av detta nyanställda prospekteringsgång på hockey. Väl utrustade med hockeyregler och drillade i att det är Skellefteå AIK som ska vinna, ledde de hemmalaget till seger.

Vi på Boliden är glada att vi lyckats locka så många internationella kvinnliga och manliga medspelare till vårt lag här i Boliden. Utmaningen är att fortsätta

vara attraktiv som arbetsgivare och attrahera unga människor till vår bransch. Vi ska fortsätta söka i Norden och andra länder för att locka kompetens till Sverige, men spännande aktiviteter på hemmaplan i form av givande sommarjobb och möjligheter till examensarbeten är minst lika prioriterat. I ett nära samarbete med skolor har vi i näringslivet också en viktig uppgift – att redan i unga åldrar visa barnen och ungdomarna denna fascinerande värld som är geologi!

/ PIERRE
HEEROMA
är prospekteringschef,
Boliden
Mineral AB.



Några av Bolidens 25 nyanställda geologer, geofysiker och tekniker på utbildning i svenska. Sittande från vänster: Hein Raat från Holland, Karen och Toby Wellman från Australien, James Blight från Wales och Martje van Dijk från Holland. Stående: språkläraren Hege Pettersen.



Geologiska Föreningen
Institutionen för geologi och geokemi
Stockholms universitet
106 91 Stockholm

GEONYTT

På denna sida upplåter Geologiskt forum kostnadsfritt plats för information som är relevant för föreningens medlemmar eller en geointresserad allmänhet. Har du något du vill tipsa om – hör av dig till redaktionen senast 15 februari. Nästa nummer av tidningen kommer ut i mars 2008. Kontakta redaktör Anna Kim-Andersson, tel 036-440 01 20, anna@qi-media.se

GEOLOPPIS

SÄLJES: Geologiska Föreningens Förhandlingar, häfte 1-680, det vill säga årgångarna 1 (1872) till och med 126 (2004) jämte alla separata generalregister/index. Årgångarna 1-82 (1960) är inbundna. Kontakta: ulfhjelmqvist@hotmail.com, tel. 035-83060.

www.geologiskaforeningen.nu

... är webbplatsen för Dig som vill läsa geologinyheter samt veta mer om Geologiska Föreningen, våra tidsskrifter, arrangemang, prisutnämningar, med mera!

Medlemmar och prenumeranter som meddelar oss sin e-postadress har även chans att få utskick med information och nyheter per e-post! Mejla till info@geologiskaforeningen.nu

BLI STÖDPRENUMERANT

Från och med i år erbjuder Geologiska Föreningen företag och organisationer en möjlighet att vara med och stötta utgivningen av Geologiskt forum. Stödprenumeranter får exponering i tidskriften varje nummer samt syns på föreningens hemsida. I prenumerationen ingår tre exemplar av tidningen varje nummer. Priset är 3 000 kronor per år. Är ditt företag intresserat? Hör av dig till Anna Kim-Andersson, tel 0708-205010, e-post anna@qi-media.se eller info@geologiskaforeningen.nu

Geologiskt forums nyaste stödprenumerant hälsas välkommen (se även sidan 26):

GEOSIGMA

MARK BERG VATTEN

Anlita Geosigmas nyfikna, engagerade och jordnära konsulter! Geosigma erbjuder konsulttjänster och vägleder alla som i sin verksamhet planerar och bygger morgondagens samhälle. www.geosigma.se

Geologiska Föreningens styrelse 2008

- Pär Weihed**, ordförande, Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå, tel. 0920-491371, par.weihed@ltu.se
- Vivi Vajda**, sekreterare, Geobiosfärscentrum, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, tel. 046-2224635, vivi.vajda@geol.lu.se
- Christina Lundmark**, skattmästare, SGU, Skolgatan 4, 930 70 Malå, tel. 0953-34609, christina.lundmark@sgu.se
- Joakim Mansfeld**, redaktör, Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel. 08-6747727, gff@geo.su.se
- Patrik Nilsson**, ledamot, USR Nordic AB, Hannerbergsatan 33, 171 68 Solna, tel. 08-553 93 508, e-post: Patrik_Nilsson@URScorp.com
- Mark Johnson**, ledamot, Geovetärcentrum, Göteborgs universitet, Box 460, 405 30 Göteborg, tel. 031-77302808, markj@gvc.gu.se
- Linda Wickström**, ledamot, SGU, Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018-179313, linda.wickstrom@sgu.se

STORT TACK till Åsa Frisk och Mikael Calner, avgående skattmästare respektive sekreterare, för fina insatser 2006–2007.