

Geologiskt forum

Då Sverige låg mitt i
växthuset 4

Glaciärer och forna
tiders klimat 8

När jorden
ger järnet 12

Personliga
bergartsnamn 16

Nycklar till
Jordens inre 21

Svenska mineral (7)
swedenborgit 29



God fortsättning, Geologiska Föreningen!

Med varmt hjärta önskar jag Geologiska Föreningen, *GFF* och, inte minst, *Geologiskt forum* en god och mångårig fortsättning. Jag är stolt över att under så många år ha fått medlemmarnas förtroende att vara föreningens redaktör. Jag har haft ambitionen att utveckla föreningen till en i mitt tycke mer aktiv organisation. Detta har jag försökt förverkliga genom mitt arbete med *GFF*, med *Geologiskt forum*, med hemsidan och genom att bl.a. ta initiativ till att föreningen instiftade en jubileumsfond med uppgift att ge priser till framstående personer inom geologernas krets. Jag kan inte klaga, de flesta förslag jag kommit med har de många styrelser som jag suttit med i tyckt varit bra och beslutat satsa på. Det är därför särskilt ledsamt att behöva konstatera att denna ökade aktivitet hos föreningen lett till att den råkat i ekonomiskt trångmål. För att öppna för andra konstellationer och organisatoriska lösningar på problemet med redaktörskostnader lämnar jag, i förtid, vid årsskiftet uppdraget som föreningens redaktör.

En kort summering av mina 16,5 redaktörsår har jag skrivit i decembernumret av *GFF*, varför intresserade hänvisas dit. Här vill jag bara framhålla att denna period i mitt liv varit händelserik, utmanande, spännande, arbetsam, ibland pressande och motig – men hela tiden inspirerande och lärorik. Samma år som föreningen fyllt 130 år och *GFF* fullbordar 130 årgångar kan jag med de nu utkomna häftena av *GFF* och *Geologiskt forum* för egen del celebrera utgivningen av jämnt 100 nummer av tidskrifterna och 18 utgåvor av Föreningens hemsida. Ett sådant dagsverke får jag känna mig nöjd med. Då kan det också vara dags för nya krafter att ta över.

En särskild välgångsönskan vill jag rikta till den nye redaktören vad gäller utgivningen av *Geologiskt forum*. Jag hoppas verkligen att den under året inleda samverkan med de amatörgeologiska föreningarna och deras representanter i tidskriftens redaktionsråd resulterar i att tidskriften blir bättre och får den bredare prenumerantbas som uppenbarligen är helt nödvändig för att kunna upprätthålla nuvarande upplägg och årsvolym. Det nyligen erhållna beskedet från Sveriges geologiska undersökning om fortsatt utgivningsstöd under de närmaste två åren var ytterst välkommet. Utan det hade nog tidskriftens saga vid det här laget varit all.

Till sist vill jag tacka alla medarbetare under dessa år som med artiklar bidragit till att *Geologiskt forum* kunnat utvecklas och bestå. Att tidskriftens innehåll är uppskattat gav medlemsenkäten i våras klart och glädjande besked om. Björn Sundquist



"den svenska föreningen för vetenskaplig, tillämpad och populär geologi"

<http://www.sgu.se/gf>

Geologiskt forum publicerar populärvetenskapliga artiklar inom geologins alla områden. Den informerar om litteratur, händelser och personer med geologisk anknytning, och är ett forum för åsikter och debatt.

Geologiskt forum utges sedan 1994 av Geologiska Föreningen (GF; Sveriges riksförening för geologi), fr.o.m. 2001 i samarbete med följande föreningar:

Bergslagens Geologiska Sällskap (BGS)
Göteborgs Geologiska Förening (GGF)
Hallands Geologiklubb (HGK)
Upplands Geologiska Sällskap (UGS)
Västerbottens Amatörgeologer (VAG)

Tidskriften ingår i det ordinarie medlemskapet i Geologiska Föreningen (ang. medlemskap se sista sidan). Lösnummerpris är 40 kr.

Redaktionsråd:

Jan Bergström (GF), Holger Buentke (GF), Christer Carlberg (HGK), Ingemar Cato (GF), Rolf Frankenberg (UGS), Dan Holtstam (GF), Antti Hulterström (VAG), Mikael Jansson (BGS), Erik Mofjell (GGF).

Redaktör och ansvarig utgivare:

Björn Sundquist

Redigering och layout:

Björn Sundquist

Redaktionen adress:

GF:s redaktion, % SGU, Box 670, 751 28 Uppsala
tel 018/179276, fax 018/516767, e-post gff@sgu.se

Gf på Internet <http://www.sgu.se/gf/geolf.htm>

För prenumerationsärenden, köp av tidigare nummer och adressändring kontakta:

Swedish Science Press, Box 118, 751 04 Uppsala
tel 018/365566, fax 018/365277, e-post info@ssp.nu
postgiro 489 78 50-6, bankgiro 914-4601

Prenumerationspriset för år 2001 (4 nr) är 140 kr.

ISSN 1104-4721

Gf sammanställs på en Macintoshdator med hjälp av bl.a. Microsoft Word®, Adobe PageMaker®, Adobe Photoshop® och Adobe Acrobat®. Den överförs på film och trycks av Centraltryckeriet AB i Borås i ca 1500 ex. och distribueras av Swedish Science Press.

Annonser mottages gärna. Kontakta redaktören för uppgifter om digitala format, storlekar och priser.

Omslagsbilden

Den stora jökelporten i Måskonäiveglaciären, Norra Storfjället. Denna och övriga glaciärer i Västerbottens län har varit föremål för en omfattande undersökning. Läs mer på s. 8–11 om resultatet av den första studien som kunnat ge en samlad bild av dessa glaciärers storleksvariation från istidens slut till våra dagar.

Landhöjningen i vetenskapshistorisk belysning

Synen på jordens historia är som bekant inte en. Alla kulturer har eller har haft en jordens tillblivelsehistoria. I den västerländska kulturtraditionen var det Moses berättelse om Guds skapelse som var den påbudna. Även i vår tid har Moses sina förespråkare, och många vetenskapsmän tillstår att de har en gudstro, även om den inte inbegriper Bibelns skapelseberättelse. Men långt in på 1800-talet fanns alljämt reminiscenser av den bibliska kronologin och berättelsen om syn-
dafloden även i förment vetenskapliga arbeten. Tore Frängsmyrs *Geologi och skapelsetro* från 1969

och *Upptäckten av istiden* från 1976 har länge varit de enda större översiktarna över den svenska geologins vetenskapshistoria.

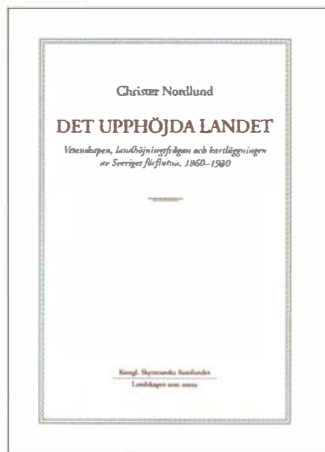
Nu kan till dessa fogas idéhistorikern Christer Nordlunds utmärkta avhandling *Det upphöjda landet*, nyligen ventilerad vid Umeå universitet. Han beskriver den nya föreställningsvärld som öppnades under senare delen av 1800-talet i och med istidsteorins genombrott, och den omfattande forskning som då inleddes i syfte att klarlägga naturens utveckling i Sverige efter den senaste istiden. Den nya världen öppnade sig inte bara för geologer utan i hög grad även för växtgeografer och arkeologer. Nordlund beskriver geologins arenor, med Sveriges geologiska undersökning, dess museum, och Geologiska Föreningen som energicentra, och varifrån mycket av det geologiska arbetet utgick och där resultaten sammanfördes och publicerades. Han beskriver det historiska förloppet då bitarna efterhand faller på plats, där gamla begrepp

som "vattuminskning" och "petridelaunisk flod" vädras ut och ersätts med termer som "högsta kustlinjen" och "landhöjning". Boken ger inblickar i hur t.ex. Gerard De Geer, Arvid Högbom, Henrik Munthe, Lennart von Post och många andra arbetade, polemiserade och grälade med varandra i sina försök att fastställa den senaste landhöjningen, dess hastighet och mekanismer.

Det här är en mycket välskriven bok med ett gediget faktaunderlag, delvis bestående av tidigare obeaktat material. Många gånger tänker man sig en tämligen rak väg i en vetenskaps historia, framsteg efter framsteg i en lång rad som lett fram till nuvarande ståndpunkt. Vetenskapshistorikerna belyser den verkliga vägen, som överraskande ofta visar sig vara en härva av vägar och stigar, upptrampade av vetenskapliga "aktörer" av alla schatteringar, många gånger också med, i vårt tycke, fullständigt irrelevanta "argument" i vetenskapliga resonemang och åsiktsriktningar. Så också i detta fall. Begrepp som "fosterland", "ärofull" och liknande användes i svulstiga utläggningar och som slagträn i diskussioner.

Det upphöjda landet, eller åtminstone delar av boken, bör framöver utgöra en naturlig del i den svenska geologiundervisningens grundläggande moment på högre nivå. Det underlättar att arbeta med en så historisk vetenskap som geologi om man känner geologins egen historia. Boken vill jag alltså varmt rekommendera. Men jag vill också rekommendera dess författare. Kanske något för Sveriges geologiska undersökning att tänka på inför 150-årsdagen 2008?

Björn Sundquist



EN NY BOK

Nordlund, C., 2001: *Det upphöjda landet. Vetenskapen, landhöjningsfrågan och kartläggningen av Sveriges förflutna, 1860-1930*. 425 s. Kungl. Skytteanska Samfundets Handlingar nr 53. Beställs från Kungl. Skytteanska Samfundet, Humanisthuset, 901 87 Umeå. Pris häftad ca 225 kr.

Då Sverige låg mitt i växthuset

AV ANDERS AHLBERG

Geologiska data och klimatmodeller pekar samstämmigt på att världen under mesozoikum (perioderna trias, jura och krita för mellan 248 och 65 miljoner år sedan) präglades av växthusförhållanden, dvs. höga atmosfäriska koldioxidhalter, förhöjd världsmedeltemperatur och en förskjutning av klimatbältena från ekvatorn mot högre breddgrader. Skandinavien låg under hela denna tid på mellanbreddgrader, mitt i det breda varmtempererade bältet på norra halvklotet.

Den mesozoiska växthusvärlden

Allteftersom bilden av kontinenternas forna positioner klarnar så har vi också fått bättre möjligheter att sätta sedimentära och biologiska klimatindikationer i ett globalt helhetsperspektiv. I den marina miljön omfattar klimatindikationerna t.ex. den paleogeografiska utbredningen av karbonat-sediment och av fossila organismer med särskilda klimatkrav, samt kalkskals stabila isotopsammansättning som i sin tur kan avspegla den marina ytvattentemperaturen. På land tolkas klimatförhållanden och atmosfärsammansättning kvantitativt med hjälp av fossila florors funktionella morfologi (multivariat analys av formen hos blomväxters löv, Figur 1), och mera generell klimatinformation fås dessutom vid studier av pollen och sporer, jordmånstyper och vittringsprodukter.

Den mesozoiska världen, så som vi känner den från lagerföljder, kännetecknas av att de polnära områdena visar tecken på tempererade och mestadels fuktiga klimatförhållanden, och bara sällsynta och tveksamma indikationer på nedisning. Eftersom temperaturskillnaden mellan polerna och ekvatorn under sådana förhållanden troligen var blygsam så var den marina cirkulationen begränsad. Detta ledde till utbredd syrebrist och bildning av organiskt slam på shelferna (som nu utgör oljeskiffrar i bl.a. Nordsjön). Växthusvärldens utjämnade klimat präglades av större stabilitet jämfört med den ishuvärld vi lever i. De mekanismer som skapade och upprätthöll växt-

husförhållandena under mesozoikum är långt ifrån klarlagda, men aktiv plattetektonik och därmed stora atmosfäriska tillskott av vulkaniska växthusgaser anses vara en viktig faktor. En mycket stor del av den potentiellt "rörliga" koldioxiden på vår planet var dock löst i havsvattnet eller bunden i marina organismer, och förhållandet mellan den mesozoiska atmosfären och hydrosfären är bara delvis känt.

Mesozoiska klimatindikationer i Sverige

Mesozoiska lagerföljder är i Sverige koncentrerade till Skåne med omnejd, efter det att bl.a. kvartär glacial erosion "hyvlat av" dem i övriga landet. I Skåne finner man idag olika slag av spår efter den växthusbetingade klimatregim som dominerade på dinosauriernas tid.

Avlagringarna från sen krita är helt dominerade av mäktiga karbonatsedimentlagerföljder, uppbyggda av hårdvävnad från bl.a. bryozoaer, coccoliter, foraminiferer, brachiopoder och belemniter. Den goda produktionen av marin kalciumkarbonat vid så höga latituder som 40–50°N stimulerades troligen av koldioxidutbytet med växthusatmosfären och av en hög havsytvattentemperatur, och är i sig själv ett bevis för att växthusvärlden existerade. I Skåne återfinns vidare fossil efter marina organismer som åtminstone idag är värmeberoende (t.ex. krokodiler, som kräver ca 20°C i vattnet). Preliminära analyser av den stabila syreisotopsammansättningen hos fossila ostron

Figur 1. Fossila löv från några av krit-tidens blomväxter. Ett trettiotal taxonomiskt oberoende karaktärer kan mätas hos angiospermernas blad. Många av dem är idag starkt klimat-avhängiga, vilket kunnat kvantifieras och korreleras med klimatet vid hundratals väderstationer världen runt. Med samma metod används nu fossila angiospermers lövkaraktärer för att kvantifiera kretaceiska klimatförhållanden.



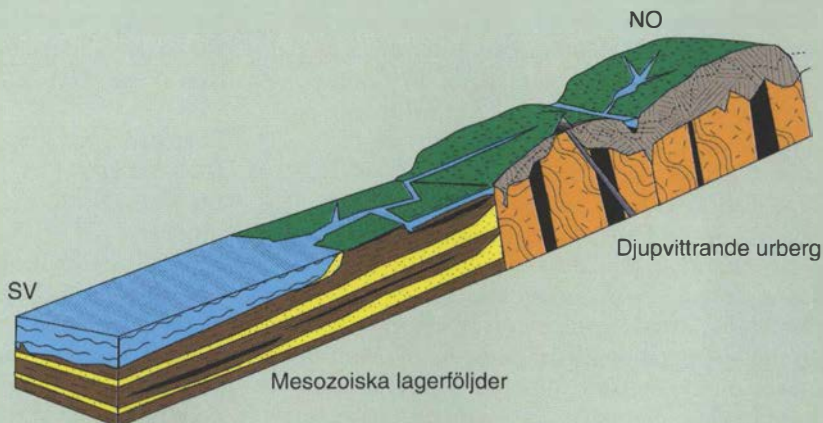
och belemniter pekar dock mot något svalare grundmarina årsmedeltemperaturer, 14–17°C.

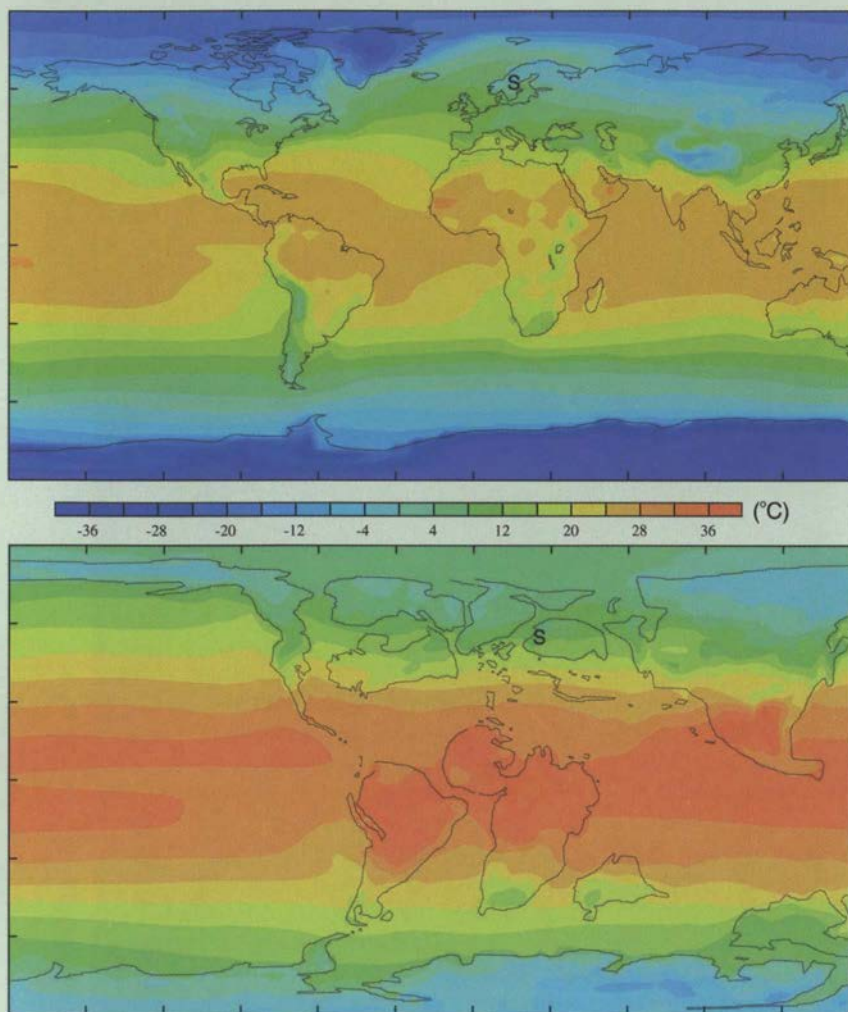
Sediment och berggrund på land som blottades för den mesozoiska atmosfären och hydrosfären visar tecken på intensiv kemisk vittring. Gnejserna, graniterna och diabaserna i centrala Skåne är vittrade ner till 10–50 m djup, vilket är i överensstämmelse med klimatmodellernas subtropiska förhållanden på mellanbreddgrader (se nedan). Vittringsprofilerna är dominerade av lermineralet kaolinit, men blir nedåt vittringsfronten allt rikare på smektitiska lermineral. Den intensiva kemiska vittringen anses ha börjat i sen trias och fortsatt under jura och krita, men möjligen började vitt-

ringen redan i karbon. Även de sandiga och slam-miga sedimentlagerföljderna och jordmånerna i Skåne är normalt kaolinitrika (Figur 2).

Den verkligt stora mesozoiska klimatförändringen som har kunnat spåras i skånska lagerföljder orsakades inte av en förändring av växthusförhållandena, även om dessa förstärkte klimatomslagets konsekvenser. I trias då jättekontinenten Pangea fortfarande låg väl samlad kring ekvatorn rädde s.k. megamonsunförhållanden över stora delar av kontinenten, som innebar att en stor del av årsnederbörden på våra mellanbreddgrader föll under bara ett par månader, medan resten av året präglades av torka.

Figur 2. Schematiskt och idealiserat tvärsnitt genom Skåne under mesozoisk tid. Området är särskilt intressant ur ett paleoklimatiskt perspektiv eftersom det både omfattar det djupvittrade urberget och de lägre liggande sedimentbassänger som tog emot vittringsmaterial och var livsmiljöer för klimatkänsliga organismer.





Figur 3. GCM-utfall för den geografiska fördelning av årsmedeltemperaturen för (överst) nutid och (underst) mellersta krita (cenoman, för ca 98 miljoner år sedan). S anger Sveriges läge. Nya data från prof. Paul Valdes, Reading University, Hadley Centre GCM).

Detta syns tydligt i våra oxiderade ovittrade, sterila torrklimatsediment med evaporitdominerade jordmåner (caliche) och smektitiska leror från sen trias. Det scenariot kom att förändras radikalt och oåterkalleligt före övergången till juratid. Pangea började spricka upp längs riftzoner, och grundmarina förhållanden bredde ut sig över stora delar av nuvarande Central- och Nordeuropa. Detta skapade fuktiga luftmassor och riklig nederbörd längs de nya kustområdena, t.ex. i södra Skandinavien. Fossil ved med årsringar visar att årstidsväxlingarna fortsatte, men nu med tämligen fuktiga förhållanden året runt som fick en riklig vegetation att inta tidigare ökenartade områden och skapade förutsättningar för landlevande djur, inklusive dinosaurier. Det var den

subtropiska värmen, nederbörden, markfuktigheten, dräneringen av växternas humussyror, och koldioxidutbytet med växthusatmosfären som låg bakom den intensiva mesozoiska markvittringen som skapat vårt kaolin.

Mesozoiska klimatmodeller: tillbaka till framtiden

De flesta klimatmodeller för mesozoikum, såväl som för nutid och framtid, utgörs av atmosfäriska generella cirkulationsmodeller (AGCM). Dessa bygger på numeriska dag-till-dag klimatsimuleringar över ett antal år, med inbyggda låsta eller variabla faktorer såsom solkonstant, geografi/paleogeografi, marin ytvattentemperatur (bedömd från kalkskals syreisotopsammansättning),

albedovärden (för hav, snö, is och olika vegetationstyper), och atmosfärens sammansättning.

Simuleringarna kräver stor datakraft, ett tiotal sammanlänkade Cray-datorer kan behöva köras en hel dag för ett enda modellförsök. AGCM kopplas numera dessutom till oceancirkulationsmodeller och florabaserade klimatmodeller. Man är överens om att förhöjda atmosfäriska koldioxidhalter kring 4–5 gånger den förindustriella halten är en förutsättning för den observerade paleogeografiska fördelningen av geologiska klimatindikationer som påträffas i mesozoiska lagerföljder världen över. I klimatmodellerna hamnar Sverige under hela den mesozoiska eran mitt i det breda varmtempererade bältet på norra halvklotet (Figur 3). Vårt klimat gränsade enligt modellerna till det subtropiska, ungefär som i Florida idag där den kallaste månadens medeltemperatur ligger kring 5°C, den varmaste kring 30°C, och årsmedeltemperaturen kring 20°C.

Att utveckla dynamiska numeriska modeller (GCM) är troligen det enda sättet att sia om framtida klimat, och därmed förbereda samhället för nödvändiga strukturella förändringar. Modellerna är dock både generaliserande i sina utfall och komplexa i sin matematiska uppbyggnad, vilket ger osäkra resultat. Det enda sättet att förbättra modellerna är att pröva dem kritiskt mot kända klimatsituationer. GCM-resultat jämförs idag med data ur de högupplösande klimatarkiv som finns i form av väldaterade lagerföljder från historisk och kvartär tid. De testas också mot kvantitativa och kvalitativa geologiska data från mesozoiska och kenozoiska lagerföljder.

I de mesozoiska fallen kan man å ena sidan invända att dateringarna av lagerföljderna är oprecisa, vilket leder till att sedimentära klimatindikationer med 10.000-tals år i ålderskillnad vägs samman i en global klimatbild. Å andra sidan visar mesozoiska lagerföljder en relativt unison klimatbild oavsett ålder, vilket föranleder oss att tro att växthusklimatet faktiskt var jämnare och mera stabilt, och att vi därmed ändå kan tillåta oss att göra principiella jämförelser mellan geologiska data och numeriska klimatmodeller. Det kan faktiskt vara en fördel att testa dessa modeller, som ju har sin utgångspunkt i den nutida världen, mot ett radikalt annorlunda paleoklimat, eftersom klimatskillnaden därmed är större än GCM-utfallens standardavvikelser (åtminstone för temperatur).

Moderna mesozoiska GCM-modeller matchar de forna kustslätternas och grundhavens geolo-

giska klimatdata tämligen väl. Vid avvikelser produceras efterhand modifierade GCM där man har justerat cirkulationsmodellens ingående data eller parameterisering för att få ett utfall som ligger närmare insamlade geologiska klimatdata, ett förfarande som har ifrågasatts principiellt. Modellerna för mesozoikum visar dock alltför stora likheter med nutidens klimat i kontinenternas inre, som inte kan justeras bort med gängse metoder. Under t.ex. mellersta krita antyder modellerna höga temperatur-skillnader över året, utpräglad vintertorka, och väldigt kalla vintrar. Geologiska data (fossila växter, pollen, lermineral, paleosols) från dåvarande polcirkeln i Sibiriens inre påvisar tvärtom ett mycket mera utjämnat klimat över året, med utpräglad humiditet och milda vintrar (ett typiskt Londonklimat).

Man kan säga att GCM-modellerna generellt ger en god bild av det mesozoiska klimatet, men en nedtonad bild av de klimateffekter som en växt-husatmosfär kan leda till i kontinenternas inre.

Litteratur

- Ahlberg, A., Sivhed, U. & Erlström, M., 2001: The Jurassic of southern Sweden. I: F. Surlyk & J. Ineson (red.): *The Jurassic of Denmark, Greenland and adjacent areas*, s. 1–15. *Geology of Greenland Survey Bulletin* 186.
- Allen, J.R.L. m.fl. (red.): *Palaeoclimates and their modelling, with special reference to the Mesozoic Era*. Chapman & Hall.
- Hallam, A., 1985: A review of Mesozoic climates. *Journal of the Geological Society of London* 142, 433–445.
- Kutzbach, J.E. & Gallimore, R.G., 1989: Pangaeon climates: megamonsoons on the megacontinent. *Journal of Geophysical Research* 94 D3, 3341–3357.
- Lidmar-Bergström, K., Olsson, S. & Olvmo, L., 1997: Palaeosurfaces and associated saprolites in southern Sweden. I: M. Widdowson (red.): *Palaeosurfaces: Recognition, Reconstruction and Palaeoenvironment*, s. 95–124. *Geological Society Special Publication* 120.
- Norling, E., Ahlberg, A., Erlström, M. & Sivhed, U., 1993: Guide to the Upper Triassic and Jurassic geology of Sweden. *Sveriges Geologiska Undersökning* Ca 82, 1–71.
- Price, G.D., 1999: The evidence and implications of polar ice during the Mesozoic. *Earth Science Reviews* 48, 183–210.
- Spicer, R.A., Ahlberg, A., Herman, A.B., Hoffman, C. & Valdes, P.J.: *The Vilui Basin and the Late Cretaceous Continental Interior Climate Paradox*. <http://tabitha.open.ac.uk/spicer/INTAS/Vilui.html>
- Valdes, P.J., Spicer, R.A., Sellwood, B.W. & Palmer, D.C., 1999: *Understanding past climates: modelling ancient weather*. Gordon & Breach (ISBN 90-5699-253-8; interaktiv CD-ROM).

Anders Ahlberg forskar och undervisar vid Geologiska institutionen, Lunds universitet, och ingår i en europeisk-rysk forskningsgrupp för mesozoisk klimatforskning med aktiviteter i Europa, Sibirien, Tjuktien och Alaska; anders.ahlberg@geol.lu.se

Glaciärer berättar om forna tiders klimat

AV FREDRIK LINDGREN & MÄRTEN STRÖMGREN

Glaciärerna i Västerbottens län utforskades mellan 1896 och 1908, varefter de fick tämligen liten uppmärksamhet inom vetenskapliga kretsar. Nära ett sekel senare gjordes en omfattande undersökning. Det är också den första studie som har kunnat ge en samlad bild av glaciärernas storleksvariationer efter inlandsisens tillbakadragande och fram till idag.

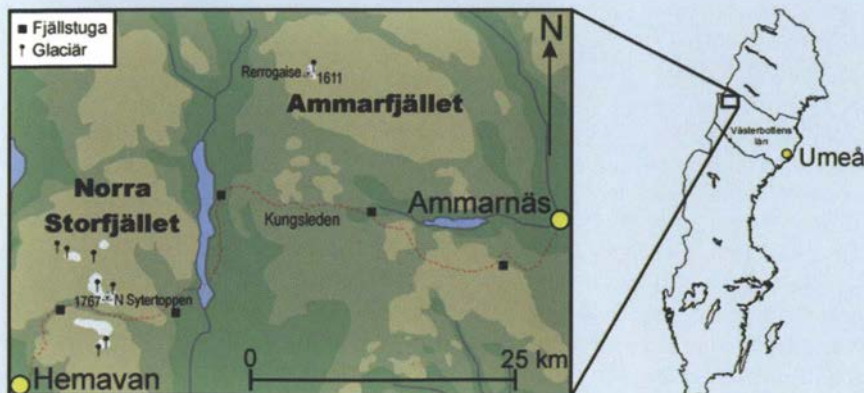
I Västerbottens län finns i dag åtta glaciärer inom högfjällsmassiven Norra Storfjället och Ammarfjället. Totalt upptar glaciärerna en yta av cirka 3,7 km², eller drygt en procent av den sammanlagda glaciärytan i Sverige.

Ännu i slutet av 1800-talet var en stor del av den svenska fjällkedjan fortfarande utforskad och kunskapen om de svenska glaciärerna också obefintlig med undantag för Salajekna i Sulitelmamassivet. Denna pionjärstudie utfördes redan år 1807 av botanisten Göran Wahlenberg. För att råda bot på den bristande kunskapen beslutade Sveriges geologiska undersökning, omkring år 1894 på geologen Fredrik Svenonius initiativ, att påbörja en landsomfattande glaciärinventering, från Helagsfjället i söder till Riksgränsenfjällen i norr. Undersökningarna kom att finansieras med hjälp av stipendier från Svenska Turistföreningen.

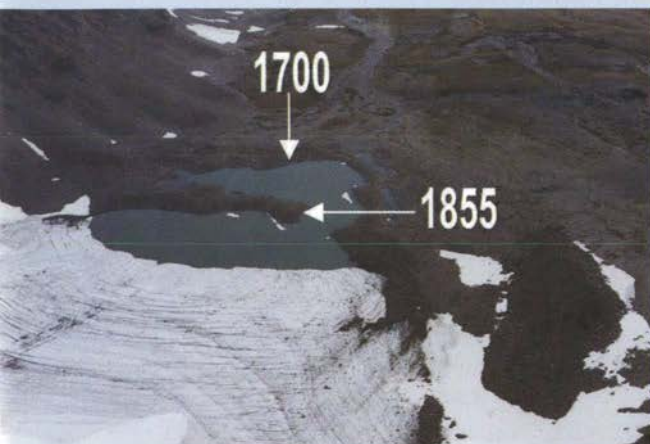
Glaciärerna i Västerbottensfjällen undersöktes av geologen Axel Gavelin mellan åren 1896 och 1908. Det samlade resultatet av glaciärinventeringen presenterades år 1910 vid den internationella geologkongressen i Stockholm och även i en SGU-rapport.

Glaciärforskningen i Sverige

Det fanns kring förra sekelskiftet begränsad kunskap om kopplingen mellan glaciärer och klimat och inte heller några metoder för att kunna bestämma tidpunkten för äldre glaciärutbredningar. De svenska glaciärforskarna som då verkade gjorde dock värdefulla insatser bland annat genom att mäta in glaciärfronternas lägesförändringar från ett år till ett annat och fotografiskt dokumentera glaciärernas utbredning. Under 1930- och 40-talet började kunskapen om det nära sambandet mellan glaciärer och klimat att växa fram bland



Karta över det studerade området i Västerbottens län (av Fredrik Lindgren och Mårten Strömgren).



Till vänster: Ändmoräner vid Östra Syterglaciären som markerar glaciärens storleksvariationer genom historien. Sjön bildades i samband med att glaciären började retirera omkring 1920. Till höger: Murtserglaciärens stora ändmorän tillkom under det kärva klimat som rådde i 1800-talets slutskede. Foton Fredrik Lindgren och Mårten Strömgren.

annat genom de banbrytande studier som gjordes av geografen Hans W:son Ahlmann på till exempel Svalbard samt geografen Carl Christian Walléns undersökningar av Kårsajökeln i Abiskofjällen. 1945 fick glaciologen Valter Schytt i uppdrag av Ahlmann att hitta en glaciär som var lämplig att göra massbalansstudier på, dvs. undersökningar av glaciärens "inkomster och utgifter" under ett år, för att få kännedom om dess anpassning till klimatets svängningar. Valet föll på Storglaciären i Kebnekaisemassivet och ledde till att en forskningsstation byggdes upp i Tarfala. I dagsläget bedrivs massbalansstudier på sammanlagt sju glaciärer i Norrbottensfjällen.

På 1950-talet inleddes arbetet med att utveckla metoder för att datera glaciärernas tidigare positioner. Naturgeografen Wibjörn Karlén gjorde under början av 1970-talet en imponerande studie som innefattade ett 50-tal glaciärer i Norrbottensfjällen och Tärnaglaciären och Östra Syterglaciären i Västerbotten. Hans undersökningar syftade till att datera glaciärernas storleksvariationer under holocen med hjälp kartlavar som växer på ändmoräner.

Sedan Axel Gavelins dagar har Västerbottens glaciärer endast i ringa omfattning varit föremål för några vetenskapliga studier, till skillnad från glaciärerna i Jämtlands och Norrbottens län, som blev relativt väl undersökta under 1900-talet.

Glaciärers storleksvariationer

En glaciär är en rörlig is- och snömassa. För att rörelse skall kunna uppstå krävs en mäktighet av minst 25 m. Glaciärer transporterar block, stenar och finare material

som fallit ned från omgivande sluttningar och eroderats från underliggande berggrund. Denna blandning är vad som i dagligt tal kallas morän. När moränen avsätts framför glaciärfronten bildas karakteristiska ändmoräner, som anger läget för glaciärens utbredning vid en viss tidpunkt.

Glaciärernas storleksvariationer kan åldersbestämmas genom att datera ändmoränerna. En vanlig dateringsmetod är s.k. lichenometri, där moränens ungefärliga ålder fås utifrån diametern av de största gulgröna kartlavar *Rhizocarpon geographicum* och *Rhizocarpon alpicola*. Lavar är pionjärväxter som påbörjar kolonisationen av moräner när glaciärisen drar sig bort. Metoden ger tillförlitliga dateringar för de senaste 300–400 åren. Äldre dateringar är inte lika tillförlitliga, då det råder en viss osäkerhet om kartlavarnas tillväxthastighet bortom denna period.

Kunskap om glaciärers storleksvariationer är mycket intressant, eftersom de på ett bra sätt återspeglar det rådande klimatets nederbörds- och temperaturväxlingar, då glaciärer anpassar storleken och formen efter dessa. Anpassningen sker dock med en viss tidsfördröjning som bland annat beror på glaciärens längd. Information om glaciärernas storleksvariationer, sedan inlandsisen smälte bort för mer än 9000 år sedan, är en av flera källor som ger värdefull kunskap om vidden av naturliga klimatvariationer över en längre tidsperiod. För att kunna säga om dagens och morgondagens klimatvariationer ligger inom ramen för vad som kan anses vara naturligt är ett sådant långsiktigt perspektiv av stor betydelse.



Ovan: Högt upp på en bergshylla nedanför Rerrogaise är Ammarfjällmassivets enda glaciär belägen. Foto Lasse Strömgren. Nedan: Måskonåiveglaciärens isbräcka är en av Sveriges högsta och kanske överträffas den endast av Salajeknas. Foto Fredrik Lindgren och Mårten Strömgren.



Glaciärerna i Västerbotten

När vi var på plats i Västerbottensfjällen, nästan 100 år efter Gavelin hade avslutat sina studier, och gjorde en jämförelse med hans gamla fotografier och kartor kunde vi konstatera att en kraftig glaciärreträtt hade skett under det gångna seklet. Med hjälp av modern GIS-teknik och ortofoton erhöll vi mer exakta avstånd på glaciärernas tillbakagång. Förklaringen till deras och övriga svenska glaciärs reträtt är att sommar-medeltemperaturen i den nordliga landsändan steg med cirka 1°C omkring 1910

Den allmänna glaciärreträtten inleddes under 1920-talet och fortgick till 1970-talet då tillståndet stabiliserades för många glaciärer. Under slutet av 1980-talet upphörde deras tillbakagång i många fall och en del av glaciärerna växte därför till på grund av ökad vinternederbörd. Det går inte att säga om samma trend gäller för glaciärerna i Västerbottensfjällen, men säkert är i alla fall att Tärnaglaciären har ökat i storlek sedan mitten av 1970-talet och fram till tidpunkten för vår undersökning.

Tärnaglaciären är också den av Västerbottens glaciärer som har retirerat mest med drygt 500 m under 1900-talet, vilket är en ansenlig sträcka med tanke på att glaciären enbart är cirka 700 m lång i dagsläget. Norra- och Östra Syterglaciären har i mycket mindre omfattning påverkats av temperaturstegringen och inte dragit sig tillbaka med mer än drygt 100 m, något som visar att glaciärerna har reagerat olika på klimatförändringen. Variationerna kan bland annat förklaras med skillnader i glaciärernas storlek, form och underlagets lutning. Reträtten återspeglas också i att ett flertal små glaciärsjöar har smält fram ur tidigare istäckta områden.

Med hjälp av lichenometri och Wibjörn Karléns tillväxtkurva från 1975 gjordes en rekonstruktion av glaciärernas tidigare storleksvariationer. Undersökningen visade att flera av Västerbottens glaciärer hade sin största utbredning i början av 1700-talet och att de var nästan lika stora omkring 1915. Tärnaglaciären är speciell eftersom den var som störst för ungefär 3000 år sedan och även var långt framskriden under mitten av 1100-talet. Dateringarna från Tärnaglaciären tillsammans med en omkring 2000 år gammal moränrygg från Ammarglaciären är de äldsta bevarade, daterbara spåren efter tidigare glaciärfremstöt, som har påträffats i Västerbottensfjällen.

Huvuddelen av alla moräner som har kunnat dateras härstammar från slutet av 1600-talet till början av 1900-talet, som nog får anses vara en av de mest gynnsamma perioderna för glaciärtillväxt efter istiden. De moräner som finns i området avsattes under kallare och



Idag ligger Tärnaglaciären högt upp på Murtserjtjåkkes östsida, men för omkring 80 år sedan nådde den nästan fram till bildens nedre kant. Foto Fredrik Lindgren och Mårten Strömgren.

nederbördsrikare perioder, eftersom det enbart är under sådana förhållanden som glaciärerna har förmått växa sig så stora att de ändmoräner som då bildades inte förstörts av senare framryckningar. Förklaringen till att det saknas moränavsättningar, som är äldre än 3000 år, kan bero på att glaciärerna har varit bortsmälta under vissa perioder. Detta är också något som studier av andra glaciärer i både Sverige och Norge har visat.

Trots att enbart ett mindre antal glaciärer har studerats i Västerbottensfjällen visar resultaten på att det förekommit klimatvariationer under en längre tidsperiod, något som också överensstämmer med det allmänna mönstret från studier av ett mycket större antal glaciärer i norra Sveriges fjälltrakter.

Det är svårt att veta vad som kommer att ske med glaciärerna i framtiden. För att kunna se hur glaciärerna reagerar på framtida klimatsvängningar är det dock nödvändigt att kontinuerliga mätningar av deras frontlägen påbörjas.

Litteratur

- Gavelin, A., 1897: Undersökningar och studier vid jöklar inom Västerbottens län. *Svenska turistföreningens årskrift*, 193–215.
- Gavelin, A., 1910: Über die Gletscher des Norra Storfjället und des Ammarfjället. I: *Die Gletscher Schwedens im Jahre 1908. Sveriges geologiska undersökning Ca 5 (IV)*, 1–42.
- Holmlund, P., Karlén, W. & Grudd, H., 1996: Fifty years of mass balance and glacier front observations at the Tarfala Research Station. *Geografiska Annaler* 78A, 105–114.
- Karlén, W., 1975: Lichenometrisk datering i norra Skandinavien – metodens tillförlitlighet och regionala tillämpning. STOU-NG 22. Naturgeografiska institutionen, Stockholms universitet. 67 sidor.
- Lindgren, F. & Strömgren, M., 2000: *Glaciärerna i Västerbottens län – tillståndet idag och utbredningen under de senaste 3000 åren*. Opublicerat examensarbete i naturgeografi vid Institutionen för biologi, miljö- och geovetenskap, Umeå universitet. 57 sidor.

Fredrik Lindgren och Mårten Strömgren är naturgeografer vid Institutionen för biologi, miljö- och geovetenskap, Umeå universitet; fredrik_lindgren@hotmail.com, martenstromgren@yahoo.com

När jorden

AV ULF STURESSON

ger järnet

Kontinenternas rörelser över jordytan leder till olika typer av vulkanisk aktivitet, både i sprickzonerna på havets botten och där kontinenterna kolliderar. Vulkanism och vittring av äldre berggrund har påverkat havsvattnets kemiska sammansättning på ett sätt som vi nu kan avläsa i fossil av kalk- och fosfatskaliga djur i havet. Under perioder med hög vulkanisk aktivitet kan i vissa områden nedfall av vulkanisk aska leda till bildning av järnmalm eller bentonitlera beroende på bl.a vattendjupet. Vulkanisk aska innehåller stora mängder av lättlösliga föreningar av järn, kisel och fosfor m.m. som kan stimulera den organiska produktionen i havsvattnet.

Att metallen järn är en livsviktig del av samhällssystemet behöver ingen tvivla på. Det räcker med att se sig runt en stund och tänka efter hur det skulle fungera om järn var en mera sällsynt och dyrbar metall. Visst kan mycket tillverkas av andra metaller och legeringar så länge det handlar om små kvantiteter, men det är svårt att tänka sig järnvägssystem med räls och lok av brons, oceangående fartyg byggda av koppar eller en Öresundsbro armerad med tenn.

Hela vårt samhälle bygger på rik tillgång till järn och till ett lågt pris. Ändå har vårt järnberoende inte någon särskilt lång historia. Visserligen har järn framställts i minst 4000 år, men i början bara i mindre skala för lokalt bruk, och ofta för vapen. Det var först i samband med den industriella revolutionen på 1700-talet som järnets roll för genomförandet av storskaliga projekt blev uppenbar. Mycket järn behövdes för de nya järnvägsnäten med ånglok, vagnar och broar. Tågnäten behövdes inte bara för varu- och persontransporter, utan också till att transportera järnmalm och kol till smältverken från alltmer avlägsna fyndigheter. Runt 1840 fanns det bara kortare sträckor järnväg runt smältverken, men redan

tio år senare var stora delar av England, där allt började, sammanbundet av järnvägar, liksom många av Europas huvudstäder, och 1880 var nästan alla Europas viktigare städer förbundna med räls.

Varifrån fick man allt järnet?

Även om järn är det tredje vanligaste elementet på jorden, efter kisel och aluminium, var det inte så enkelt att få fram en användbar metall. I små steg utvecklades tekniken att rena järnet, att gjuta och smida det till olika produkter.

En mycket stor del av den järnmalm som lade grunden till den industriella revolutionen var s.k. oolitisk järnmalm. Den kännetecknas av små koncentriskt korn av chamosit eller järnhydroxider i kalk- eller sandsten. Den är förhållandevis lättbruten, en klar fördel vid brytning med enkel teknik. Storbritannien har stora tillgångar på oolitisk järnmalm av olika ålder, främst från perioderna ordovicium, jura och krita, men också på många andra håll i Europa, Nordafrika och USA finns, eller snarare fanns stora järnfyndigheter. Många av ekonomiskt intresse är nu uttömda, och intresset rör sig numera mest kring uppkomsten av den oolitiska järnmalmen rent generellt.



Figur 1. Jurassisk oolitisk järnmalm finns endast i Skåne. De ordoviciska ooiderna bildar bara tunna lager, men de kan följas ända från Norge till Ladoga. I Byrums raukar på Öland (bilden) kan man se olika typer av ooider i samma lager: röda av hematit, gula av götit, grå av chamosit, och ibland vita av fosfat.

Hur bildades järnmalmen?

Järnet i de oolitiska järnmalmerna förekommer vanligen som ganska tunna linser i bergarter som normalt inte innehåller särskilt mycket järn. Det tyder på att det tillförts utifrån genom en process som kan leverera mycket järn under ganska kort tid. Det finns i litteraturen en lång rad hypoteser om varifrån järnet kommer och varför det bildas koncentriskt lager, och vilket ooidmineral som är det ursprungliga. Någon enighet om detta finns inte för närvarande, men nya upptäckter har väsentligen ökat vår kunskap om oolitisk järnmalm bildning, och alltför pekar på att det är vulkanism som ligger bakom. Vulkanism hänger ihop med kontinenternas rörelser, och den aktiviteten sätter sina spår i bl.a. havsvattnets sammansättning.

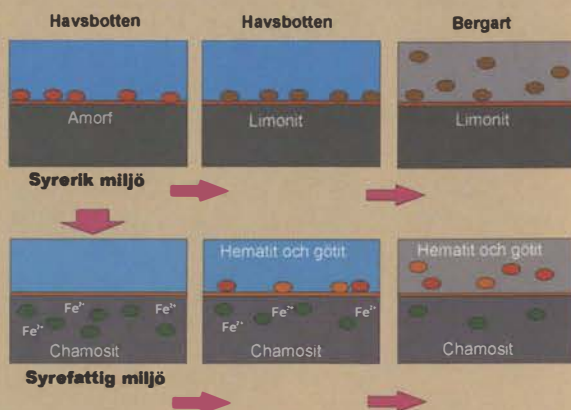
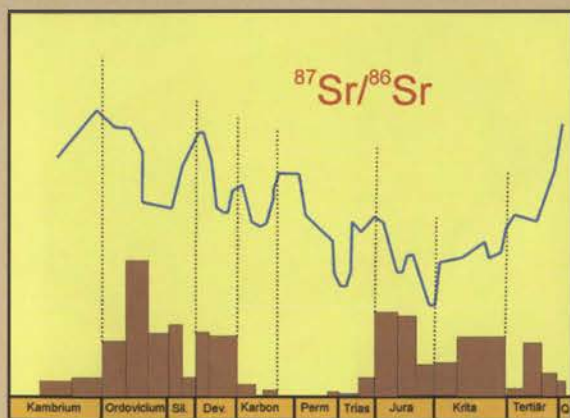
Isotoper och havsbottenspridning

Havsvattnets sammansättning idag beror huvudsakligen på vad som förs ut i havet med floder från land och det som tillförs underifrån från de mittoceniska ryggarna på havsbotten. Förhållandet mellan dessa två källor kan man mäta med hjälp av strontiumisotoperna ^{87}Sr och ^{86}Sr . Floderna för med sig strontium som lakats ut från



Figur 2. Ooidbildningen börjar runt en partikel på havsbotten. Oftast är det ett fossilfragment (vänster), ett kvartskorn, ett glaukonitkorn (höger), eller ett fragment av en äldre ooid (överst). Ooiderna här är 1,5 till 2 mm långa.

gamla kristallina bergarter med höga halter av ^{87}Sr , medan det som kommer från havsbotten har låga halter av denna isotop. Resultatet blir att kvoten $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ blir hög när flodtransporterat strontium dominerar, och låg när hög aktivitet på havsbotten avger strontium med låg halt av ^{87}Sr . Kvoten kan lätt mätas direkt i vattnet idag, men för att få fram den i havsvatten för länge sedan måste analysen göras på fossila skal. Det spelar ingen roll var på jorden skalen tas, eftersom strontium stannar kvar så länge i havsvattnet att det gott och väl hinner blanda sig i alla hav. I våra dagar ligger kvoten $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ på 0,7092 oavsett var på jorden man mäter. Det är ett högt värde, som inte funnits på jorden sedan början av ordovicium (Figur 3). Det höga värdet anses bl.a. bero på vittringen av Himalaya. Det finns nu ett stort antal mätningar av $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, och när de plottas utmed en tidsaxel från kambrium till vår tid kan man se hur kvoten avspeglar förhållandet mellan vittring och havs-



Figur 3 (vänster). Den blå kurvan visar hur förhållandet mellan de båda strontiumisotoperna ^{87}Sr och ^{86}Sr i havsvattnet varierat sedan kambrium. Stapeldiagrammet är en uppskattning av hur mycket järnooider som bildats under olika perioder. De viktigaste ooidperioderna ordovicium–silur, devon och jura tycks sammanfalla tidsmässigt med nedgångar i isotopkurvan. Figur 4 (höger). Så här gick det till när järnooiderna på Öland bildades. Ooider som legat i syrerikt havsvatten blev röda eller gula, medan de som hamnade i det syrefattigare botten slammet blev grå.

bottenspridning. Om man i samma tidsskala också lägger in fördelningen av järnoolitförekomsterna i världen, så kan man konstatera att de tycks bildas företrädesvis när kvoten $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ är på nedåtgående. Kurvan kan tolkas så att vittningen börjar avta av någon anledning medan havsbottenspridningen är densamma, eller på en ökning av hastigheten i havsbottenspridningen. Med den första tolkningen blir det svårt att förklara varifrån järnet kommer, så hur hänger det ihop egentligen?

När två kontinenter glider ifrån varandra bildas en spricka mellan dem och basalt väller upp på sidorna och bygger upp en rygg, och efter en tid kommer också kontinenternas rörelser att leda till kollisioner med andra kontinenter. Om en av dessa glider in under den andra, kommer den så småningom att delvis smälta av värmen i jordens inre och den smälta massan söker sig uppåt och bildar till slut magmakammaren i en vulkan. Sådana magmakammare bildas längs hela kollisionsszonen och det uppstår en kedja av aktiva vulkaner, oftast av högexplosiv natur.

Vulkanutbrotten sker med korta intervall längs hela kedjan och askan från sådana vulkaner kan spridas över mycket stora områden och bilda tjocka lager av t.ex. bentonit när den hamnar på havsbotten. I ett askmoln finns förutom askpartiklar stora mängder av vattenlösliga metallsalter och syror på partiklarnas yta. När askan kommer i kontakt med havsytan frigörs dessa ämnen mycket snabbt. Vid Heklas utbrott i februari

2000 kunde man se att ungefär en tredjedel av järninnehållet (totalt ca 8,5%) löstes på mindre än en timme. Samtidigt frigjordes betydande mängder av kisel, fosfor och mangan bl.a. Det vulkaniska glaset i askan är inte heller stabilt i kontakt med det basiska havsvattnet utan löses relativt snabbt upp och frigör de inneboende grundämnena. I grunda havsbassänger kan därför järn, kisel och aluminium bilda kolloider som faller ut på små korn av sand eller kalk på havsbotten. Utfällningen sker etappvis och bygger upp koncentrisk lager typiska för ooider (Figur 2). Upp-täckten av moderna järnooider på en vulkanö i Indonesien visade att ooiderna från början består av ett järn- och kiselrikt glas, där allt järn är oxiderat (se artikel i *Geologiskt forum* nr 16, 1997). Ooiderna tycks ha bildats ganska snabbt, men efter en tid reagerar de med havsvattnet och omvandlas till götit, FeOOH .

Andra omvandlingar

Oolitisk järnmalm uppträder i olika skepnader. Ibland består ooiderna av hematit, götit, chamosit, och cementet mellan dem kan vara chamosit, siderit eller kalk. Ofta kan man finna blandningar av detta i samma sekvens, vilket lett till stora problem med tolkningen av hur järnmalmen har bildats. Ooiderna från Indonesien gav nyckeln till problemet. Figur 4 visar hur det troligen går till. Om de nybildade ooiderna blir liggande på havsbotten en längre tid kommer de så småningom att omvandlas till götit, och liknande järnhydrox-

ider, vanligen sammanförda i termen limonit när de ligger i bergarten. Om de nya ooiderna istället hamnar i bottenslammet reduceras järnet och blir då mera rörligt, och en del kan lämna ooiderna för att sedan åter fällas ut i bottenslammet, som t.ex. chamosit eller siderit. När chamositoider av någon anledning åter hamnar i en oxiderande miljö bildas hematit- och götitooider, men nu har de förorat stora delar av sina vackra koncentriska lager.

Gondwana och Pangea

Man kan också se ooidmalmsbildningen i ett större tidsperspektiv. Det är tydligt att järnmalmen bildades under två långa perioder, en under ordovicium till och med devon, och en annan från jura till tertiär (Figur 3). Under karbon, perm och trias bildades mycket få järnooliter i världen. Orsaken är att under denna tid hade en stor superkontinent bildats, Pangea, och det fanns färre lämpliga områden där järnoolider kunde utvecklas. Den markanta nedgången i strontiumkurvan under Trias beror troligen på den kombinerade effekten av liten havsbottespridning och minskad avrinning från ökenartade områden.

Fram till slutet av kambrium fanns en annan superkontinent, Gondwana, och från denna tid finns också mycket få järnooliter. I början av ordovicium började Gondwana spricka upp i mindre kontinenter och därmed ökade takten i havsbottespridningen. Det är detta som avspeglas i $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ kvoten i Figur 1 och också i en ökad vulkanisk aktivitet vid plattgränserna och ökad produktion av järnoolider. Samma sak hände i början av jura när Pangea började brytas upp i mindre enheter. Den oolitiska järnmalmsbildningen är alltså en indirekt följd av kontinentaldriften.

Påverkan på faunan

Både järn och kisel är "bristvaror" i havsvattnet och är begränsande för tillväxten av allt plankton. Experiment med att släppa ut små halter av järnklorid från fartyg över begränsade havsytor visar att det snabbt leder till en ökad organisk produktion. Bakgrunden till experimenten var bl.a. en vild idé om att kunna minska luftens halt av koldioxid genom att binda det till organiskt material i havet. Det skulle då kunna minska människans påverkan på klimatet, det som vi kallar växthus-effekten.

Hur påverkades då växt och djurliv av de stora mängder järn, kisel och fosfor m.m. som vulkanerna vräkte ut i havet med askan under t.ex. ordovicium och silur? Svaret är enkelt – vi vet än

så länge mycket lite om det hade någon inverkan överhuvudtaget. Man kan tänka sig olika scenarier för vad som kan tänkas ha hänt mot bakgrund av vad vi vet om t.ex. Östersjön idag. Där leder övergödning i kombination med varma somrar regelbundet till algbloomingar, som ibland ger upphov till syrefattiga bottenar. En ökad organisk produktion i samband med vulkaniska utbrott borde avspeglas i kolisotopernas sammansättning i kalksedimentet och kanske också som mörka lager rika på organiskt material. Svarta skiffrar är faktiskt mycket vanliga under kambrium-silur och under jura-krita, dvs. ungefär samtidigt som den mesta oolitiska järnmalmen bildas. Järnoolider och svarta skiffrar förekommer dock aldrig tillsammans eftersom de förra bildas i grunt, syrerikt vatten och de senare huvudsakligen i djupt, stillastående vatten. Om bildningen av skiffrarna beror på vulkanisk övergödning vet ingen, och det kan bli svårt att bevisa eftersom spåren försvinner så snabbt.

Syrebrist på botten påverkar naturligtvis bottenfaunan negativt och kan leda till massdöd. Ett tjockt asklager på havsbotten kan också leda till massdöd av bottenlevande organismer, och på askans översida kan sedan helt nya grupper etablera sig. Även frimående organismer mår dåligt av aska i vattnet. I Skottland bl.a. har man sett hur graptoliter dött ut i samband med tjockare bentonitlager och sedan ersatts med andra arter.

Vulkanisk aktivitet kan troligen påverka livet i havet på en mängd olika sätt, då många faktorer spelar in. Genom att kombinera paleontologiska data med analyser av spårelement och isotoper är det dock möjligt att förstå något av det komplexa samspelet mellan den fossila faunan och dess miljö.

Litteraturtips

- Heikoop, J.M., Tsujita, C.J., Risk, M.J., Tomascik, T. & Mah, A.J., 1996: Modern iron ooids from a shallow marine volcanic setting: Mahengetang, Indonesia. *Geology* 24, 759–762.
- Sturesson, U., 1997: Järnäggen från Mahengetang och den industriella revolutionen. *Geologiskt forum* 16, 9–12.
- Sturesson, U., Heikoop, J.M. & Risk, M.J., 2000: Modern and Palaeozoic iron ooids – a similar volcanic origin. *Sedimentary Geology* 136, 137–146.
- Young, T.P. & Taylor, E.G., 1989: *Phanerozoic Ironstones*. 251 s. The Geological Society, London.

Ulf Sturesson är docent vid Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet;
ulf.sturesson@pal.uu.se

Personliga bergartsnamn

AV ERIK F.F. STURKELL & DAN HOLTSTAM

Det är mycket vanligt att mineral är uppkallade efter personer. När det gäller bergarter är det dock sällsynt, vilket gör det möjligt att upprätta en, tror vi, komplett lista över dessa. Några av bergarterna har namn direkt efter en person (ex. charnockit) medan andra fått namn efter det dominerande mineralet, som i sin tur är döpt efter en person (ex. dolomit).

För närvarande känner vi endast till elva bergarter, vars namn direkt eller indirekt kan härledas till personer. Dessa är bergmanit, cecilit, charnockit, dolomit, firmicit, hauynit, leonardit, napoleonit, obsidian, wehlrit och wollastonit. Av dem kan bergmanit, firmicit och napoleonit betraktas som i hög grad obsoleta, men de behandlas ändå här; en bergart är ju alltid en bergart. Metoden har varit den, att vi från en lista med bergartsnamn har tagit ut sådana som tyckts vara personnamn och sedan undersökt deras historia. Om någon läsare känner till ytterligare något är författarna tacksamma för upplysningar. Personerna bakom bergartsnamnen har ofta ett intressant livsöde, visar det sig.

BERGMANIT

Bergmanit är en obsolet beteckning för en variant av serpentinit. Torbern Olof Bergman (1735–1784), som torde vara den ende svensk som förärats en egen bergart, var en av 1700-talets absolut största europeiska vetenskapsmän. Redan under studieåren gjorde han sig ett namn genom viktiga iakttagelser inom zoologi, astronomi och fysik. Hans främsta insatser kom dock att bli inom mineralogin och den analytiska kemien; för den senare vetenskapen var betydelsen av hans verk så fundamentala att man närmast bör beteckna honom som dess "fader". Det viktigaste instrumentet vid denna tid var blåsöret, vars användning han fullkomnade. Han utvecklade även den våtkemiska analysen av mineral och bergarter till en betydande nivå. Som kemist förfäktade han flogistonteorin, men var flexibel nog att modifiera den när nya fakta kom fram. Under sitt knappt femtioåriga liv genomförde han ett enormt antal experiment och skrev fler än trehundra uppsatser. Bergman avböjde 1776 ett både smickrande och ekonomiskt fördelaktigt erbjudande från Fredrik den store att flytta till Berlin, sannolikt efter en personlig vädjan från Gustav III.

CECILIT

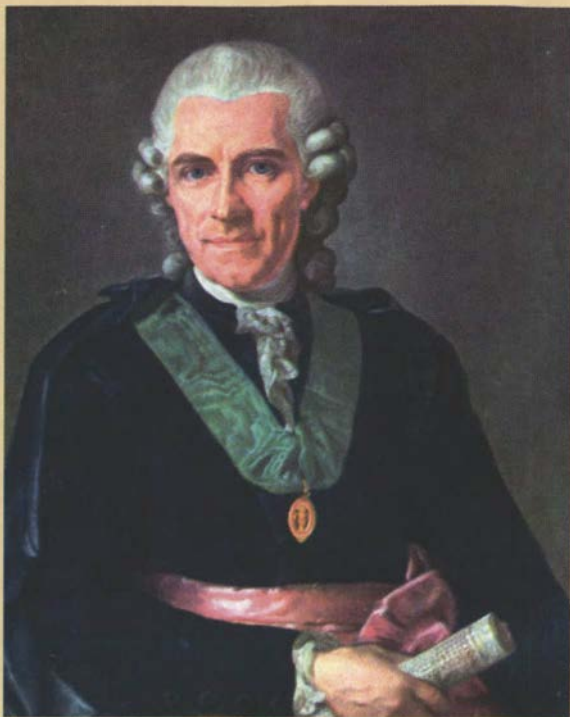
Cecilit är en gammal beteckning för en alkalin bergart, en leucitit bestående av främst leucit och klinopyroxen med

smärre inslag av plagioklas, melilit och nefelin. Materialet sägs återfinnas i Caecilia Metellas grav, en känd turistfälla vid Via Appia utanför Rom. Hon var en romersk adelsdam som levde under första århundradet f.Kr., och möjligen den enda kvinna som ingår i detta sammanhang. Hon var dotter till Quintus Caecilius Metellus med tillnamnet "Creticus", som han fick i egenskap av Kretas erövrare år 67 f.Kr. Caecilia var gift med en av trumviren Crassus söner.

CHARNOCKIT

Bergarten charnockit tillhör en serie av bergarter vilka benämns charnockit-serien. År 1892 noterade Sir T.H. Holland förekomsten av en hypersten-granit i södra Indien. I september år 1893 konstaterade han stora förekomster av denna hypersten-granit och att den var associerad med norit. Vid samma tidpunkt påträffade pastor H.B. Hyde Job Charnocks (staden Calcuttas grundläggare) gravsten på St. John's kyrkogård i Calcutta. Man konstaterade att hans gravsten bestod av samma hypersten-granit. Samma år publicerade Holland en artikel med titeln *The petrology of Job Charnock's tombstone* och bergarten döptes till charnockit av Holland år 1900. Materialet till gravstenen kommer från ett stenbrott i St. Thomas Mount (Madras).

Job Charnock kom till Indien i mitten av 1650-talet som representant för det Engelska Ostindiska Kompaniet och var stationerad i Cossimbazar norr om dagens Calcutta. År 1686 blev han huvudrepresentant i Hooghly vid Hooghlyfloden. På grund av meningsskiljaktigheter med representanter för Mogulriket blev han uppmanad att lämna området och upprätta en handelsstation längre ner längs floden. Detta fick representanterna för Mogulriket att inse att de skulle förlora handelsplatsen och de inkomster den förde med sig. Job fick då tillstånd att återvända. År 1690 grundade han den handelsstation som senare blev Calcutta. Det senare valet av Calcutta till huvudstad för det Brittiska Indien tillskrivs Jobs envishet och beslutsamhet. Job var ofta på kollisionkurs med de indiska ledarna och med sina överordnade. Han beskyldes för vanskötsel, tjuveri, brutalitet



Torbern Bergman. Oljemålning av Lorens Pasch d.y., i Uppsala universitets ägo.

mot indiska fångar och för att ha tvivelaktig moral. Dessa beskyllningar resulterade i att han vid ett tillfälle var nära att bli avsatt. Job var sambo med en Indisk änka som han råddat från att bli levande kremerad tillsammans med sin döde man. Frågan är om Jules Verne fick inspiration av denna historia när han skrev *Jorden runt på 80 dagar*? Jules Verne låter ju en indisk prinsessa bli räddad av Phileas Fogg (hjälten i boken) från att bli bränd tillsammans med sin döde make. Job Charnock dog i Calcutta år 1693.

DOLOMIT

Dolomit är namn på både ett mineral, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ och den bergart som domineras av nämnda mineral. Det var N.T. de Saussure som år 1792 namngav mineralet (ursprungligen dolomie) efter den franske geologen och mineralogen Dieudonné Sylvain Guy Tancrède de Gratet de Dolomieu (också känd som Déodat Dolomieu).

Dolomieu (1750–1801) var den andre sonen till François de Gratet, marquise de Dolomieu, och blev redan som spädbarn upptagen i riddarorden på Malta (eller Hospitalers). Vid nitton års ålder blev han dömd till döden för att i en duell ha dödat en ordensbroder. Han blev dock benådad efter nio månaders fängenskap tack vare sin ungdom. Under tiden i fängelset studerade han naturvetenskap, och efter frisläppandet fortsatte han sina studier och begärde avsked ur riddarorden. Under följande år besökte han bl.a. Spanien, Sicilien och Calabrien. Åren 1789 och 1790 arbetade han i

alperna och beskrev år 1791 mineralet som senare blev kallat dolomit.

Dolomieu var professor vid Muséum d'Histoire Naturelle i Paris en tid och efterträdde av Haüy år 1802. Han deltog i Bonapartes fälttåg till Egypten år 1798. På hemresan blev han tillfångatagen i Messina. Under denna fångenskap skrev han sitt stora verk *Sur la philosophie minéralogique et sur l'espèce minérale*, "Mineralogins grunder och mineralklasserna". Eftersom han inte hade tillgång till papper och penna, tillverkade han en penna av trä och med lamp-röken som bläck skrev han verket i marginalen på en bibel, den enda bok han hade. Han frigavs efter slaget vid Marengo (1800) och dog i november 1801. Den östra delen av de Italienska alperna heter nu mera Dolomiterna efter Déodat, som nog är den enda geolog och mineralog som fått en hel bergskedja uppkallad efter sig.

FIRMICIT

Firmicit är ett obsolet namn för en bergart som består av hornblände och fältspat. Firmicit är döpt efter Julius F. Maternus Firmicus, romersk matematiker och hedning som levde under 4:e århundradet efter Kristus. Han skrev astrologiska verk, vari han behandlade himlakropparnas inflytande på människornas liv. Firmicus var först med att omnämna företeelsen alkemi.

HAÜYINIT

Haüynit är en alkalin bergart i det klassifikationssystem för magmatiska bergarter baserad på modal sammansättning som rekommenderas idag. Det är en foidit dominerad av haüyn (efter René-Just Haüy). Detta mineral i sodalitgruppen återfinns för övrigt i flera andra, om än idag fullständigt obsoleta bergartsnamn: haüynfels, haüynbasalt, haüynofyr etc.

Abbé Haüy är en av den moderna kristallografins frontfigurer. Som barn visade han ett brinnande intresse för religionen, och denna hängivenhet i kombination med en sällsynt begåvning ådrog sig kyrkans uppmärksamhet och gillande, varför han trots plebejiskt påbrå erbjöds en möjlighet till högre utbildning.

Haüy var den som gjorde det första lyckade försöket att förklara en kristalls uppbyggnad. I ett banbrytande arbete, *Extrait d'un mémoire sur la structure des spaths calcaires* (1781), drog han några viktiga slutsatser efter att ha studerat ett otal spaltstycken av kalcit. Historien förtäljer att Haüy kom in på detta ämne av en olyckshändelse, nämligen när han tappade en kalkspatkrystall i golvet med den självklara påföljden att den splittrades. År 1783 upptogs Haüy i den kungliga franska vetenskapsakademien. Under revolutionen motsatte han sig brytningen med Rom, och placerades av denna anledning i arrest vid några tillfällen. Han togs emellertid till nåder och blev 1793 ledamot av den kommitté för mått och vikt som revolutionsregeringen inrättat. Haüy utnämndes sedan till konservator vid Cabinet des Mines (1794), och blev utsedd att efterträda Dolomieu vid Muséum d'Histoire Naturelle (1802), samt tillträdde den första lärostolen i mineralogi vid Parisuniversitetet (1809). Han berövades emellertid alla sina ämbeten vid restaurationen år 1814 och tvingades framleva sina sista år i fattigdom.



Abbé René-Just Haüy. Kopparstick av G. Schumann.

LEONARDIT

Leonardit är en organisk bergart som har en låg inkolningsgrad, denna bergart förekommer ofta tillsammans med lignit. Det var Leonard Dave, då verksam vid North Dakota-universitetet, som urskilde leonardit år 1919. Bergarten är uppkallad efter Arthur G. Leonard som då var verksam vid den geologiska institutionen på North Dakota-universitetet. Arthur G. Leonard var också den förste direktören för North Dakotas geologiska undersökning. Med andra ord var han North Dakotas förste statsgeolog.

Typlokalen för leonardit ligger i North Dakota, bergarten finns också i staterna Utah och New Mexico. Att leonardit bildas genom oxidation av lignit har tidigare föreslagits som bildningsprocess, men det har påvisats att leonardit kan bildas helt utan närvaro av lignit. Detta sker genom att de översta lagren i markprofilen urlakas med alkalinmättat vatten och lösningen faller ut när pH sjunker under 6,5. Att lösningen kommer i kontakt med lignit ökar utfällningshastigheten, men närvaron av lignit är dock ej nödvändig för bildningen. Leonardit har ett pH av 3,5 vid brytningen och har höga halter av huminsyra (ca 85%). Leonarditen används framför allt i oljeborrning, som förtunning av borrarler.

NAPOLEONIT

Napoleonit är ett obsolet namn för klotgabbro (orbiculargabbro). Den troligen bäst kända förekomsten av denna bergart är den så kallade klot-dioriten från Santa Lucia di

Tallano på Korsika, som blev döpt till corsit år 1866. Denna bergart var först beskriven av Besson 1789. Dock, enligt Saussure, var den upptäckt av en person vid namn Sionville och Saussure avsåg att publicera beskrivningen själv men blev stoppad av Besson som vid denna tid var generalinspektör för de franska gruvorna. Flera olika namn förekommer för denna bergart, dessa är bl.a. korsikangranit, orbiculatgranit, kugeldiorit och napoleonit. Napoleonit är döpt efter Napoleon Bonaparte (Napoléon I), som inte torde kräva någon närmare presentation.

OBSIDIAN

Obsidian är vulkaniskt glas med ryolitisk sammansättning, bergartsnamnet definierar både sammansättning och textur. Obsidian döptes av Plinius Secundus maior (den äldre; 23–79) efter Obsidius. Det var romaren Obsidius som enligt Plinius hittade bergarten i Etiopien (Abessinien).

Någon ytterligare information om denne Obsidius ger inte Plinius i sin bok, men Obsidius torde ha varit en handelsman eller militär som besökte Afar-regionen i Etiopien (Abessinien). Plinius var en mycket produktiv skriftställare men det enda som finns bevarat idag är den naturhistoria (*Historia Naturalis*) som han tillägnade kejsar Titus.

Den grekiske filosofen Theofrastos nämner inte obsidian utan refererar till en bergart som han kallar chian och som torde vara vulkaniskt glas. Texter av Theofrastos publicerades år 1746 i London med kommentarer av John Hill. I dessa kommentarer sägs att bergarten chian är en mörk färgad "marmor" och att namnet har sitt ursprung från fyndplatsen på ön Chios. Denna bergart liknade den etiopiska bergarten obsidian. John Hill var dock skeptisk till att namnet obsidian skulle vara uppkallat efter en person utan ansåg att obsidian kommer från det grekiska namnet på den bästa kvaliteten av vulkaniskt glas, vilket är transparent och klart. Hans tolkning är att namnet obsidian är resultatet av latinisering av ett grekiskt ord vars ursprung är oklart.

WEHRLIT

Wehrilit är en ultramafisk bergart som framförallt innehåller olivin och diallag. Diallag är ett äldre namn på augit med en prismatisk basalparning. Denna bildas genom avblandning av Mg-rik augit till diopsid med hyperstenlameller som växer till under långsamma avsvalningsförhållanden. En bergart med dessa mineral tillsammans med ett brunt hornblände förekommer vid Szarvaskö i Ungern (troligen typlokalen).

Bergarten var så finkornig att man först trodde att den var ett mineral. Detta döptes till wehrilit av Wolfgang Franz von Kobell år 1834 efter kemisten Alois Wehrle som var den första att analysera bergarten. Alois Wehrle var verksam vid Miskolcuniversitetet i Ungern från 1820 till mitten av 1830-talet.

WOLLASTONITIT

Bergarten har sitt namn efter mineralet wollastonit, CaSiO_3 . William Hyde Wollaston (1766–1828) var engelsk kemist och naturvetenskapsman som stod bakom många upptäckter och uppfinningar. Han blev invald i Royal Society år 1793 och var dess sekreterare mellan åren 1804 och 1816. Han upptäckte en metod att rensa bort järnföreningar ur



Det ryolitiska lavaflödet Hraftinnuhraun (obsidianlavan) från omkring år 870 i Torfajökull. Lavafronten är nästan 60 m hög; ryolitisk lava är trögflytande.

platina vilket gör metallen smidbar, och denna produktionsprocess renderad honom en förmögenhet. Wollaston isolerade två grundämnen, palladium och rhodium. Han arbetade också inom optiken där han var den förste att observera mörka (absorption) linjer i solens spektrum (spektrallinjer). Dessa undersöktes senare ytterligare av Fraunhofer.

Wollaston uppfann det för mineraloger betydelsefulla instrumentet reflektionsgoniometern för att mäta vinklar mellan kristallplan. Han var medlem i den kungliga kommission, vilken tog avstånd från att tillämpa decimalsystemet, och senare föreslog han införandet av en "imperial gallon". Han bekostade grundplåten till en fond hos Geological Society of London genom en testamentarisk donation på 1000 pund sterling. Ur fonden bekostas Wollastonmedaljen, vilken är sällskapets främsta utmärkelse för framstående geologisk forskning.

SLUTORD

Om läsaren nu händelsevis, driven av exempelvis fåfänga och ärelystnad, önskar sig en "egen" bergart måste man tyvärr göra den personen besviken. Möjligen kan du övertala en petrolog att föreslå en ny bergart uppkallad efter dig – det är fortfarande i princip möjligt – men sannolikheten för att termen verkligen skall komma i bruk är mycket liten.

Det finns redan inom petrologin ett överflöd av termer, av

vilka idag endast en bråkdel anses behövliga (sådana ställningstaganden görs av olika kommittéer inom IUGS). En framstående geolog, norrmannen W.C. Brøgger som bl.a. var professor vid Stockholms Högskola på 1880-talet, föreslog inte mindre än 65 olika bergartsbeteckningar; av dessa har färre än tio överlevt fram till idag.

Tilläggas bör också att man nuförtiden allmänt föredrar beteckningar som säger något om bergartens sammansättning och egenskaper, eller åtminstone indikerar typlokalen.

LITTERATURTIPS

LeMaitre, R.W., 1989: *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. 193 s. Blackwell.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H., 1997: *Encyclopedia of Mineral Names*. 360 s. Special Publication 1 of The Canadian Mineralogist.

Erik Sturkell är fil. dr i geologi och verksam vid VEÐURSTOFA ÍSLANDS (Islands meteorologiska institut) i Reykjavík; erik@vedur.is
Dan Holtstam är fil. dr i mineralogi och intendent vid sektionen för mineralogi vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm; dan.holtstam@nrm.se

Hela Sveriges geologi i ett register – GeoRegistret

GeoRegister är en referensdatabas om Sveriges geologi. Databasen innehåller referenser till såväl publicerade som opublicerade dokument. För närvarande finns i GeoRegister referenser till cirka 34 000 dokument om landets geologi, cirka 60 % opublicerade och cirka 40 % publicerade dokument. Tillväxttakten är cirka 2 000 dokument per år.

Exempelvis finns i GeoRegister referenser till merparten av SGUs cirka 2000 publicerade och 4000 opublicerade dokument liksom GFFs cirka 4500 uppsatser. Merparten av alla opublicerade prospekteringsrapporter efter mineralfyndigheter upprättade under de senaste fyra decennierna finns också refererade i databasen.

Även referenser till flertalet av landets grundvattenutredningar finns lagrade liksom grus- och bergkrossinventeringar m.m.

GeoRegister kommer på sikt att utvecklas till en fulltextdatabas för främst nupublicerat material.

**Kontakta:**

SGU, Biblioteket
Box 670, 751 28 Uppsala
Tel: 018-17 93 96
Fax: 018-17 93 06
e-post: library@sgu.se
www.sgu.se/georeg

SGU

Sveriges Geologiska Undersökning

Tyngdkraften och magnetfältet

- två viktiga nycklar till Jordens inre

AV SVEN AARO & SÖREN BYSTRÖM

Våra kunskaper om berggrunden bygger i första hand på direkta observationer. Bergblottningar, berg i dagen, är emellertid sparsamt förekommande inom stora delar av Sveriges inland, och i synnerhet i Norrland där myrar och mossar täcker ansenliga arealer. För att få kunskap om bergartsutbredningen inom dessa områden, och för att kunna beräkna hur bergarterna förhåller sig mot djupet, måste man göra mätningar som avslöjar berggrundens fysikaliska egenskaper. En egenskap är bergartens densitet, eller täthet, som i stor utsträckning beskriver huvudmineralen i en bergart. Magnetiserbarheten är också i många fall karakteristisk för en bergart, trots att de magnetiserbara mineralen oftast endast utgör spårelement i bergarten. Avvikelser i tyngdkraftsfältet avslöjar massfördelningen, som är nära förknippad med densiteten, och avvikelser i magnetfältet visar fördelningen av magnetiska mineral. Båda dessa så kallade potentialfält visar också mycket av berggrundens strukturella drag samt förkastningar och sprickzoner. Både magnetfältet och tyngdkraftsfältet är i stort sett oberoende av om ett område är täckt av tunnare jordlager eller av vatten. Kartläggningen av magnetfältet går synnerligen snabbt och tyngdkraften mäts också relativt snabbt längs farbara vägar.

Med hjälp av mycket känsliga instrument, gravimetrar och magnetometrar, kan man mäta olikheter i fördelningen av lätta och tunga bergarter respektive fördelningen av magnetiska mineral. Med en gravimeter som mäter skillnader i tyngdkraftsfältet kan även små avvikelser i densitet urskiljas, i synnerhet om man har att göra med stora bergartsvolymer. Sura bergarter, som graniter, ger upphov till negativa drag och basiska bergarter, som dioriter och grönstenar, till positiva drag i tyngdkraftsfältet. För mycket stora bergartsvolymer kan djupförhållandena förutsägas med relativt stor sannolikhet ner till stora djup.

Mätnoggrannheten för en modern gravimeter är en 100 miljondel av tyngdkraftsfältet. I svenskan och i flera andra språk används vanligtvis ordet "tyngdkraft" när man egentligen menar tyngdacceleration. Synonymt

med tyngdkraft används också i vissa fall gravitation, vilket inte är adekvat. Gravitation är en växelverkan mellan olika massor, till skillnad från tyngdkraften som också innehåller en komponent som härrör från centrifugalkraften.

Enheten för tyngdkraft är i SI-systemet m/s^2 . Den gamla cgs-enheten Gal ($1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/s}^2$) används dock fortfarande allmänt av geofysiker och geodeter världen över. Enheten Gal är uppkallad efter den store italienske naturforskaren Galileo Galilei. På grund av att avvikelserna inom geovetenskapliga tillämpningar är små, ibland mindre än en miljondel av den normala tyngdkraften, används delar av enheten Gal; mGal (milliGal) och μgal (mikroGal). Tyngdkraften ökar med latituden på grund av att centrifugalkraften är störst vid ekvatorn och avtar mot polerna. Vidare ökar tyngdkraften också med latituden mot polerna på grund av att jorden är avplattad vid dessa och något utbuktad vid ekvatorn.

Geofysiker och geologer är i allmänhet enbart intresserade av den del av tyngdkraften som påverkas av massfördelningen i jordskorpan, dvs. av geologin. Därför reduceras en mätpunkts tyngdkraftsvärde med hänsyn till latitud, höjd över geoiden, massan mellan mätpunkten och geoiden samt med hänsyn till topografin. På detta sätt erhålls avvikelser, s.k. Bouguer-anomalier, som (nästan) enbart är relaterade till geologin.

Magnetfältet som till största del förorsakas av strömmar i Jordens inre mäts med magnetometer. Modern flygburen utrustning har en känslighet på upp emot en miljondel av det normala jordmagnetiska fältet. Enheten är tesla (T), efter den kroatiska fysikern Nikola Tesla (1856–1943). För magnetfältet är det på samma sätt som med tyngdkraftsfältet beträffande delar av enheterna. För magnetfältet diskuteras avvikelserna i nT (nanoTesla), där 1 nT motsvara $1 \times 10^{-9} \text{ T}$. Jordens magnetfält påverkar vissa mineral särskilt mycket. Hit hör magnetit och magnetkis. Tack vare att mängden av dessa mineral varierar i berggrunden kan bergartsstrukturer och i vissa fall även olika bergartsled lätt urskiljas. I de flesta järnmalmers är koncentrationen av mag-

netit mycket stor vilket föranleder kraftiga avvikelser i Jordens magnetfält.

Hur det började

Intresset för magnetismen och även för tyngdkraften är av mycket gammalt datum. En av de tidigaste, mer vetenskapliga artiklarna om magnetismen, skrevs av William Gilbert (1544–1603) redan år 1600. De magnetiska egenskaperna hos mineralet magnetit hade dock upptäckts några tusen år tidigare och den magnetiska kompassen kom till användning i Europa under 1100- eller 1200-talet. Tack vare att många järmineraliseringar ger mycket kraftiga magnetiska avvikelser har kompassliknande instrument använts sedan flera hundra år tillbaka i jakten på järnmalm. Tyngdkraften är, till skillnad från magnetfältet, mer svårförståelig, trots att den är betydligt mer påtaglig i allt som företas på Jorden. Den påverkar såväl Jordens uppbyggnad som växternas, djurens och människors förehavanden. Den som skall hoppa högt eller företa en månfärd förstår att tyngdkraften är en påtaglig kraft.

Den första kvantitativa teorin för tyngdkraften, med stöd av observationer (klassiska exemplet med äpplet som faller från trädet), formulerades av Isaac Newton (1643–1727). Före Newton fanns det en annan naturvetenskaplig storhet, Galileo Galilei (1564–1642), som funderade och gjorde praktiska experiment förknippade med tyngdkraften. Galilei fann att kroppar faller till synes lika fort oberoende av deras massa. Eftersom tyngdkraften är mycket nära förknippad med gravitationen bör även Albert Einstein (1879–1955) nämnas i detta sammanhang.

Kända svenskar som tidigt utforskade magnetismen är Emanuel Swedenborg (1688–1772) och Anders Celsius (1701–1744). Celsius, som var professor i astronomi i Uppsala, mätte bland annat tyngdkraften i Uppsala, främst med hjälp av pendelur. Han gjorde så kallade relativa mätningar, där han jämförde tyngdkraften i Uppsala med den i London. I år 300-årsjubilaren Anders Celsius gjorde också betydelsefulla insatser i utforskandet av hur norrskenet (solstormarna) påverkar Jordens magnetfält.

Instrumenten för de systematiska, yttäckande magnetfältsmätningarna utvecklades i huvudsak under andra världskriget. De allierade började då att använda en primitiv magnetometer för att söka efter tyska ubåtar. Dåtidens ubåtar gav, till skillnad från dagens, en klar magnetisk indikation som även kunde detekteras med ett enkelt instrument. Stabiliteten och noggrannheten var dock undermålig för geofysiska mätningar och stora resurser satsades på att modifiera exemplar av s.k. ubåtsjagare så att de kunde användas för geofysiska



Anders Celsius - magnetismens och tyngdkraftens utforskare - 300 år. Gravyr av Böttger från Dresden. Uppsala Universitetsbibliotek.

ändamål. Efter kriget insåg många geofysiker världen över att flygburen utrustning snabbt skulle kunna kartlägga mycket stora områden i jakten på järmmalmer och andra magnetiskt indikerbara mineraliseringar.

Moderna magnetometrar utnyttjar bland annat protonernas precessions frekvens eller elektronernas olika energinivåer för att mycket noggrant mäta magnetfältets styrka. I äldre instrument användes sinnrikt upphängda magneter och för flygburna system användes så kallade fluxgate-sonder. De senare är normalt uppbyggda av tre enheter där varje sond i princip består av en järnkärna omlindad av en ledare. Sinsemellan är fluxgate-sonderna orienterade vinkelrätt mot varandra och mäter det magnetiska flödet i respektive riktning varvid även magnetfältets riktning går att beräkna.

SGU:s flygburna geofysiska mätningar startade under senare delen av 1950-talet. Professor Sture Werner, som då var ansvarig för den geofysiska verksamheten vid SGU, insåg den stora fördelen med att utföra mätningar från flygplan på mycket låg höjd jämfört med att utföra mätningarna på marken eller med hjälp av helikopter. Den första magnetometern som SGU använde för de flygburna mätningarna fick Sture Werner genom informella kontakter i USA, i utbyte mot ett av SGU konstruerat elektromagnetiskt instrument. Magnetometern, som erhöles, var anpassad för ubåtsjakt, en s.k.

ubåtsjagare från andra världskriget. Ubåtsjagaren som byggde på fluxgate-principen modifierades och installerades i ett flygplan tillsammans med en analog skrivare. Under slutet av 1950-talet utförde SGU de första testmätningarna av magnetfältet från flygplan. Systematiska flygburna magnetfältsmätningar hade dock kommit igång långt tidigare i Sverige. Dessa mätningar utfördes i prospekteringssyfte. Bland andra utförde Bolidenbolaget mätningar över Sjaunjamymyren redan 1948 varvid flera nya järmminaliseringar upptäcktes.

SGU insåg tidigt fördelen med siffervärden framför analoga linjer som producerades av dåtidens skrivare. När de rutinmässiga mätningarna startade 1960 inom området för den s.k. järmmalmsinventeringen i Norrbottens län fanns nu även en "svart låda", sifferskrivare, i flygplanet som skrev ut siffervärden på en pappersremsa. Med olika tekniska lösningar anpassades sifferskrivarens hastighet så att ett mätvärde skrevs ut på en pappersremsa var 40 meter. På detta sätt erhöles en remsa med värden för respektive flyglinje. Dessa klistrades upp på ett lämpligt underlag och fotograferades, varvid förstoringar i lämplig skala kunde användas som underlag för att rita anomalibilden av magnetfältet. I slutet av sextioalet kompletterades mätsystemet med en digital bandspelare.

Resultaten av mätningarna i samband med järmmalmsinventeringen i Norrbottens län och över områden i den centrala södra delen av landet visade att magnetfältsmätningar även har stor betydelse för berggrundskartläggningen. Detta föranledde beslutet, på sextioalet, att hela Sverige skulle täckas med flygburna magnetfältsmätningar.

I slutet av sjuttioalet hade både Boliden och LKAB egna flygmättningsorganisationer men dessa avvecklades under 1980-talet och därefter är SGU den enda organisationen i Sverige som utför flygburna geofysiska mätningar.

Tyngdkraften mättes t.o.m. 1930-talet främst med hjälp av pendelinstrument. Dessa var komplicerade att använda och mätningarna tog normalt mycket lång tid. Instrument som bygger på principen med fjäderbalanserade vikter utvecklades starkt under 30- och 40-talen och dominerade vid de relativa mätningarna tack vare enklare hanterbarhet, större tillförlitlighet och snabbhet. Beträffande SGU:s systematiska tyngdkraftsmätningar påbörjades dessa 1942 i Skåne. Sannolikt var det letandet efter olja som föranledde dessa insatser. Lantmäteriet hade startat sin mätverksamhet några år tidigare och redan på 50-talet fanns det glesa mätningar som täckte hela landet. Bolidenbolaget var synnerligen aktivt redan i slutet av 30-talet. Man utvecklade till och med ett eget instrument, den s.k. Bolidengravimetern.



Magnetiskt instrument för ubåtsjakt - SGUs första flygburna magnetometer. Instrumentet blev modifierat för geofysiska ändamål i slutet på 1950-talet. Foto Sören Byström.



Tyngdkraftsmätning med Bolidengravimetern på 1940-talet. Gravimetern vägde cirka 60 kg vilket förklarar de kraftiga bärstängerna. Boliden AB:s arkiv.

Jämförelser med mätningar utförda på 1990-talet – med moderna instrument – visar att Bolidengravimetern, vars gravimetelement konstruerades 1937, gav förvånansvärt bra mätresultat.

För SGU:s del var tyngdkraftsmätningarna av stor betydelse redan i slutet av 1950-talet vid prospektering av främst järmmalmer. Bland annat upptäcktes den mycket stora hematitmineraliseringen Pattok i samband med Järmmalmsinventeringen i Norrbottens län. Punkt-

tätheten var vid dessa prospekteringsinriktade mätningar i många fall imponerande – upp emot 1000 mät-punkter per km². I mitten av 1960-talet påbörjade SGU s.k. regionala mätningar med mätpunktsavstånd mellan 1 och 2 km.

Hur utförs mätningarna

Tyngdkraften mäts normalt på marken med hjälp av en s.k. gravimeter (relativgravimeter). Gravimetern består i princip av en massa, som är upphängd i en mycket känslig fjäderanordning, förbunden med ett registreringsorgan i någon form. Jämförelsen med en vikt upphängd i en fjädervåg är bra – större tyngdkraft förlänger fjädern och mindre tyngdkraft förkortar den. Numera finns modifierade gravimetrar som även kan användas i flygplan. Korrektioner för flygplanets accelerationer sker med hjälp av avancerade GPS-system. Tyvärr är noggrannheten – ännu – alltför dålig för den detalj-upplösning som krävs vid t.ex. reguljär berggrunds-kartläggning.

Med en relativgravimeter kan man enbart mäta skillnader i tyngdkraften, dvs. göra jämförande mätningar. Principen för mätningarna är att jämföra tyngdkraften (tyngdaccelerationen) på okända punkter med kända. En mätning med en gravimeter, som med tillbehör väger ca 10 kg, tar bara ca 4 minuter. För att mäta tyngdkraften direkt, dvs. göra en absolutbestämning, erfordras en absolutgravimeter. En modern absolutgravimeter, som normalt utnyttjar principen med en fallande vikt, väger betydligt mer än en relativgravimeter och mätningen tar flera timmar. Dessutom kräver denna typ av mätning nästan laboratorieförhållanden med stabil temperatur och mycket stabilt underlag. Detta är orsakerna till att relativgravimetern används framför absolutgravimetern i samband med reguljära mätningar.

Med båda typerna av instrument uppnås en mät-noggrannhet av ca en hundramiljondel av den normala tyngdkraften, dvs. 1/98.100.000.

Eftersom noggrannheten i höjdbestämningen är av-görande för noggrannheten i tyngdkraftsanomalierna införskaffade SGU en GPS utrustning för statisk posi-tionsbestämning 1995. Då principerna för statisk relativ positionsbestämning genom fasmätning tillämpas upp-nås centimeternoggrannhet även för punktens höjd. Barometrar/altimetrar har utnyttjats sedan 1993. För en detaljerad kontroll av lufttrycksförändringarna registre-ras, fr.o.m. 1997, lufttrycket var 10:e sekund vid fältförläggningen, dvs. i närheten av respektive mät-område.

Mätningarna utförs idag främst längs väg med bil. Inom områden med glest vägnät används snöskoter el-ler helikopter vid förflyttning mellan mätpunkterna. Mätningar i Bottenviken och Bottenhavet har utförts på is under kalla vintrar främst under 1970- och 1980-talen. Dessutom har delar av Bottenhavet och enstaka stråk i Östersjön-Katte-gatt-Skagerack uppmätts med båt i mitten på 1990-talet. Under 1999 uppmättes Östersjön, Finska viken samt Väner och Vättern med hjälp av flygplan. Vid ismätningarna har SGU samverkat med Lantmäteriet (LM) och Finlands geodetiska in-stitutet (FGI) samt vid båt- och flygmätningarna har samverkan dessutom skett med Kort&Matrikelstyrelsen (KMS) i Danmark, Norges kartverk och universitetet i Bergen samt geodetiska institutioner i Baltiska stater.

Vid SGU:s regionala mätningar eftersträvas ett mät-punktsavstånd på 1,5 km. Lantmäteriet (LM) har som mål att täcka hela landet med ett inbördes avstånd av 5 km mellan mätpunkterna.

Tyngdkraftsmätningarna följer i stort sett planerna för SGU:s berggrundskartering. Målet är, liksom för



Tyngdkraftsmätning med hjälp av snöskoter på vidsträckta myrmarker i Nattavaara trakten, Lappland. Foto Sven Aaro.

Bilden visar det flygplan som för närvarande används för de flyggeofysiska mätningarna. Flyghöjden över markytan är cirka 60 meter och avståndet mellan flyglinjerna 200 meter. Flygtjänsten tillhandahålls av AB Värmlandsflyg. Foto Erik Starbäck.



flygmätningarna, att mätning utförs minst ett år före startpunkten för berggrundskarteringen.

Från 1960 och fram till och med mätsäsongen 1994 utfördes de flygburna mätningarna på 30 meters höjd, vilket är en fördel vid kartläggning av magnetfältet och av elektromagnetiska fält. Övergången från 30 till 60 meters flyghöjd motiverades främst av flygsäkerhetsskäl.

Mätdata registreras nästan kontinuerligt längs flyglinjerna, vars inbördes avstånd normalt är 200 m. Detta medför att ett optimalt underlag för berggrundskartläggning och för flera andra ändamål kan produceras. Informationen är genomgående i digital form vilket medför en rationell bearbetning och analys.

De flygburna mätningarna har, bortsett från några år i början av sextioalet, uteslutande utförts med olika typer av tvåmotoriga Commander flygplan. Den aktuella versionen idag är en Shrike Commander 500S. Med SGU:s mätsystem på plats ryms pilot, navigatör samt vid behov en tredje person. Resten av utrymmet upptas av avancerade geofysiska mätinstrument.

Den tekniska utvecklingen är snabb och mätsystemet har modifierats otaliga gånger sedan starten 1960. Mätmetoderna är dock desamma som på 1970-talet; magnetfält, gammastrålning och EM(VLF). Under 1980-talet när flyggeofysiken ingick i SGAB (Sveriges Geologiska AB) fanns även en slingram i mätsystemet, men denna ansågs ej nödvändig för SGU:s verksamhet när flyggeofysiken återkom till SGU 1992.

Kvaliteten på insamlade data har successivt ökat och idag är den relativa noggrannheten för magnetfältdata

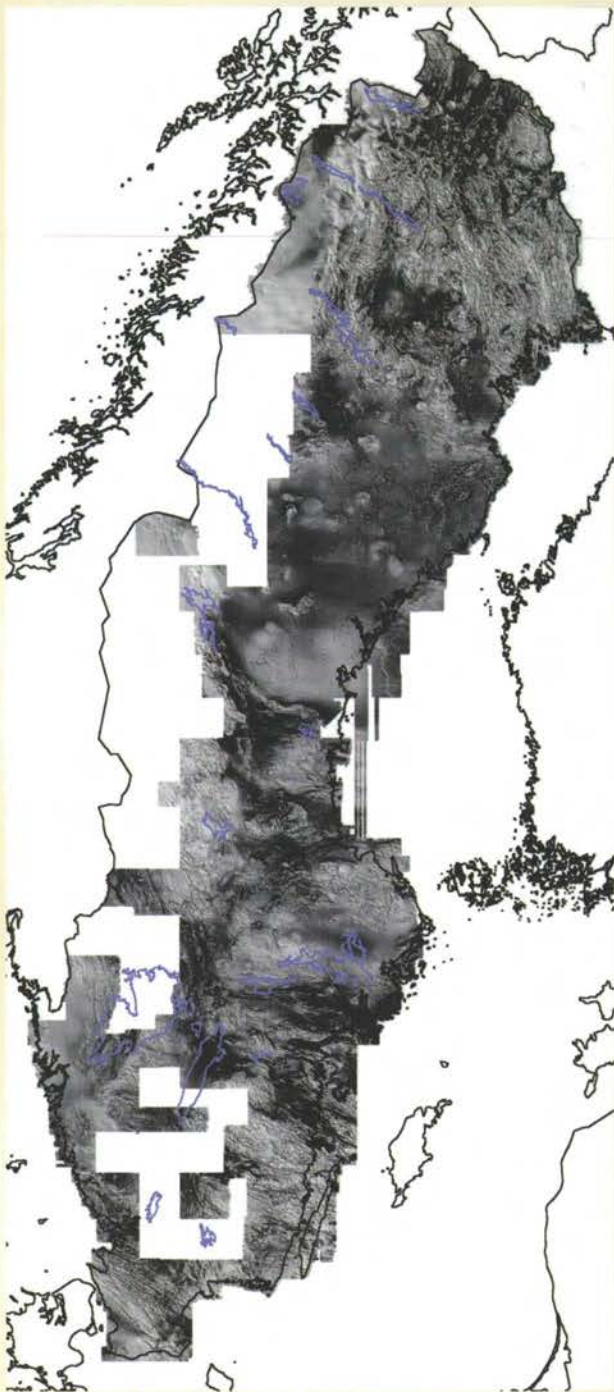
några tiondels nT i jämförelse med 10–20 nT i början av sextioalet. Positioneringen som från början sköttes genom rent manuell navigering är idag helt styrd av differentiell GPS. Även för positionen har noggrannheten ökat 10–20 gånger.

Den tekniska utvecklingen har även medfört att personalbehovet minskat. Under sjuttioalet behövdes ca 2–3 manår för kartläggning av ett kartblad (25 km × 25 km). Motsvarande siffra idag är 0,2–0,3 manår.

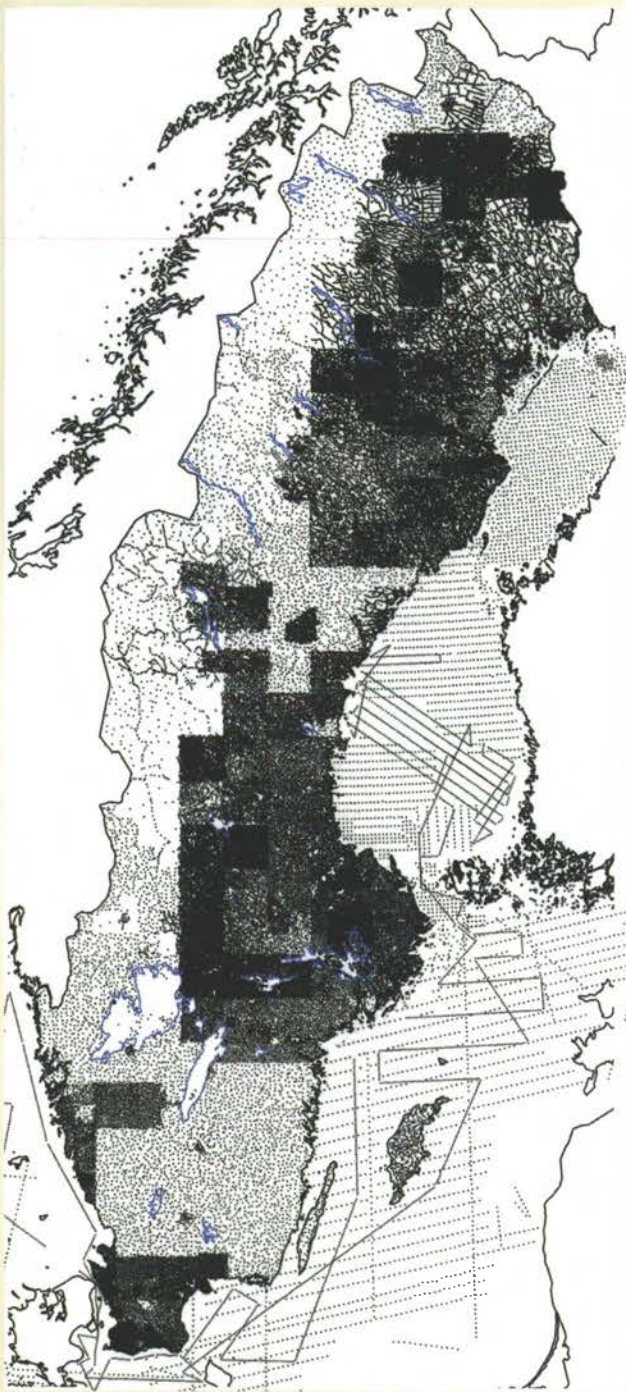
I slutet av 60-talet fick SGU uppdraget att även mäta den naturliga gammastrålningen. Det primära skälet var att leta efter svenskt uran. En gammaspektrometer från Atomenergi AB ingick därför fr.o.m. 1968 i mätsystemet. I början av 1970-talet kompletterades systemet med VLF (Very Low Frequency), ett elektromagnetiskt system som använder signalen från avlägsna militära sändare som kommunicerade med ubåtar inom frekvensbandet 10–30 kHz. Ju lägre frekvensen är desto längre ned i vattnet tränger signalen vilket även gäller för marken/berggrunden. VLF-systemet ger SGU bl.a. möjlighet att kartlägga större vattenförande sprickzoner i berggrunden.

Genom den snabba tekniska utvecklingen kan idag en preliminär karta vara klar någon timme efter att flygplanet landat. Navigeringshjälpmedlet GPS och snabba små datorer är två bidrag till att preliminära data och kartor kan produceras så snabbt.

Arbetet med de yttäckande geofysiska mätningarna rullar på i ettårscykler. Detaljplaneringen sker under vintern, mätningen under vårvintern/sommaren samt bearbetning och datalagring under hösten. Varje år pre-



Kartan åskådliggör dels magnetfältets avvikelser, dels vilka delar som täckts med detaljerade flygburna magnetfältsmätningar. Merparten av mätningarna är utförda på 30 eller 60 meters höjd över markytan och med 200 meters linjeseparation.



Fördelningen av regionala tyngdkraftspunkter i Sverige. Mätavståndet är cirka 1 km inom vissa prospekteringsintressanta regioner och 2-10 km inom övriga områden. Mätningarna i Bottenviken-Bottenhavet har huvudsakligen utförts på kompakt is och mätningarna över Östersjön med hjälp av flygplan och/eller båt.

senteras mätningarna i form av en kartutställning i början av december. I år tillägnas utställningen Anders Celsius (se ovan).

Databaserna

I dagsläget är ca 80% av Sveriges landyta täckt av magnetfältsmätningar. För VLF och gammastrålning är motsvarande siffra 70%. Målsättningen är att 2008 skall hela Sverige utom Gotland och delar av fjällområdet vara täckt av flyggeofysiska mätningar.

I SGU:s databaser finns mätningar som SGU utfört i egen regi samt mätningar som SGU/SGAB utfört för NSG, KBS, SKBF, SKB etc. Vidare finns merparten av de mätningar som LKAB utförde under 1970- och 1980-talen. Dessutom ingår i SGU:s databank vissa flyggeofysiska data som Boliden Mineral AB bekostat.

I ett gemensamt FoU-projekt utförde GTK (Geologiska Forskningsanstalten i Finland) en mätning över Sverige med 17 km linjeseparation. Data från denna mätning används för att nivellera befintliga och framtida mätningar.

I samarbete med Statens Strålskyddsinstitut har SGU/SGAB utfört omfattande gammastrålningsmätningar. Den mest efterfrågade/spridda kartan alla kategorier är den som visar nedfallet av Cesium-137 över Sverige efter Tjernobylolyckan 1986. Flyggeofysiken utförde dessa mätningar under en intensiv period 1986 direkt efter olyckan.

Med 17–40 m mellan mätpunkterna och 200 m mellan linjerna täcks varje kartblad (25×25 km) av ca 80.000 mätpunkter. Det medför att flyggeofysikens databank omfattar mer än 50 miljoner mätpunkter med information om magnetfältet.

SGU:s tyngdkraftsdatabank omfattar totalt ca 290.000 mätpunkter, varav s.k. tätmätningar utgör ca 120.000 punkter. Tätmätningarna, som i huvudsak utfördes på 1970–1980-talen, berör prospekteringsobjekt. SGU:s egna mätningar omfattar ca 2/3 av landet. Dessutom ingår resultat av mätningar utförda av Lantmäteriet, Finlands geodetiska institut, Oljepropektering AB (OPAB), Uppsala universitet, Luleå tekniska universitet, NSG, LKAB, Boliden AB och Zinkgruvan AB. Alla mätpunkter är klassade med hänsyn till ägare. Databasen utökas med 2000–3000 mätpunkter per år.

Nyttan med de geofysiska mätningarna

Från starten var målet för de flyggeofysiska mätningarna och för tyngdkraftsmätningarna att skaffa underlag för malmprospekteringen. Idag används den flyggeofysiska informationen även som ett underlag för geologer/geofysiker i samband med berg- och jordarts-kartering samt för radonundersökningar, och sedan

1986 för att kartlägga nivån av Cesium-137 i Sverige. Även för detektion av vattenföring i marken och när vägar, järnvägar etc. skall anläggas kan informationen komma till användning.

Beträffande tyngdkraftsinformationen utnyttjas den också som underlag vid berggrundskarteringen samt i vissa fall i samband med kartläggning av vattenreservoarer. Vidare kan landhöjningen kartläggas med hjälp av upprepade tyngdkraftsmätningar längs förutbestämda linjer samt Jordens elastiska egenskaper bestämmas genom registrering av tidjorden - den fasta jordens motsvarighet till tidvattnet. Inom den plattetoniska forskningen används tyngdkraftsinformation för att bl.a. utröna förhållandena vid plattgränserna.

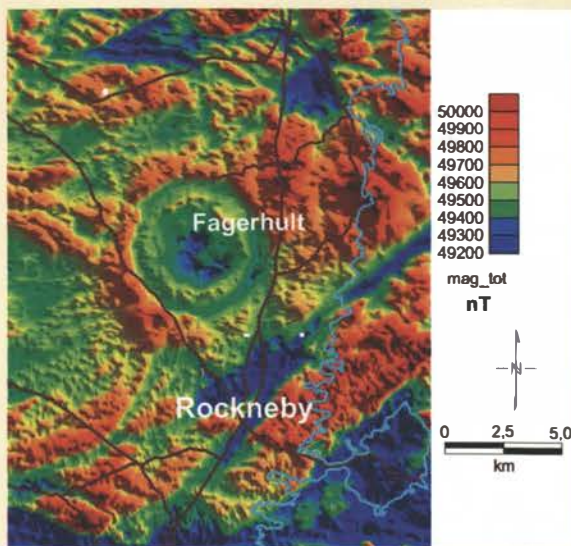
Tyngdkraftsinformationen har också många tillämpningar utanför det geologiska området. Informationen utnyttjas bl.a. för att korrigera precisionsavvägningar och för geoidbestämningar. Orsaken till att geoiden, som beskriver Jordens form, har fått ny aktualitet är att speciella satelliter numera ger oss möjlighet att bestämma positioner med mycket stor noggrannhet. Vid höjdbestämning med hjälp av GPS (Global Positioning System) får man höjden över ellipsoiden och inte höjden över havet, som man ju egentligen är intresserad av. Genom att korrigera GPS:ens ellipsoidhöjder med geoidhöjden, som anger avvikelserna mellan geoiden och ellipsoiden, får man reda på punktens höjd över havet. Vidare används tyngdkraftsinformationen till kalibrering av precisionsvågar och tryckgivare. Dessutom utnyttjas tyngdkraftsinformationen vid s.k. tröghetsnavigering.

Dramat i Rocknebys Fagerhult, Småland

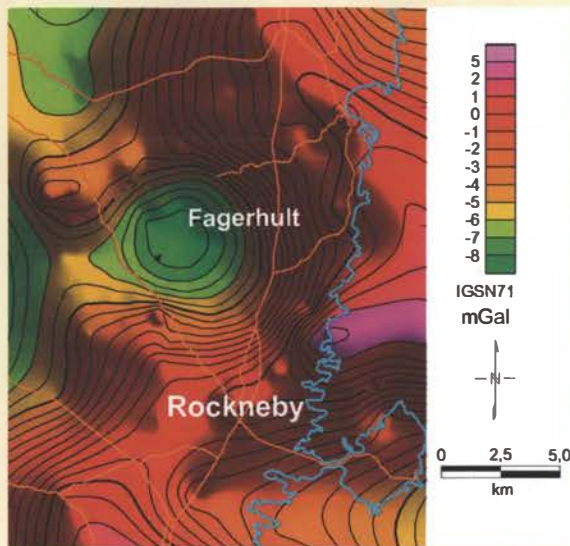
Var det en meteorit som ramlade ner i Fagerhultsområdet för mer än 550 miljoner år sedan, eller var det en granitisk magma som trängde upp för cirka 1,5 miljarder år sedan, eller var det något annat?

Vid SGU:s systematiska flygburna geofysiska mätningar år 2000 över delar av Småland framkom bland annat en helt okänd rund lågmagnetisk struktur med en diameter på ca 6 km strax nordväst om Rockneby.

Strukturen, med dess inre koncentrisk ring, har varit föremål för mer eller mindre vilda spekulationer. I år begärdes till och med ett undersökningstillstånd för prospektering efter ädla stenar, varvid befolkningen i trakten protesterade med enfaset. Undersökningstillståndet beviljades men företaget som planerat prospekteringsverksamhet drog sig ur. Vad som gör strukturen så intressant är att orsaken till de geofysiska avvikelserna inte är synliga på ytan. Hela strukturen är täckt av ett mer eller mindre tjockt jordlager. Inom den östra delen av området täcker dessutom, enligt geologiska



Magnetiska totalfältet över delar av östra Småland, 10-30 km norr Kalmar. Den ringformade strukturen framgår tydligt liksom flertalet lågmagnetiska linjära strukturer. Dessa senare utgör krosszoner i berggrunden. På kartan är kustlinjen markerad med ljusblå färg och vägnätet med brun färg.



Tyngdkraftens avvikelse från normalfältet - Bouguer-anomali - över delar av östra Småland, 10-30 km norr Kalmar. Ringstrukturen (se magnetiska totalfältets kartan) representeras här av ett välmarkerat minimum. På kartan är kustlinjen markerad med ljusblå färg och vägnätet med brun färg.

berggrundskartan Oskarshamn, flackt liggande kambriska sandstenar strukturen, vilket indikerar att strukturen är äldre än 550 miljoner år.

Under innevarande år har SGU utfört regionala tyngdkraftsmätningar inom den östra delen av Småland varvid ringstrukturen kartlagts med en viss förtätning. Resultaten av dessa mätningar visar ett markerat skålförmått minimum i anslutning till ringstrukturen och att anomaliersaken påverkar fältet relativt långt utanför densamma.

Detta antyder att berggrunden inom strukturen har en lägre densitet än omgivningen samt att bergarten som förorsakar tyngdkraftsavvikelsen har ett relativt stort djupgående – eller att densiteten successivt avtar mot centrum av strukturen. Det senare skulle tala för ett meteoritnedslag, men på grund av att magnetfältet inte visar några karakteristiska magnetiseringar, som förknippas med s.k. impactsmältor, och att tyngdkraftsavvikelsen sträcker sig flera kilometer utanför själva ringen så är den mest sannolika tolkningen att de geofysiska signaturen förorsakas av en granitisk intrusion. Både den magnetiska avvikelsen och tyngdkraftsavvikelsen liknar i mycket stor grad den som berör Götemargraniten, som har en diameter av 5 km och

är belägen ca 70 km norr om Rocknebyringen. Götemargraniten tillhör områdets yngre djupbergarter, med en ålder av ca 1450 miljoner år, vilket gör att den inte utsatts för någon större tektonisk påverkan under årmiljonerna. Uppträngandet bör ha skett i form av en väl sammanhållen, diapirliknande magma. Flertalet likartade magnetiskt runda strukturer förknippade med välmarkerade tyngdkraftsminima går också att se i det geofysiska materialet över Öland. Dessa strukturer är täckta av relativt mäktiga lager av olika typer av kalksten, skiffer och sandsten.

Litteratur

- Kresten, P. & Chyssler, J., 1976: The Götemar massif in south-eastern Sweden: A reconnaissance survey. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 98, 155–161.
Lundegårdh, P.H., Wikström, A. & Bruun, Å., 1985: Beskrivning till provisoriska översiktliga berggrundskartan Oskarshamn. *Sveriges geologiska undersökning Ba* 34, 1–26.

Sven Aaro är 1:e statsgeofysiker och Sören Byström är chefsingenjör, båda verksamma vid Sveriges geologiska undersökning i Uppsala; sven.aaro@sgu.se, soren.bystrom@sgu.se

Svenska mineral (7)

Swedenborgit - bergsmannen Emanuel förärat

PER NYSTEN

Upptäckthistoria

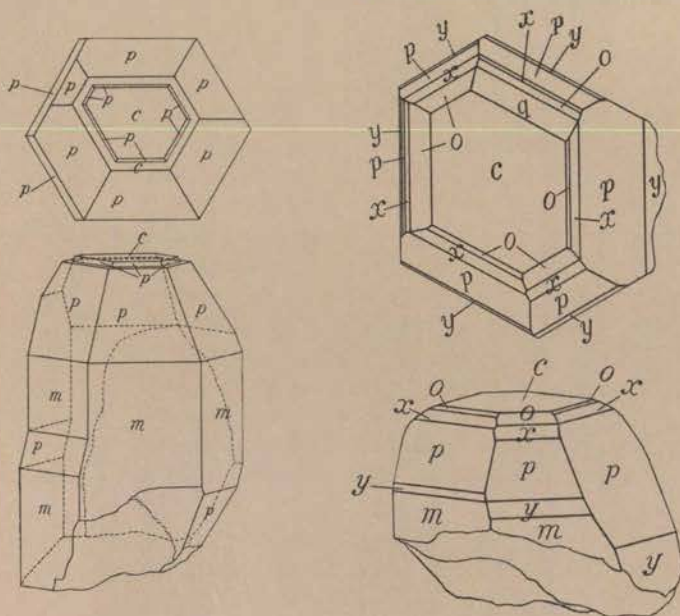
Mineralsamlade startade i Långban redan under slutet av 1800-talet och en formidabel guldålder rådde in på 1900-talets första årtionden då många nya mineral upptäcktes. År 1924 fann den alltid så skarpögde mineralskrädaren Karl Johan Finne- man material av ett helt okänt mineral i arbets- rummet England. Han sände prov av detta till Gregori Aminoff, professor i mineralogi vid Naturhistoriska riksmuseet. Aminoff var pionjär när det gäller röntgenanalys av mineral och därför mycket väl skickad att undersöka mineralet. Den preliminära undersökningen visade ett vackert kristalliserat hexagonalt mineral i kalcitsliror i he- matit (Fig. 1). Optiska, fysikaliska samt kemiska data presenterades och strukturen bestämdes med hjälp av röntgenfotografier s.k. Lauefotogram. Karl Almström utförde en kvantitativ kemisk analys och fann att antimon, aluminium och natrium tillsammans med syre utgjorde huvudelementen i mineralet. Aminoff namngav det nya mineralet efter Emanuel Swedenborg som gjort stora insatser inom bergsvetenskapen t.ex. i sina arbeten *De Ferro* och *De Cupro*.

Först 1933 kompletterade Aminoff ovanstående data. Hans förnyade rönt- genanalyser visade diskrepans mellan beräknade och observerade data för ele- mentet aluminium. Ragnar Blix utförde en förnyad våtkemisk analys med endast 0.2118 gram material till förfogande. Han kunde visa att swedenborgit helt saknar aluminium men att det innehåller beryl- lium. Den ringa mängden räckte inte för att bestämma alkaliinnehållet. En kombi- nation av de båda kemisternas data gav följande formel: $8\text{BeO} \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Sb}_2\text{O}_5$ eller $4\text{BeO} \cdot \text{NaSbO}_3$. Mineralet kunde vid

denna tid inte inordnas i den mineralogiska syste- matiken. Aminoffs arbete med Lauefotogram be- kräftade den av honom tidigare funna hexagonala symmetrin; vidare visade sig mineralet vara hemi- morft, dvs. olika utbildat i kristallens ändar. En terminering visar stor basyta och den andra visar liten. Aminoff bestämde vidare den strukturella koordinationen mellan de ingående elementen.

Kristallstrukturen

Enligt Aminoff omges antimon oktaedriskt av 6 syre, natriumatomen omges av 12 syre medan Be omges av 4 syreatomer i tetraederform. Positio- nen för beryllium är svårbestämd då detta grund- ämne har dålig spridningsförmåga för röntgen- strålar. Detta leder till att man inte säkert hittar de korrekta platserna i atomgittret (elementet "syns" inte). Den världsberömda kemisten Linus Pauling och hans medarbetare kom 1935 fram till följande beskrivning: BeO_4 -tetraedrar förekommer i grup- per om 4, där de förenas via ett gemensamt hörn.



Figur 1. Kristallteckningar av swedenborgit (från Aminoff 1924).



Figur 2. Swedenborgitkristall (ca 5 mm lång) omgiven av kalcit. Harstigen. Foto Per Nysten.

De andra hörnen delas med övriga tetraeder-grupper samt med SbO_6 -oktaedrar. Som angetts ovan omges Na av 12 syreatomer.

Utseende och paragenes

Swedenborgit är ett mycket vackert mineral; alltid väl kristalliserat i höjglänsande, ofta transparenta, hexagonala prismor, upp till maximalt 10 mm i längd (Figur 2). Mineralet är mycket hårt (8), spaltar parallellt med basen samt har ett ojämnt till mussligt brott. Färgen varierar från ofärgad, vit till svagt vingul; mörkt gråsvarta kristaller har rikligt med inneslutna FeMn -oxider. Lättaste sättet att känna igen swedenborgit är med hjälp av en UV-lampa. Responsen är starkt blå i kortvåg; även vinröd och gul färg förekommer. Långban är den enda kända lokalen för detta exotiska mineral.

Förutom originalbeskrivningen som knyter mineralet till hematit finner man följande associationer:

1) tillsammans med kalcit som bildar körtlar och ådror och som breccierar hematit-magnetitförande dolomit. Ofta finns även Mg-rik berzeliit och ljust brun flogopit närvarande.

2) i kalcitfyllda drusrum och kalcitådror i bandat skarn som domineras av röd tilasit, finkornig hematit, gul amfibol och brun pyroxen. Druserna är rika på Be i form av mineralen trimerit, bergslagit, bromellit, barylit och fenakit som tillsammans med arsenaten svabit, hedyfan och gul Mn-berzeliit åtföljer swedenborgiten.

3) små swedenborgiter finns även direkt i dolomit till synes utan åtföljande kalcitådror. I detta fall ser man dem enbart som blålysande prickar under UV-ljus.

Speciellt i kalcit som breccierar järnmalm kan det finnas koncentrationer av swedenborgit. Malmen visar ofta en några mm bred reduktionsbård av magnetit runt hematit vid gränsen mot dolomit. Morfologiskt varierar kristallerna från långprismatiska (Fig. 2) via tjocka prismor till som plattor (sällsynt). Den sistnämnda formen har jag sett så som 10 mm stora individer i en oxidfattig dolomit. I den arsenatrika associationen har jag hittat tjockprismatiska, vingula och ogenomskinliga kristaller med tunnliknande form. Elementet antimon finns även i romeit som ställvis åtföljer swedenborgit.

Fyndmöjligheter idag

Trädgårdsvarpen, som delvis är inhägnad, erbjuder den bästa jaktmarken, framför allt de dolomitblock som för järnmalm och saknar gröna skarnmineral (serpentin och diopsid). Dela blocken, lägg bitarna i lätt identifierbara högar, invänta mörkret och lys! Det är nästan hopplöst att finna swedenborgit i dagsljus då detta färglösa till vita mineral fullständigt drunknar i den omgivande vita karbonatstenen. Lycka till!

Litteratur

- Aminoff, G., 1924: Über ein neues Mineral von Långban. *Zeitschrift für Kristallographie* 60, 262–274.
 Aminoff, G., 1933: Contributions to the mineralogy of Långban. VI. On the structure and chemical composition of swedenborgite. *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar* 11, 4, 1–13.
 Pauling, L., Klug, H.P. & Winchell, A.N., 1935: The crystal structure of swedenborgite. *American Mineralogist* 20, 492–501.

Per Nysten är universitetslektor vid Institutionen för geovetenskaper samt intendent vid Evolutionsmuseet vid Uppsala universitet;
 per.nysten@geo.uu.se

"Jorden från satellit"

För mer än trettio år sedan köpte jag en svit fantastiska färgdia för geologiundervisningen vid Lunds universitet. Det var bilder tagna av amerikanska astronauter, förmodligen med Hasselbladskamera, på utvalda delar av jordens yta. Alltjämt minns jag bilden över Tuamotuarkipelagen och hur lätt det var att med dess hjälp förmedla Darwins tolkning av atollöars uppkomst. Om jag minns rätt köpte vi in bilderna från NASA - för en spottstyver.

Några år senare undervisade jag i geologi vid University of Alaska, Fairbanks, och hade en kollega som inte bara var expert på fotogeologi och fjärranalys utan även fixade så att NASA inbjöd mig till en sextimmars flygning runt Alaskas kuster i det svartmålade forskningsjetplanet *Galileo*. Sedan den dagen har jag ett stort behov av att se jorden från ovan, jag blev frälst på satellitbilder. Geologiska fenomen och processer är ofta lättare att förstå från Nils Holgerssons perspektiv.

För år sedan använde jag Landsatbilder för att visa hur stoftet från ett vulkanutbrott på Java gödslade risfälten. När jag för några månader sedan i Brasilien gav en doktorandkurs om geologiska processer i galopp gjorde vi flera geologiexkursioner utmed staten Rio de Janeiros kust. Åter slog det mig hur lätt det var att förstå geologin med hjälp av de ypperliga satellitbilder i färg som de brasilianska guideböckerna och publikationerna var försedda med. Samtidigt började jag fundera över hur det var hemmavid. Varför, tänkte jag, har jag under de trettio år som gått mellan erfarenheterna i Alaska och Brasilien inte sett en enda satellitbild i färg på temat Sveriges geologi.

Sverige har ett rymdforskningsprogram som kostar tio gånger mer än det som satsas på vårt lands geologiska utforskning. Varför, tänkte jag vidare, föreläser jag överallt i världen om de geologiska processerna, naturomvälvningarna, utan att själv visa en enda svensktagen satellitbild. Varför finns det aldrig några svenska satellitbilder i *GFF* eller *Gf*? Vad beror det på att vi svenska geologer inte allmänt använder satellitbildmaterial från Kiruna? Nog vet jag att svenska geologer är väldigt konservativa, men beror bristen på satellitbilder bara på vår brist på fantasi?

Under hösten har jag därför försökt ta reda på vad bristen beror på. Min slutsats har blivit att försummelserna mindre beror på oss än på "Lantmäteriet". Eftersom jag aldrig har sett en enda annons i *GFF* eller *Gf* om satellitbilder ligger det nära till hands att påstå att LMV inte inser att satellitbilder har värde för geologer. Om det är så, har LMV fel. Satellitbilder är ovärderliga för oss. Men, slog det mig så, varför publicerar inte heller andra svenska tidskrifter och tidningar svenska satellitbilder oftare? Kan det vara fel på LMV:s marknadsföring? Efter en koll på Stockholmsdelens gula och rosa sidor sändes en brevfrågan till "Satellitbildgruppen", det enda företag som passade in. Efter två månader inget svar. Under "Lantmäteriet" finns inget som tyder på att dom har med satellitbilder att göra, inte ens en Kirunaadress. Det går alltså inte att i senaste telefonkatalog få fram vem som säljer satellitbilder i vårt land! En uppsalakollega tipsade om Metria, men i telefonkatalogen finns ingen Kirunaadress, och det enda jag var säker på var att satellitbilder säljs från Kiruna. Via Nätet får jag småningom Metrias kirunaadress, skriver till "Marknadsdirektören", begär produktkatalog, prislista och andra upplysningar. Biträdande marknadschefen ringde upp och berättade att Metria är intresserade av "småkunder" och att en ung geolog skulle ringa upp mig och berätta mer, så att jag kan skriva "en fin artikel".

Jag har sedan inte hört av Metria. Försök själv på www.satellus.com så får du se hur lätt det är att få tag i satellitbilder i Sverige! Sorgligt, eller hur?

Sven Laufeld



perspektiv

En prenumeration

på *Geologiskt forum* 2002 (nr 33–36) kostar 140 kr.
Gör så här: betala 140 kr till Swedish Science Press på postgiro 489 78 50-6 eller bankgiro 914-4601.
 Märk inbetalningskortet Geologiskt forum 2002.

Medlemskap i Geologiska Föreningen

kostar 400 kr/år. Studerande betalar dock endast 200 kr/år (under max. 4 år). Medlem erhåller årligen fyra nummer av *Geologiskt forum* och fyra häften av föreningens engelskspråkiga vetenskapliga tidskrift *GFF*.

Gör så här: betala medlemsavgiften 400 kr alt. 200 kr till **Geologiska Föreningen** på postgiro 21 08-9. Märk inbetalningskortet Ny medlem i Geologiska Föreningen, avgift för 2002 alt. Ny studerandemedlem i Geologiska Föreningen, avgift för 2002.

Skriv tydligt namn och adress på inbetalningskortet, tack!

Tunabygdens Geologiska Förening

kommer att från och med 2002 ingå i gruppen av samarbetspartner för utgivningen av *Gf*. Under innevarande år har gruppen bestått av Bergslagens Geologiska Sällskap, Göteborgs Geologiska Förening, Hallands Geologiklubb, Upplands Geologiska Sällskap och Västerbottens Amatörgeologer. TGF:s representant i *Gf*s redaktionsråd blir Emil Gregori.

Årets Geolog 2001

Geologsektionen vid Sveriges Naturvetareförbund har tilldelat **Stefan Claesson** utmärkelsen Årets Geolog 2001. Han är professor i isotopgeologi och chef för forskningsavdelningen vid Naturhistoriska riksmuseet, ledamot av Kungliga vetenskapsakademien och ordförande i Svenska nationalkommittén för geologi. Utmärkelsen överlämnades vid en ceremoni på Sveriges geologiska undersökning i Uppsala den 15 november. Det kanske främsta skälet till valet av Claesson var att han såg till att den första Geologins dag äntligen blev av den 25 augusti 2001, och att han därmed verkligen "på ett förtjänstfullt sätt flyttat fram geologins position i samhället".

GEOLOPPIS

KÖPES: Mineralsamling med dokumentation. Speciellt söks äldre mineral med originaletiketter och askar och gärna förvaringsmöbel. Även äldre litteratur, instrument, kristallmodeller, förvaringsmöbler etc. för mineral köpes. Tel. 0584-20041, epost urban.strand@telia.com

KÖPES: *Stenar i färg* av Per H. Lundegårdh (Almqvist & Wiksell) till Hvitfeldtska Gymnasiet i Göteborg för laborationer. Tel. till Annika Andrén 031-7786505 alt. 031-181328.

SÄLJES: *Sveriges Fosfattillgångar*. Av Per Geijer. 64 s. 15 Fig., 2 Tavl. SGU C 294. 50 kr + porto. Tel. 0431-434069.

SÄLJES: *GFF* 1872–1965, inbunden t.o.m. 1956. 5500 kr + porto. Tel. 070-6385832.

SÄLJES: *Die Graptolithen des deutschen Silurs*. Von Rudolf Hundt. 96 Seiten. Mit 370 Abbildungen auf 18 Lichtdrucktafeln. Verlag Max Weg, Leipzig 1924. 250 kr + porto. Tel. 0431-434069.

SÄLJES: *Einführung in die Geschiebeforschung*. Von Kurt Hücke. 132 Seiten. Mit 50 Tafeln, 5 Tabellen, 2 Karten und 24 Abbild. Verlag Nederlandse Geologische Vereniging-Oldenzaal, 1967. 300 kr + porto. Tel. 0431-434069.

SÄLJES: *De bouw van het Siluur van Gotland* av E.C.N. van Hoepen, 1910. Akad. avh., Delft. Häftat band i gott skick. 161 sidor, 8 planscher med 13 fotografier och talrika streckteckningar och tabeller, sep. karta i färg (skala 1:300.000). 1200 kr + porto. Tel. 018-421282.

SÄLJES: *Stråssa och Blanka Järnmalmsfält. Geologisk beskrivning*. Av Per Geijer. 4:o. 48 s., 29 Fig., 5 Tavl. varav tre färgkartor. SGU Ca 20. Klotband. Förstreckningar med blyerts och rödpenna. 350 kr + porto. Tel. 0431-434069.

SÄLJES: *Jac. Berzelius Bref*, I:1–3, II:1–2, III:1–2, tot. 1347 sidor, 7 häftade volymer. Utg. av KVA genom H.G. Söderbaum 1912–20. 500 kr + porto. Tel. 018-421282.

SÄLJES: *Norrland - Naturbeskrivning*. Av A.G. Högbom. 412 s. 174 Textfig., 17 Pl., 6 Kartor. Norrländskt Handbibliotek I. Almqvist & Wiksell, Uppsala 1906. 250 kr + porto. Tel. 0431-434069.

Under rubriken "Geoloppis" intas gratis annonser från privatpersoner. Det kan gälla böcker, utrustning, samlingar, etc. Beskriv objektet, ange pris, avsluta med telefonnummer, faxnummer eller e-postadress.

Sänd Din annons till tidningen **senast 1/2** (adress, fax och e-post, se sid. 2). Nästa nummer kommer i mars!

GEOLOGISKA FÖRENINGENS STYRELSE 2001 (<http://www.sgu.se/gf/gfstyr.htm>)

Birger Schmitz, ordf., Inst. för geovetenskap, Göteborgs universitet, Box 460, 405 30 Göteborg, tel. 031-7734902, epost birger@gvc.gu.se

Dan Holtstam, sekr., Sekt. för mineralogi, Naturhistoriska riksmuseet, Box 50007, 104 05 Stockholm, tel. 08-51954076, epost dan.holtstam@nrm.se

Kajsa Hult, skattm., Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018-179358, epost kajsa.hult@sgu.se

Björn Sundquist, red., Geologiska Föreningens redaktion, c/o SGU, Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018-179276, epost gff@sgu.se

Lars Holmer, ledam., Inst. för geovetenskaper, Uppsala universitet, Norbyvägen 22, 752 36 Uppsala, tel. 018-4712761, epost lars.holmer@pal.uu.se

Karin Högdahl, ledam., Lab. för isotopgeologi, Naturhistoriska riksmuseet, Box 50007, 104 05 Stockholm, tel. 08-51954004, epost karin.hogdahl@nrm.se

Claes Mellqvist, ledam., Tideliussgatan 50, 118 69 Stockholm, tel. 0736185768, epost clme@sb.luth.se