

nr 48

december 2005

årgång 12

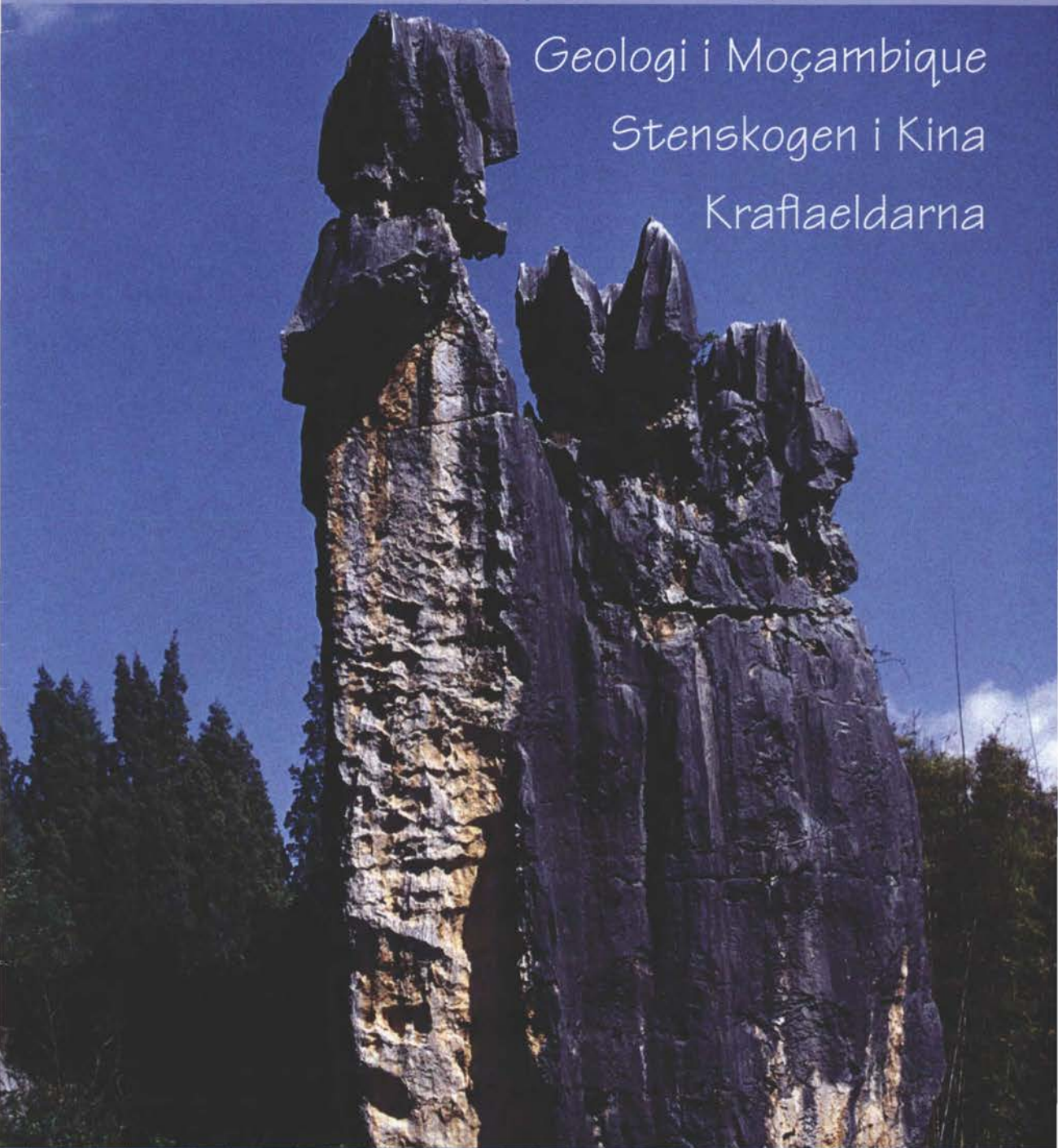
Geologiskt forum

Sveriges enda geologiska populärvetenskapliga tidskrift

Geologi i Moçambique

Stenskogen i Kina

Kraflaeldarna



1020

Knaben molybdenförekost, Norge

1010



4600 miljoner år på 144 sidor

1020

Mesoproterozoikum

Sten

Ten

Neoproterozoikum

1000

1000

Sprid revolutionen vidare!

Varför är så få naturvetare aktiva i samhällsdebatten? Nu menar jag inte bara i de rent naturvetenskapliga frågorna som t.ex. klimatfrågan, utan även i andra frågor som berör hur vi människor och vårt samhälle fungerar. Naturvetare har nämligen sedan 300 år ett unikt sätt att närma sig verkligheten.

Våren 1610 riktade Galileo Galilei sin nyttillverkade kikare mot Jupiter. Det han såg ändrade naturvetenskapens syn på världen. Han såg nämligen att Jupiters största månar som han just upptäckt (de så kallade Galileiska månarna) kretsade runt Jupiter, alltså inte runt jorden som de borde gjort enligt den geocentriska idén. Galileo kunde inte förneka det han såg trots att det stred mot den tidens maktavare, kyrkan. Galileo straffades med en mer än 30 år lång husarrest, inte för att han sa att Jupiter har månar utan för att han ifrågasatte maktens auktoritet. Visserligen hade Nicolaus Kopernicus redan år 1543 sagt att jorden rör sig nog runt solen, men han lindade in det i filosofiska resonemang som gjorde att makten kunde se mellan fingrarna. Det var med Galileo som det man skulle kunna kalla den empiriska revolutionen inom naturvetenskapen startade. Nu kunde maktavarna inte längre diktera hur världen skulle tolkas, utan det var de faktiska observationerna av verkligheten som gällde. Hundrafemtio år efter Galileo föll också den sista stora bastionen inom naturvetenskapen då Darwin i sin *"On the Origin of Species by Means of Natural Selection"* kunde förklara att människan "bara" var en biologisk varelse.

Naturvetenskapen har sedan Galileo levte efter hans principer. Vi bygger våra teorier baserade på de observationer vi har gjort av verkligheten. Detta är vår största styrka samtidigt som det är vår svaghet. Vi måste alltid vara beredda att ompröva våra mest älskade teorier om verkligheten inte visar sig stämma med dem. På det sättet blir vi ödmjuka inför tillvarons komplexitet, samtidigt som vi måste vara lyhörda och nyfikna för att uppfatta vad som verkligen händer. Vi respekterar också dem som inte delar våra idéer, eftersom de kanske sitter inne med kunskap som vi själva inte har. Verkligheten är nämligen så komplicerad att det är omöjligt för en människa att känna till allt.

Som sagt, naturvetenskapens empiriska revolution kom för närmare 300 år sedan. När kommer den att spridas till de andra vetenskaperna och samhället i övrigt? Nu är det inte längre kyrkan som är högsta makten i samhället, men det pre-Galileiska synsättet lever ändå kvar på många ställen. Än idag kan maktavarna beordra forskare, alternativt kan inställsamma forskare behaga makten, genom att komma med verklighetsfrämmande teorier för att förklara världen så som de vill att den ska vara, inte som den egentligen är. Än idag uppstår nya pseudovetenskapliga bastarder, resultatet av den onunda föreningen mellan makt och "forskare".

Under 300 år har vi naturvetare lärt oss att tolka verkligheten på ett så objektivt sätt som möjligt. Vi påstår oss inte heller sitta inne med den absoluta sanningen utan är ödmjuka mot dem som inte delar våra idéer. Därför behövs samhällsdebatten oss. Det hörs redan på vårt namn vad vårt rättesnöre är. Det är naturen och verkligheten runt oss som dikterar våra åsikter, inte makten.

Joakim Mansfeld



Omslagsbilden

Kalkstenskolonn från "Stenskogen" i Yunnan-provinsen i sydvästra Kina. Den höga kolonnen har en raserad sida som troligen uppkommit i samband med jordskalv. Läs mer om detta fascinerande stenlandskap i artikel av Erik Norling på sidorna 4-8. Foto Erik Norling.



Geologiskt forum utges av Geologiska Föreningen (Sveriges riksförening för geologi), i samarbete med Föreningen för Geologins Dag, och med ekonomiskt stöd från Sveriges geologiska undersökning.

SGU

Sveriges geologiska undersökning

Geologiskt forum (startår 1994) 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.

Ansvarig utgivare, redigering och layout: Joakim Mansfeld

Foto och illustrationer (om inte annat anges): Joakim Mansfeld

Redaktionens adress:

GF:s redaktion, institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel 08-6747727, fax 08-164424; gff@geo.su.se; www.geologiskaforeningen.nu

För distribution, prenumerationsärenden, adressändring köp av tidigare nummer, samt reklamationer och ersättning för försvunna och skadade häften: kontakta redaktionen

Redaktionsråd:

Jan Bergström, Holger Buentke, Christer Carlberg (Hallands Geologiklubb), Ingemar Cato, Rolf Frankenberg (Upplands Geologiska Sällskap), Emil Gregori (Tunabygdens Geologiska Förening), Dan Holtstam, Antti Hultström (Västerbottens Amatörgeologer), Mikael Jansson (Bergslagens Geologiska Sällskap), Erik Mofjell (Göteborgs Geologiska Förening).

Geologiskt forum trycks helt i fyrfärg i ca 1500 ex. av O8Tryck, Bromma.

Tidskriften ingår i det ordinarie medlemskapet i Geologiska Föreningen.

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

Ordinarie lösnummerpris: 50 kr.

ISSN 1104-4721

Ny redaktör för Geologiskt forum

Från och med nästa häfte av *Geologiskt forum* tar Anna Kim-Andersson över som populärvetenskaplig redaktör. Anna har en fil.mag. i geovetenskap med inriktning mot kvartärgeologi från Göteborgs universitet (1995). Hon arbetade med naturgrus- och skrotstensinventeringar samt förorenad mark vid Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohuslän, sedan Västra Götalands län (1996–1998). Läste journalistik för akademiker vid institutionen för Journalistik, medier och kommunikation, Stockholms universitet (1998–2000) och har sedan dess varit anställd som journalist/redaktör, samt som skribent drivit ett eget medieföretag i Jönköping. Tjänsten som populärvetenskaplig redaktör för *Geologiskt forum* är på 25 procent.



Årets geolog 2005

Olle Selinus har av Geologsektionen av Naturvetareförbundet utsetts till årets geolog 2005. Selinus är utbildad berggrundsgeolog med doktorsexamen från Uppsala universitet. Han är anställd som statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning, där han numera även är biträdande enhetschef.

Det var för sex år sedan som Selinus tog de första initiativen inom området medicinsk geologi. Idag är verksamheten etablerad i 80 länder och nära samarbeten har upprättats mellan geologiska och medicinska institutioner samt myndigheter runt om i världen. Medicinsk geologi handlar om hur den naturliga miljön påverkar människor och djurs hälsa. Några kända exempel är radon och tungmetaller. Ett annat aktuellt och allvarligt problem är den pågående arsenikförgiftningen av stora delar av Bangladesh befolkning som orsakats av felriktade satsningar på brunnar. Problemet med arsenik i grundvattnet har även börjat uppmärksammas i Sverige, en fråga som Selinus försökt väcka intresse för under lång tid. Som grundare av den medicinska geologin har Selinus även tunga internationella uppdrag. Nyligen utkom den första referensboken i ämnet "Essentials of Medical Geology" där Olle Selinus var huvudredaktör, och han är Senior Adviser i FN:s initiativ Year of Planet Earth. Sveriges geologiska undersökning i Uppsala, där Selinus har sin arbetsplats, är också det internationella sätet för medicinsk geologi.

Källa: Naturvetareförbundet

Dinosauriernas värld blir grönnare

Gräs (familjen Poaceae) med omkring 10 000 levande arter täcker stora delar av världens kontinenter, och är en av de viktigaste komponenterna i vår världs ekologi. Fram till nyligen var de äldsta kända gräsfossilerna omkring 56 miljoner år gamla, dvs de verkade ha uppstått långt efter det att dinosaurierna dog ut för 65 miljoner år sedan. Genom att studera fossiliserad avföring (s.k. koproliter) från omkring

65–71 miljoner år gamla dinosaurier har dock forskare från Indien och Uppsala universitet kunnat påvisa förekomsten av fytoliter (mikroskopiska kiseldioxiddelar) från flera olika grässläkten. Detta måste tolkas som att redan vid den här tiden var gräsfamiljen väl utvecklad och spridd. Genom s.k. fylogenetiska studier, där släktskapen och utvecklingen mellan olika gräsarter jämförs, föreslår forskargruppen att de första gräsarterna uppstod för över 80 miljoner år sedan. Det faktum att vissa dinosaurier var gräsätare leder till att man även måste ta hänsyn till hur dinosauriernas betande kom att påverka gräsets utveckling. Tidigare har man ansett att det framförallt var de betande däggdjuren som påverkat gräsarternas evolution.

Källa: Science 310, 1177–1180

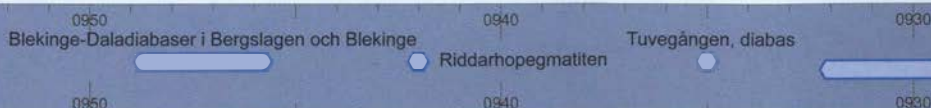
Baltiska issjön fanns aldrig

I senaste häftet av GFF presenterar Tore Påsse och Leif Andersson från Sveriges geologiska undersökning en ny metod för att bestämma havsnivån vid olika perioder under den senaste inlandsisavsmältningen. Metoden bygger på matematiska modeller för landförhöjningen tillsammans med havsytaens fluktuation. Kombinerat med en terrängmodell ger detta en detaljerad bild hur högt havsnivån låg vid olika tillfällen i norra Europa. Modellen visar också hur Östersjöbäckens vattennivå ändrades med tiden, och vid vilka tillfällen det var isolerat från havet. Det visar sig då att Östersjöns tidigaste stadium "Baltiska issjön" troligtvis inte har existerat utan vid denna tid hade Östersjön hela tiden kontakt med havet. Av den anledningen föreslår författarna det nya stadiet "Baltiska ishavet" som även innefattar det tidigare havsstadiet "Yoldiahavet". Det var först för omkring 10 700 år sedan då förbindelsen vid Sveafallen i Degerfors försvann som det första sötvattenstadiet "Ancylussjön" uppstod.

Källa: GFF 127, 253–268

I DETTA NUMMER

Sprid revolutionen vidare	J. Mansfeld	2
Geonytt och notiser		3
Stenskogen – ett märkligt karstlandskap i sydvästra Kina	E. Norling	4
Kraflaeldarna 1975–1984	E. Sturkell	8
I fält i Moçambique	Ch. Åkerman	16
Månadskartan	E. Jirner Lindström	24
Den dynamiska siluriska världen	M. Calner & M.E. Eriksson	27
Geovetenskapliga böcker		28
Geologiskt forums tidsaxel – 4600 miljoner år på 144 sidor	J. Mansfeld	30



Stenskogen –

ett märkligt karstlandskap i sydvästra Kina



Artikeln berättar om ett fascinerande besök i den s.k. Stenskogen i provinsen Yunnan i sydvästra Kina. Den är en av Kinas 44 geologiska naturskyddsområden och nationalparker, många grundade i samarbete med UNESCO.

Breda höga kalkstenskolonner, Shilin. Foto Erik Norling.

AV ERIK NORLING

Ca 85 km sydost om Kunming, huvudstaden i Yunnan-provinsen i sydvästra Kina, finns ett ca 350 km² stort karstlandskap på nivåer som varierar mellan 1750 och 2200 m.ö.h. Området, en del av den stora stenskogen, som vi besökte, heter Shilin. En omfattande erosion av berggrunden, huvudsakligen permiska kalkstenar, har från sentertiär tid fram till våra dagar, då subtropiskt och tropiskt klimat har rått, format ett märkligt karstlandskap. I Shilins karstområde finner man en "skog" av 10–30 m höga kalkstenskolonner med varierande utseende.

Utformningen av denna stenskog är kopplad till en kombination av klimatiska, litologiska, strukturgeologiska och geomorfologiska förhållanden. De äldsta kalkstenarna i Shilin bildades under grundmarina förhållanden i äldre perm (för ca 300–270 miljoner år sedan). Variationer i litologi, stratigrafi och lagrens



Lilla kartan visar Yunnans läge i Kina (rött område). Kartan i övrigt omfattar östra Yunnan med grannprovinsen Guizhou i öster och länderna Vietnam och Laos i söder. Shilinområdet sydost om huvudstaden Kunming är markerat med (Sh).



Motiv från Stenskogen, Shilin. Foto Erik Norling.

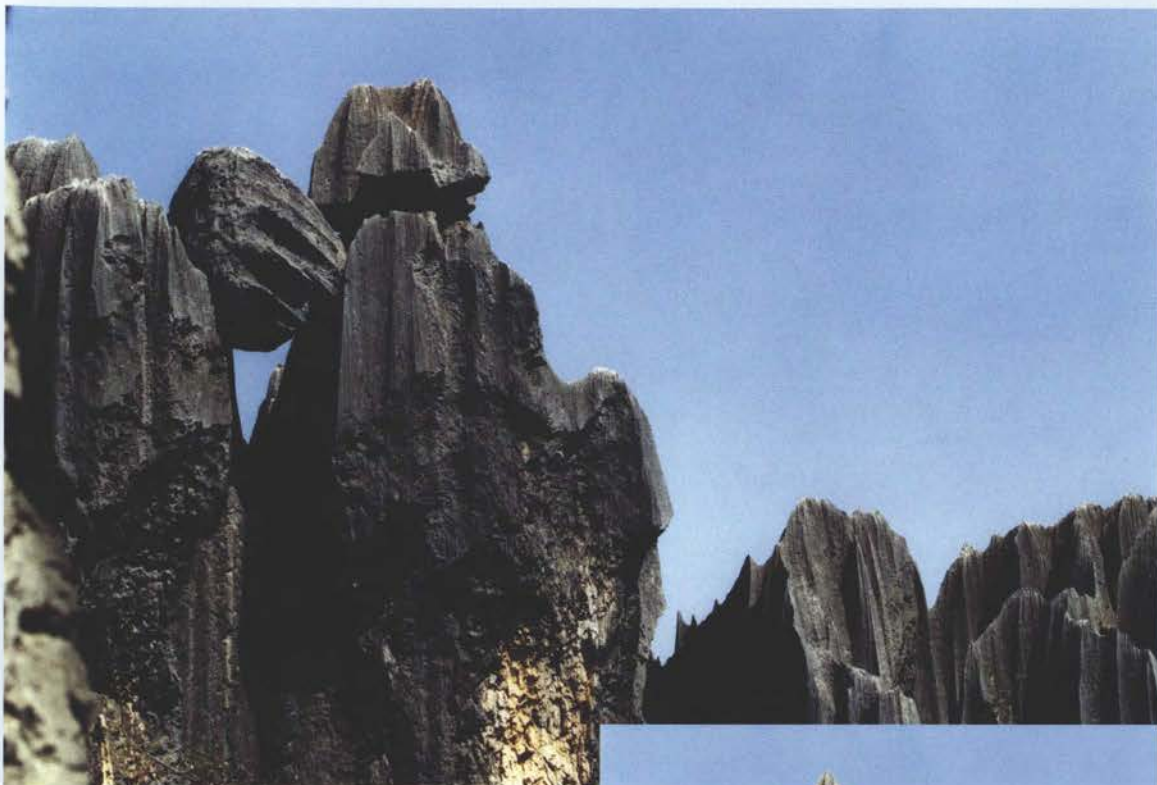
stupning har skapat olika typer av kolonner; långsmala, koniska, breda, solitära och i "kolonier". De dominerande kolonnerna intill den stig som vi följde gav bl.a. ett intryck av dolomit- och revkalkstenstyp, bildad i sluttningar på ett grundmarint peneplan.

Enligt uppskattningar och ingående undersökningar av berggrunden i Shilin omfattar den Maokou-formationen (227–311 m) och Qixia-formationen (139–231 m), kalkstenar och dolomiter, bildade under äldre perm. I berggrunden ingår också basalter från yngre perm (Ermeishan-formationen). Yngsta avlagringarna, röd slamsten, silsten, sandsten och konglomerat är av tertiär-kvartär ålder. De har utgjort, och utgör fortfarande på spridda ställen, ett täcke över den permiska karbonatberggrunden.

Det nuvarande klimatet i Shilin-området är av subtropisk monsuntyp med hög fuktighet, vilket stimulerar en fortsatt karstvittring. Det är inte bara höga kolonner som karakteriserar stenskogen, utan också grottbildningar, små sjöar och bäckar. Längs slingrande gångar av varierande bredd kan man vandra genom den höga stenskogen. Då och då går



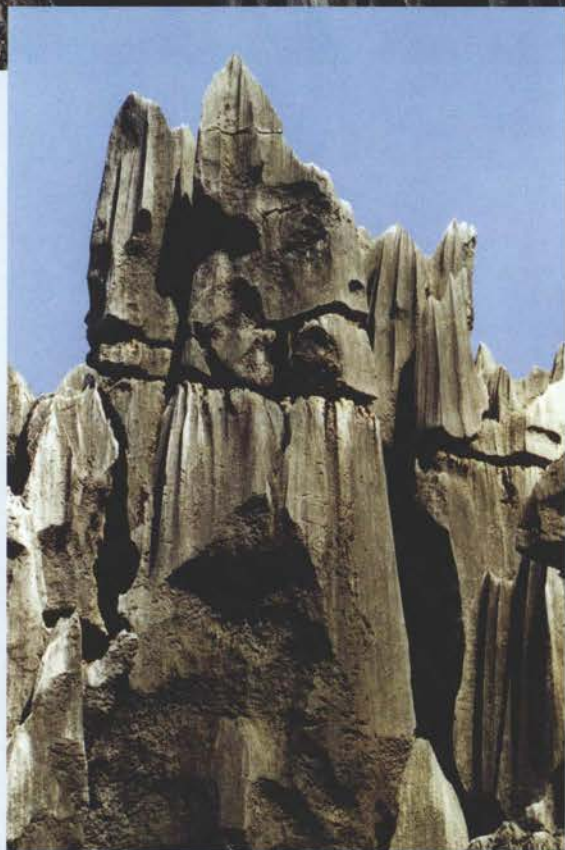
Yi-kvinna i folkdräkt. Yi är en av tolv tibeto-burmanskspråkiga minoriteter i Yunnan. Den omfattar ca 3 miljoner människor. Stenskogens befolkning hör till Yi-folket. Foto Maj Norling.



Ovan: Shilin ligger inom en seismologisk störningszon. På flera ställen såg vi att stora block rasat ned från topparna i samband med jordskalv. Foto Erik Norling.

Till höger: Toppdel av kalkstenskolonn. Notera den horisontella sprickan. Foto Erik Norling.

Nedan: Toppen av kalkstenskolonner med horisontell spricka. Foto Erik Norling.



0860

minskad stromatolitdiversitet

0860

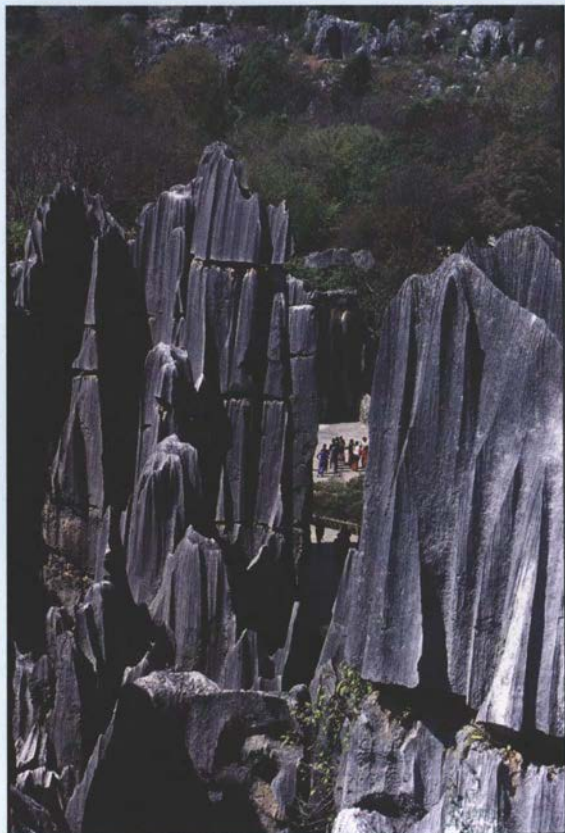
Ton
Kryogen

0850

0850

0840

0840



Motiv från Stenskogen Shilin. Foto Erik Norling.



Kvinnor från den etniska minoriteten Yi, Shilin. Foto Erik Norling.

stigen genom tunnlar och av och till kommer man ut på mera öppen mark, ibland med en liten sjö och kanske ett litet vattenfall från en högre belägen bäck. Ett fascinerande, trolskt landskap.

Shilin ligger inom Nanpanflodens norra dräneringsområde. Floden är huvudsakligen en öppen flod, men här och där övergår den till ett underjordiskt vattendrag. Sammanlagt finns i Shilinområdet ett 80-tal mindre sjöar, och tillrinningsbäckar mot floden har flera underjordiska förgreningar som kan ses i ett stort antal "karstfönster".

Stenskogen är ingalunda ett sterilt karstlandskap. Här finns en vegetation av subtropisk karaktär. Man ser blandskog av både lövträd och barrträd; ekar, alar, almar, "evergreen-träd" och olika arter av tall, liksom *Berberis*-växter, fetbladsväxter (*Sedum*) och åkerbärsliknande växter (*Rubus*). Beträffande faunan i Shilinområdet har, enligt inventerare, 185 vertebratarter noterats, varav 42 däggdjur, 87 fågelarter (säker-

ligen många övervintrande flyttfåglar), 32 reptiler, 12 groddjur och 12 fiskarter. Grottorna i karstlandskapet har en speciell fauna; bl.a. speciella fiskar och fladdermöss, liksom en del akvatiska insekter.

Referenser

- Norling, E., 1996: Jordbävningen i Yunnan – en katastrof med lång förhistoria. *SGU Information* 1996:1, 18–19.
www.karst.edu.cn/guidebook/shilin
 Zhang, S., 1984: *Geological map of Shilin*. University of Natural Science and Technology, Kunming.

*Erik Norling är docent och pensionerad statsgeolog och numera verksam vid Naturhistoriska riksmuseet;
 erik.norling@nrm.se*

Kraflaeldarna 1975–1984

När vulkanen Krafla började röra på sig för 30 år sedan inleddes en 10 år lång jordbävnings- och utbrottsepisod som kom att bli en av de mest studerade spridningsepisoderna genom tiderna. Här berättas om utbrottet och vulkanens tidigare historia.

Lavafontäner längs en 7 km lång spricka vid utbrottet 18–23 oktober 1980. Foto Halldór Ólafsson.

AV ERIK STURKELL

Den 20 december 1975 inleddes en utbrottsepisod och en accelererad plattspridning på ytan av Kraflavulkanen på norra Island (se karta till höger). Episoden skulle fortgå fram till 1984. Före utbrottet hade vulkanen varit inaktiv sedan början av 1700-talet.

Året 1966 byggde man en fabrik i Bjarnarflag (kartan nedan till höger), som utnyttjade de tjocka (runt 4 meter i medeltal) lagren av döda kiselalger (diatoméer) i sjön Mývatn och den geotermala energi som finns i överflöd. Ett mindre elkraftverk (3 MW) byggdes för att försörja fabriken och bygden med elström. Detta lilla kraftverk var det första på Island som utnyttjade geotermisk energi. Sjön Mývatn har en hög tillströmning av kisel, vilket lakas ut tillsammans med andra viktiga näringsämnen av den geotermiska cirkulationen. Det är tillgången på kisel som ger kiselalgerna dess snabba tillväxt. Kisel fabriken var verksam fram till slutet av år 2004 då man hade pumpat upp det mesta av kiselslammet från den norra delen av Mývatn. De goda erfarenheterna av det lilla kraftverket ledde till att man år 1968 började diskutera möjligheterna att anlägga ett större geotermiskt kraftverk i området. Man började planera för ett kraftverk på 60 MW med två

ångturbiner i närheten av Námafjall. Naturvårdsmyndigheterna rekommenderade däremot att kraftverket skulle utnyttja de närbelägna geotermala områdena i Kraflavulkanen (Leirbotnar) och man började med prospekteringen där 1969.

Krafla

Vulkanen Krafla ligger på den mittatlantiska spridningsryggen, som glider isär med ca 1 cm/år i vardera riktningen, och är centralt placerad i en spricksvärm som är upp till 10 km bred och 80 km lång. Krafla består av en kaldera och en sprickzon. Detta brukar refereras till som ett vulkansystem. Kalderan (se kartan nedan till höger), som är ungefär 70 000 år gammal, bildades under den senaste interglaciala perioden. Kalderan är fylld av basalt och dess yttre former kan endast konstateras genom geologisk kartering. I mitten av kalderan, där sprickzonen genomskär kalderastrukturen, ligger en hyoklastitrygg som heter Leirhnjúkur. Denna bildades under ett subglacialt utbrott under den senaste istiden. Leirhnjúkur är viktigt som landmärke

0790

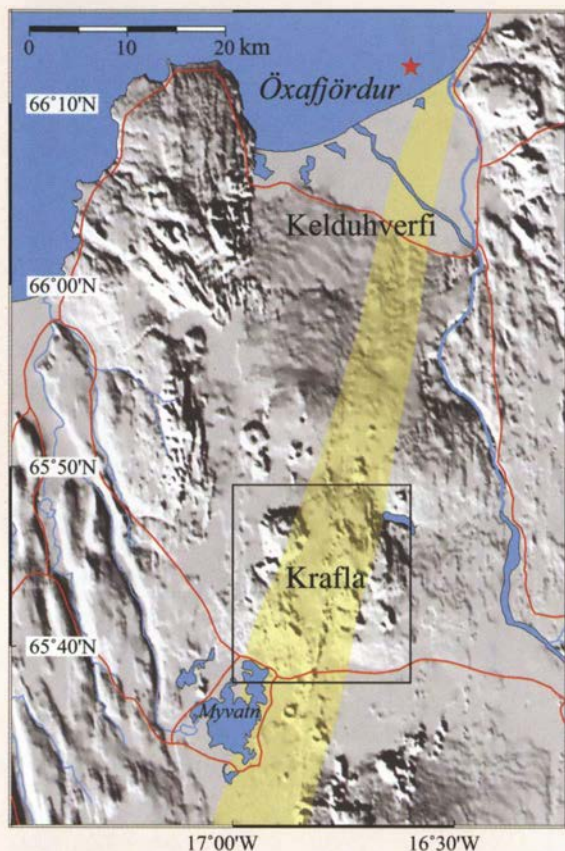
0780

0770

0790

0780

0770



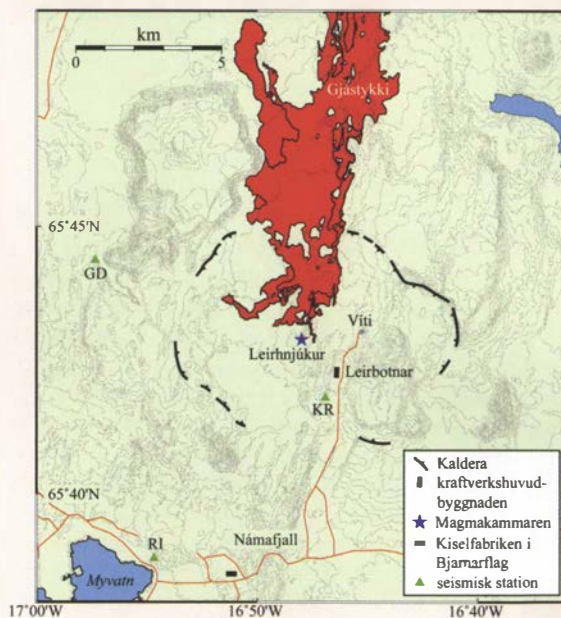
Översiktsskarta över den norra spridningszonen på Island. Hela området från Mývatn till Öxarfjörður var aktivt under perioden 1975 till 1984. Stjärnan markerar epicentret för det största jordskalvet som hade en magnitud på 6,5. Det gulfärgade området markerar Krafla sprickzon.

i den fortsatta redogörelsen för Kraflautbrottet. Bergartssammansättningen i Krafla är bimodal; basalt, från utvecklade olivinthetaleitter till kvartstholeitter, och subalkalina rhyoliter. Desenare förekommer längs kalderakanten. Basaltfyllningen av kalderan består av kvartstholeitter medan lavorna norr om kalderan (Gjástykki) är olivinthetaleitter. Sprickeruptioner dominerar helt i Krafla.

Mývatnseldarna

Från tiden före 1724 har man inga uppgifter om någon historisk vulkanisk aktivitet i Krafla, men detta år inleddes en utbrotts- och spridningsepisod

(Mývatnseldarna) som skulle pågå till 1729. Den 17 maj 1724 bildades en rad av explosionskratrar där kratern Viti, med en diameter på omkring 200 meter, var den största. Aktiviteten i Viti varade inte mer än två dagar, men den var en kokande lergröta under de kommande hundra åren. Nästa spridningshändelse inträffade i april och september 1725. Inga lavaflöden var förknäpade med dessa spridningsepisoder utan magman "fastnade" i skorpan som intrusioner (gångar). Sedan noterades ingen större aktivitet förrän i augusti 1727, då en sprickeruption som producerade lava började vid Leirhnjúkur. Fyra episoder med utbrott skedde fram till september 1729 då utbrotten tog slut. I april 1728 skedde två små utbrott när sprickor öppnades där kiselfabriken idag ligger. När utbrottsepisoden var över hade lavaströmmen nått den norra stranden av Mývatn. På sin väg hadelavan begravt tre gårdar. Området som täcktes av ny lava var 33 km² och volymen har beräknas till cirka 0,25 km³. År 1746 rapporterades jordskalv och jordskorperörelser och man fann nytt material på några plaster längs 1727–29-sprickan, men det var endast mycket små volymer. Sedan gick Krafla i dvala de kommande 229 åren.



Karta över Kraflavulkanen med de namn som förekommer i texten. Tre stationer i det seismiska nätet (trianglar) ligger i vulkanens direkta närhet, dessa är Reynihlið (RI), Kraflakraftverk (KR) och Gæsadal (GD). Centrum för de upplyftningar och insjunkningar som ligger vid Leirhnjúkur, markerad med en stjärna. Kalderans ytterkontur är tecknad efter förlaga från Kristján Sæmundsson (1991). Röda fälten visar utbredningen av lavaflödena. Höjddkurvorna har 20 meters ekvidistans.

0760

0750

0740

superkontinenten Rodinia bryts upp

superkontinenten Laurentia bildas

0760

0750

0740



En av de aktiva kratrarna vid utbrottet i oktober 1980. Foto Halldór Ólafsson, 19 oktober 1980.

Något börjar ske

De första indikationerna om en begynnande aktivitet i Krafla kom efter installationen av ett seismiskt nätverk på norra Island under hösten 1974 och sommaren 1975. När man började analysera (lokalisera) jordskalven kom det fram att ett förvånande stort antal av dessa skedde under Leirhnjúkur i Krafla (se karta föregående sida). Denna aktivitet sporrade till att det seismiska nätverket byggdes ut ytterligare med en station i Reynihlið (RI) cirka 10 km från Leirhnjúkur i juli 1975. De följande månaderna registrerades fortgående aktivitet. Detta tolkade man inte bara som den "normala" bakgrundsaktiviteten utan man misstänkte att något var på gång. Jordskalvssvärmarna passerade inte ombemärkt i området eftersom de största skalven nästan nådde magnitud 4. Det seismiska nätet byggdes ut ytterligare med två stationer, Kraflakraftverk (KR) och Gæsadál (GD). Man spekulerade om orsaken till dessa jordskalv och kom med olika hypoteser, men man kunde inte föreställa sig vad Kraflavulkanen skulle åstadkomma under de närmaste tio åren.

Kraflaeldarnas början

Utbrottssekvensen och spridningsepisoden 1975 till 1984 har fått namnet Kraflaeldarna. Den har många likheter med de tidigare Mývatnseldarna. Kraflaeldarna är den bäst dokumenterade spridningsepisoden på en mittoceanisk spridningsrygg genom tiderna.

Det började som en jordskalvssvärm på förmiddagen den 20 december 1975. Femton minuter efter att jordskalven börjat öppnades en kort spricka vid Leirhnjúkur. Utbrottet varade bara ca 2 timmar, men nu hade Krafla vaknat. Jordskalven fortsatte och de var så kraftiga att de kändes ända nere i bebyggda trakter (Mývatnsområdet).

Under hösten 1975 hade man börjat en omfattande borrhning av geotermala hål och samtidigt började man att uppföra huvudbyggnaden för Kraflakraftverket. När man gjorde en avvägning den 18 januari 1976 av den 70 meter långa gjutna grundplattan uppdagades att den norra änden hade sjunkit 48 mm relativt den södra i förhållande till den tidigare avvägningen från den 26 november 1975. Denna relativa höjdförändring motsvarar en insjunkning med cirka 600 μ rad. I augusti 1976 installerades en lutningsmätare som består av en 69,5 m lång slang med glaströr i ändarna orienterad i N13°E. Vätskenivåerna i glaströren avlästes dagligen de kommande elva åren (se grafen på sidan 14). Tidigare avvägningsdata kompletterade lutningskurvan fram till installationen i augusti 1976. I augusti 1977 installerades en elektronisk lutningsmätare i kraftverket. Denna visade lutningsförändringar i två riktningar. Den ena komponenten hade samma orientering som långväggen i kraftverksbyggnaden och de två mätarna gav nästan identiska mätvärden. Det var det seismiska nätet och dessa två lutningsmätare som gav den bästa informationen om upplyftningen och insjunkningen av den grunda magmakammaren (cirka 3 km djup) vid Leirhnjúkur under hela utbrottssekvensen.

Jordskalven den 20 december 1975 var koncentrerade till två områden längs spricksvärmen, med en grupp i närheten av Leirhnjúkur och en grupp som migrerade norr ut från Gjastykki. Efter några få timmar hade jordskalven migrerat norrut till Kelduhverfi (översiktskarta på sidan 11). Jordskalvsaktiviteten i dessa två områden pågick till mars 1976. De största jordskalven i Kraflaområdet nådde en styrka av magnitud 5, men det var i Öxafjörður som det största skalvet inträffade. Det skedde den 13 januari 1976 och hade magnituden 6,5.

Vid Leirhnjúkur sjönk marken med mer än 2 meter och de gamla sprickorna vidgades och nya bildades i spricksvärmen. Detta skedde från Mývatnsområdet i söder till Öxafjörður i norr. I Kelduhverfi öppnades sprickor bl.a. i huvudvägen. Öppningsbeloppen på



Guðmundur E. Sigvaldason fotograferar lavafontäner under utbrottet mellan den 18 och 23 oktober 1980. Foto Halldór Ólafsson den 19 oktober.

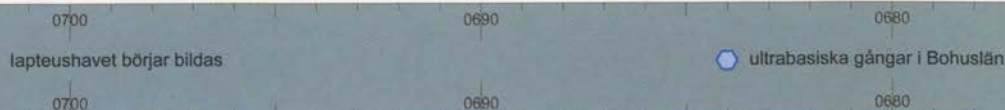
sprickorna var 1–1,5 meter och den centrala delen av spricksvärmen sjönk med cirka 1 meter.

Redan i januari 1976 var Leirbotnarsområdet mätat med avgasad magmatiskt CO_2 . Detta medförde att det geotermiska systemets egenskaper hade förändrats avsevärt från vad prospekteringen hade visat. Fumarolernas avgasning mångfaldigades och flödet i borrhålen blev gasrikare.

Mot slutet av september 1976 tilltog jordskalvsaktiviteten på nytt och marken sjönk igen. Detta indikerade att magma lämnade kammaren, men det blev inte något utbrott! I samband med att marken sjönk tillbaka noterades att jordskalven migrerade cirka 15–20 km längs spricksvärmen norr om kalderan. Detta tolkades som att en gång bildades och att magman fastnade på några kilometers djup.

Spridningsepisoden 1975–84

Detta mönster med insjunkning vid Leirhnjúkur och migration av jordskalv och bildning av gångar skulle upprepa sig vid ett flertal tillfällen. Man började också se ett mönster av hur mycket marken hade stigit när jordskalvsaktiviteten tilltog. När marken hade lyfts upp mer än vid det senaste tillfället då magma hade lämnade magmakammaren, kunde man vänta sig jordskalvssvärmar. Detta inträffade i slutet av oktober 1976 och under senare delen av januari 1977 (se grafen på nästa sida). Nästa tillfälle detta mönster upprepade sig var i februari–mars 1977. Återigen sjönk marken och jordskalven tilltog. Vid detta tillfälle, i april 1977, migrerade jordskalven söderut till Bjarnarflag. Denna dag härjade en snöstorm i området och tillsammans med snön kom mörka partiklar. Detta togs som en möjlig indikation på ett utbrott. Nästa dag, då vädret





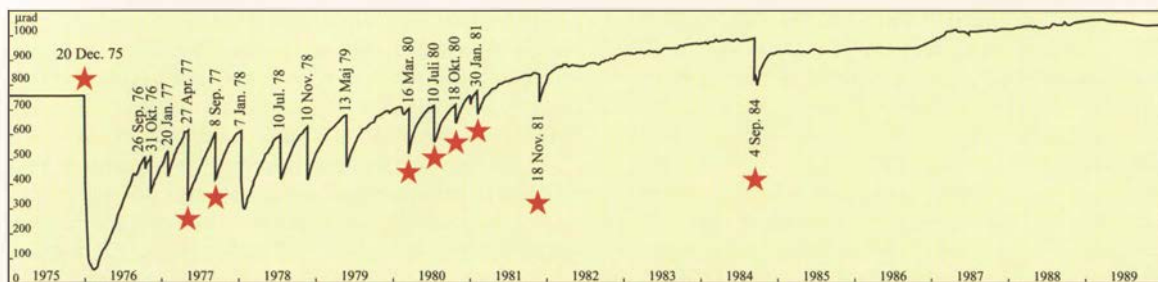
"Kiselfabriken" med Mývatn i bakgrunden. Bilden är tagen från Námafjall. Kring fabriken byggde man upp skyddsvallar som skulle styra bort hotande lavaströmmar. Utbrottet utvecklade sig så att dessa skyddsvallar inte behövdes, men det kunde man inte veta då.

hade blivit bättre, uppdagades att ett litet utbrott hade skett vid Leirhnjúkur.

Den 8 september började en ny insjunkning och jordskalvssvärm. Nu öppnades en 900 meter lång spricka där lava strömmade ut. Sprickan låg i den norra delen av kalderan och på kvällen började jordskalven migrera söder ut mot Bjarnaflag. Nästa dag konstaterade man att det hade varit ett litet utbrott (2 ton material) upp igenom ett borrhål i Bjarnaflag. Vid detta tillfälle vidgades sprickor med cirka en meter. Man blev också orolig för "Kiselfabriken" då en lavaström skulle kunna ödelägga den. Man uppförde skyddsvallar kring fabriken för att styra bort ett eventuellt lavaflöde (se fotot ovan). Nu återupprepades cykeln fyra gånger (se nedan) med att marken höjde sig och sedan snabbt sjönk i samband med att jordskalven tilltog för att sedan oftast migrera norrut.

Den 16 mars 1980 kom nästa insjunkningsperiod men nu öppnades en eruptionsspricka norr om Leirhnjúkur. Detta utbrott höll endast på i 6–7 timmar. Jordskalven höll dock i sig och migrerade söderut. Vid detta tillfälle var sprickan aktiv både norr om Leirhnjúkur och söderut till Bjarnaflag.

Under utbrottet i mars var Eysteinn Tryggvason och Halldór Ólafsson ute för att genomföra geodetiska mätningar. Det var vinter och de färdades på snöskotrar. De ser hur en eruptionsspricka öppnar sig och ur denna reser sig lavafontäner och lava strömmar ner för den lilla sluttningen mot dem. Halldór fotograferar utbrottet (se fotot till höger), och nu inser de att lava kommer mot dem i hög hastighet! Snöskotrarna sviker dem inte och de lämnar platsen i full fart mot en högre nivå. De kom båda undan den kvickt strömmande lava, som rann som vatten! Vad som hände vid detta



Tidserie med lutningsmätningar gjorda i Kraflakraftverkets huvudbyggnad. Ökande mikroradianer visar upplyftning av marken ovanför magmakammaren vid Leirhnjúkur. De nio utbrotten är markerade med stjärnor. I augusti 1976 installerades en vätskelutningsmätare längs huvudbyggnadens vägg. Lutningsförändringarna dessförinnan har beräknats utifrån avvägningar av kraftverkets bottenplatta. Bilden är omritad efter Tryggvason (1995).



Den 16 mars 1980 öppnades en ny eruptionsspricka i Krafla och direkt reste sig en vägg av lavafontäner. Notera att väggen saknar explosionspelare och aska. Detta indikerar ett lågt gasinnehåll. Det ringa vatteninnehållet är upplöst i lavan och gör denna mycket lättflytande, vilket Eysteinn och Halldór noterade. Foto Halldór Ólafsson.

tillfälle var att lavan hade ett lågt vatteninnehåll, men vattnet var helt upplöst i lavan, vilket gjorde den ytterst lättflytande och mellan snön och lavan bildades ett skikt med ånga. Detta skikt fungerade som en luftkudde som lavan flöt på, och även en liten nedförsbacke gav lavan en hög hastighet.

Nu började utbrottets karaktär att ändras från att domineras av migrerande jordskalv och intrusioner av gångar till att magman nådde markytan och att utbrott skedde.

I maj 1980 hade marken höjt sig mer än den föregående nivån och marken fortsatte att lyftas fram till juli, då det förbyttes i insjunkning. På detta följde jordskalv vilka migrerade mot norr. Lava strömmade ut från flera sprickor just söder om Gjástykki. Utbrottet koncentrerades efter en dag till ett enda område och det höll på en vecka. Nästa utbrott inträffade i mitten av oktober 1980 och det följde det vanliga programmet. En 2,3 km lång eruptionsspricka öppnades norr om Leirhnjúkur i den inledande fasen och bara efter några

timmar hade sprickan blivit 7 km lång (vinjettfotot och fotot på nästa sida) och var uppdelad i flera segment. Efter några dagar koncentrerades aktiviteten till ett mindre område där kratrar byggdes upp. Detta utbrott varade från den 18 till den 23 oktober.

I slutet av januari upprepade sig den nu karaktärisiska sekvensen. Utbrottet följde en 2 km lång spricka första natten, och den aktiva delen av sprickan blev kortare med tiden. Detta utbrottet varade i fem dagar.

Det dröjde till den 18 november 1981 innan en eruptionsspricka öppnade sig 1 km norr om Leirhnjúkur. Efter tre timmar hade utbrottet nått sitt klimax och nu var en 8 km lång spricka aktiv. Utbrottet pågick till den 23 november.

Fram till augusti 1982 hade vulkanen perioder under vilka marken höjdes snabbare och jordskalvsintensiteten ökade, för att sedan lungna ner sig. Ju längre tid som förflöt desto mer sporadisk blev aktiviteten och en relativt måttfull höjning av marken ovan



Lavaströmmar som kommer från den eruptionsspricka som öppnade sig på kvällen den 18 oktober 1980. Foto Halldór Ólafsson den 19 oktober.

magakammaren gav upphov till diskussioner om huruvida utbrottsepisoden var över.

Den 4 september 1984 tog diskussionen slut i och med att ett utbrott inleddes. Marken rämnade på två platser sent på kvällen den 4 september, sprickan växte till och bildade en eldvägg. Efter en timme var en 8,5 km lång spricka verksam (den bestod av ett flertal segment). Den 7 september hade utbrottet koncentrerats till två platser längs sprickan och utbrottet tog slut den 18 september. Detta sista utbrott var det största under hela Kraflaeldarna.

Efter utbrottet i september 1984 observerades inflöde av magma in i den grunda magmakammaren (upplyftning av marken) fram till 1989. Då hade marken vid Leirhnjúkur höjt sig 1,5 m över nivån före det första utbrottet 1975. Lavan från Kraflaeldarna täcker en yta av 36 km² och har en volym på 0,25 km³, det är nästan identiskt med mängden lava som genererades vid Mývatsseldarna. Dock var det större volymer än de som nådde upp till ytan som var i cirkulation under Kraflaeldarna. Det har beräknats att upp till 1 km³ av material kom in i den övre skorpan under denna episod. Under plattspridningsepisoden var ca 80 km

av plattgränsen verksam och den spred sig upp till 9 meter.

Vad hände sen?

År 1989 förbyttes upplyftningen till insjunkning av marken ovanför den grunda magmakammaren vid Leirhnjúkur. Eysteinn Tryggvason (1994) konstaterade att under de första åren var insjunkningshastigheten ca 5 cm per år. Detta tolkas som en indikation på att magman börjar att stelna. När en magma kristalliserar och avgasas minskar dess volym med 10–12%. I Krafla var det inte bara den stelnde magmakammaren som orsakade insjunkning av marken utan också utvinningen av geotermisk energi. De flesta aktiva borrhålen ligger i anslutning till kraftverket i Leirbotnar, och även här skedde en insjunkning av marken som orsakas av utvinning av hett vatten. Under de första åren under nittioalet var det insjunkningen vid Leirhnjúkur (magmakammaren) som dominerade. Men mot slutet av nittioalet hade insjunkningshastigheten, som orsakades av den stelnde magmakammaren avtagit till ca 0,5

0600
äldsta "moderna" fossil (sjöanemonliknande)
global nedisning (Varanger-Marinoiska istiden)

0590
äldsta Ediacara-
livsformerna

0580
karbonatiter och alkalina
bergarter på Ainön



Eysteinn Tryggvason, Hjörtur Tryggvason, Guðmundur E. Sigvaldason, Magnus Ólafsson, Karl Grönvold och Páll Einarsson studerar brinnande vulkaniska gaser under oktoberutbrottets tredje dag. Huvuddelen av de vulkaniska gaserna består av vattenånga och CO_2 . De brännbara gaserna som utgör bortåt en tredjedel av den totala mängden, är huvudsakligen H_2 , CH_4 , CO och SO_2 . SO_2 gasen förbränns till SO_3 -gas, som är svavelsyrans viktigaste anjon när den förbinds med H_2O (svavelsyradroppar är en del av eruptionsprodukterna). Foto Halldór Ólafsson den 20 oktober, 1980.

cm per år. Nu hade insjunkningen i Leirbotnar blivit den mest dominerande.

Kraflaeldarna gav mycket information om hur mekanismerna under en spridningsepisod fungerar. Troligen får vi vänta ett bra tag innan plattgränsen vid Krafla blir lika aktiv igen, men detta gör inte Krafla och Mývatns-området mindre intressant. Och vem vet när magman börjar samlas på andra spridningssegment. När detta inträffar kommer observationerna från Krafla att vara en ytterst betydelsefull erfarenhet.

Slutord

Material till denna artikel har framför allt hämtats ur artiklar av Kristján Sæmundsson (1991) och Páll Einarsson (1991), presenterade i en bok om Mývatnets natur. Dessutom har jag fått information från Nordiska vulkanologiska institutet.

Litteratur

- Einarsson, P., 1991: Umbrotin við Kröflu 1975–89. I A. Garðarsson & Á. Einarsson (red.): *Náttúra Mývatns*, 96–139, Hið íslenska náttúrufræðifélag, Reykjavík.
- Sæmundsson, K., 1991: Jarðfræði Kröflukerfisins, I A. Garðarsson & Á. Einarsson (red.): *Náttúra Mývatns*, 24–95, Hið íslenska náttúrufræðifélag, Reykjavík.
- Tryggvasson, E., 1994: Surface deformation at the Krafla volcano, north Iceland, 1982–1992. *Bulletin of Volcanology* 56, 98–107.
- Tryggvason, E., 1995: Optical levelling tilt stations in the vicinity of Krafla and the Krafla fissure swarm. Observations 1976 to 1994. *Nordic Volcanol. Inst., Report 9505*, Reykjavík. 218 sidor.

Erik Sturkell är forskare vid Nordiskt vulkanologiskt center, Reykjavíks universitet; sturkell@hi.is

0570



äldsta metazoa-embryonen

0560

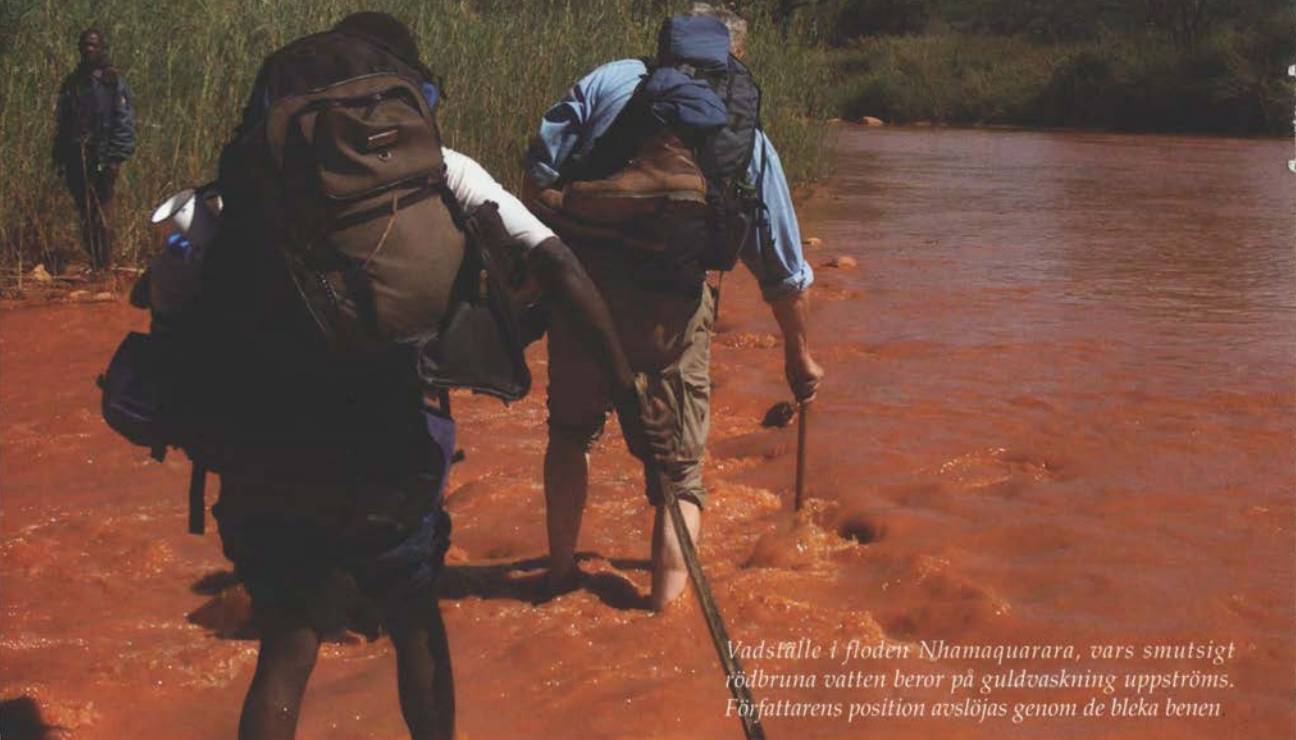
0560

0550

Panafrikanska orogenesen, superkontinenten Gondwana bildas

0550

I fält i Moçambique



Vadställe i floden Nhamaquarara, vars smutsigt rödbruna vatten beror på guldvaskning uppströms. Författarens position avslöjas genom de bleka benen.

Kortare eller längre perioder av fältarbete är en viktig del av många geologers dagliga arbete, om man har tur på väldigt exotiska platser. I artikeln berättas om hur det kan gå till att fältarbete i södra Afrika, med giftiga växter, rytande lejon och misstänksamma poliser.

AV CHRISTER ÅKERMAN

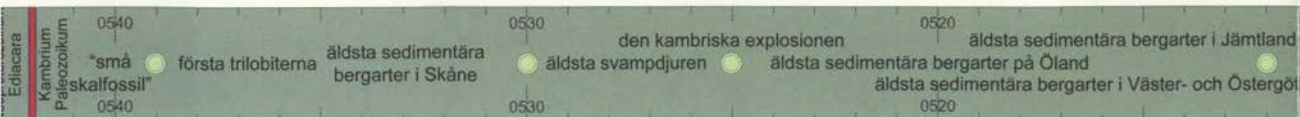
Projektets bakgrund

År 2002 undertecknades ett kontrakt mellan Ministeriet för Mineralresurser och Energi i Moçambique och ett konsortium bestående av de geologiska undersökningarna i Finland (GTK), Sverige (SGU) och Danmark (GEUS), International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) i Nederländerna och Gondwana Lda i Moçambique.

Kontraktet avsåg geologisk kartering av 'Lot 2', ett av flera områden inom ramen för projektet MINERAL RESOURCES MANAGEMENT CAPACITY BUILD-

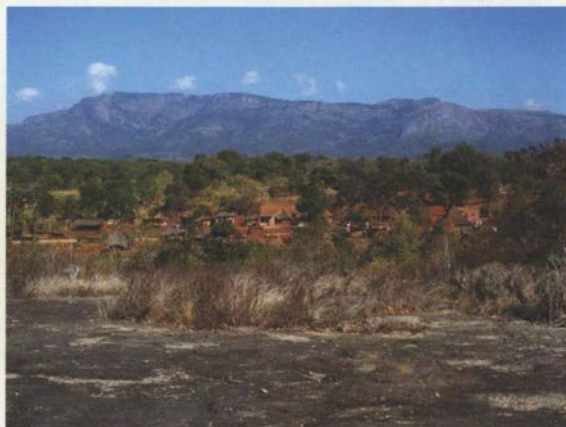
ING PROJECT, Component 2: Geological Infrastructure Development Project (GIDP), NDF Credit 335. Området Lot 2 (fig X) omfattar ca 165000 km², en yta som är större än Norrbottens och Västerbottens län tillsammans, och ligger i den centrala västra delen av Moçambique.

Projektet finansierades genom ett lån från IDA (International Development Association) till regeringen i Moçambique och en parallell finansiering från NDF (Nordic Development Fund). Syftet med projektet har





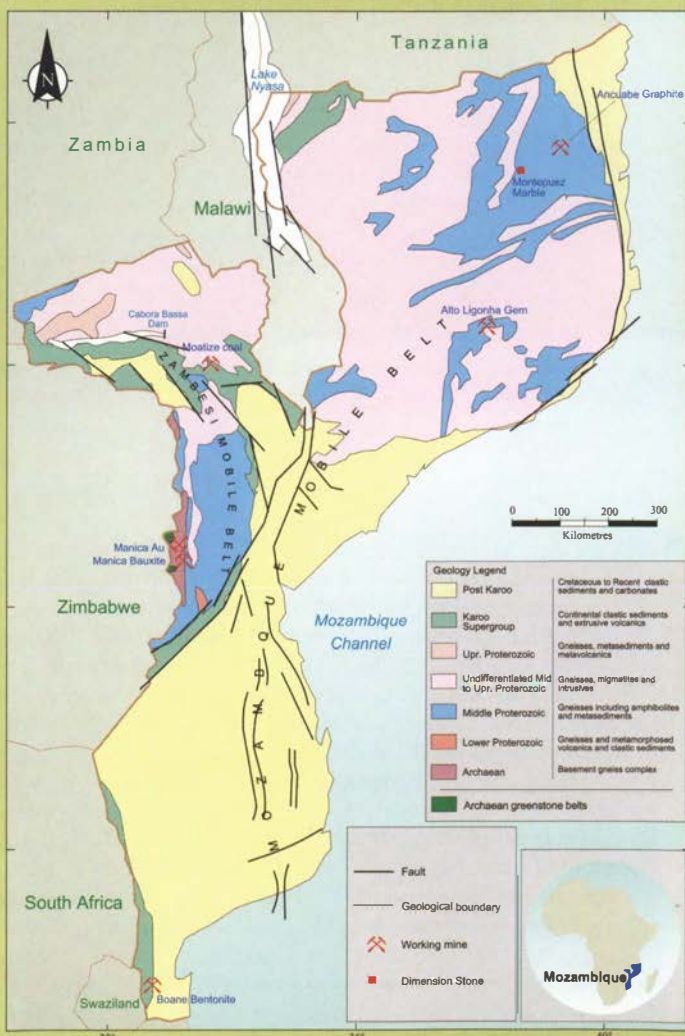
Vägarna är dåliga. Persontransporter sker oftast på överfulla pick-upbilar eller i minibussar.



Byn Nhandira. I bakgrunden ses Phangabergen med högsta toppen drygt 1800 m ö h. Stora flata hållar av omvandlad granit till granodiorit i förgrunden.

Geologisk teckenförklaring

Miljoner år	period	Lokalt	Bergartsbildning
2	Kvartär	Post-	Klastiska sediment
65	Tertiär	Karoo	och karbonater från
145	Krita		krita till recent tid
200	Jura	Karoo	Kontinentala klastiska
251	Trias	Övergrupp	sediment och vulkaniter
1000	Neo-Proterozoikum		Gnejser, metasediment och metavulkaniter
1300	Meso-Neo-Proterozoikum		Gnejser, migmatiter och intrusivbergarter
1600	Meso-Proterozoikum		Gnejser inkluderande amfiboliter och meta-sediment
2500	Paleo-Proterozoikum		Gnejser och omvandlade vulkaniter och klastiska sediment
	Arkeikum		Basalt gnejskomplex Grönstensbälten



0510
första graptoliterna
and
0510

0500
första bergskedjeveckningen i fjällkedjan

0490
Kambrium
Ordovicium
0480
äldsta krypspår på land
trondhjemitintrusioner i fjällkedjan
äldsta sedimentära bergarter i Dalarna
0480



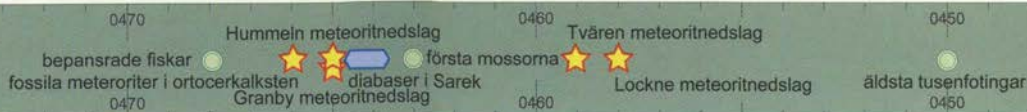
Monte Chanera. Den rundade formen på berget uppstår typiskt då djupbergarter som graniter, granodioriter (som i detta fall), tonaliter och gabbror vittrar ner genom 'avskalning' varvid ytan ramlar av som tunna kakor likt skalen på en lök.

Fältarbete

varit att förse Moçambique med ett modernt underlag av geologiska kartor för att på så sätt få igång investeringar inom mineralsektorn och öka inkomsterna för det mycket fattiga landet. Det ursprungliga kontraktet omfattade perioden 2003–2005, men utökades i januari 2004 till att även omfatta hela 2006. Kontraktpriset för Lot 2 utökades samtidigt med 366000 EUR (knappt 3,5 Mkr) till totalt 4266000 EUR, dvs drygt 40,5 Mkr räknat på dagens kurs. Geologiska Forskningscentralen i Finland (GTK) var huvudpartner i konsortiet och hade tio fältgeologer med i projektet, medan SGU och ITC deltog med två fältgeologer var och Gondwana Lda deltog med 2–3 fältgeologer. GEUS från Danmark hade ingen personal på plats i Mocambique. Den geologiska kartläggningen kommer att redovisas på 16 kartor i skala 1:250000 samt 26 kartor i skala 1:50 000.

I slutet på maj år 2003 flög jag via Frankfurt i Tyskland och Johannesburg i Sydafrika till Moçambique. Efter drygt 22 timmars resa steg jag äntligen ur planet i Maputo. Det tog lång tid att få ut resväskan från tullen p g a gammal hederlig byråkrati, med mindre förhör och undersökning. Väl utkommen på andra sidan möttes jag av Tapio Lehto från GTK som skjutsade mig till hotell Cardoso, där så småningom flera projektmedlemmar dök upp och deltog i den följande middagen. På kvällen tog jag den andra malariatabletten, av märket Lariam – den värsta sorten – den första hade jag tagit en vecka innan jag åkte.

Dagen därpå besökte vi Direccao Nacional de Geologia (DNG) för inventering av tillgängligt kartmaterial. Jag besökte också ett växlingskontor och bad om den inhemska valutan meticais för 1000 USD. För det fick jag en hel påse med pengar, närmare bestämt



23,8 miljoner meticais. Det skulle enligt beräkningarna räcka åtminstone en månad. I Mocambique kostar en ordinär måltid, inklusive en stor öl, ca 240000 meticais, d v s ungefär 10 USD eller 77 svenska kronor. Hotelrummet kostade 85 USD per dygn.

Följande dag visade en av projektmedlemmarna, André Tahon (en belgare som arbetade åt ITC) det omfattande och imponerande arbete som han lagt ner på att framställa tolkningskartor utifrån information från radiometrisk undersökningar, satellitbilder (Landsat) och flygmagnetiska undersökningar.

Söndagen den 1 juni flög jag från Maputo till Tete provinsens huvudstad Tete som ligger vid Zambesifloden, en resa som tog drygt 2,5 timmar.

I Tete hade vi ett kontor, och härifrån körde man ut till baslägren och arbetsområdena. I Tete är det alltid varmt och gott om myggor, så det var tur att man åt malariatabletter. Efter diverse genomgångar och inköp av bland annat en halmhatt mot solen och en liten japansk resväska åkte vi iväg till baslägret vid Capoche floden, en bilresa som tog drygt två timmar. När vi kom fram restes tälten snabbt innan mörkrets inbrott, som sker vid sextiden. Det är viktigt för att undvika objudna gäster i tältet. När jag installerade mig i mitt tält märkte jag att den nyinköpta japanska resväskan hade gått sönder under resan, men nu var vi i alla fall framme och kunde börja arbeta.

Det var kyligt på morgonen, bara 11–12°C. Efter som jag bara tagit med mig tunna t-shirtar och min sovsäck inte var av den varmare sorten, fick jag klä på mig alla kläder jag hade med mig för att få nattsömn. Vid 06.30-tiden serverades frukost som kocken John hade tillagat. Efter att ha försett ryggsäcken med



Expedition i Phangabergen vid gränsen till Zimbabwe. Lokala bärare och guider samt geolog från Mocambiques geologiska undersökning, DNG (längst till höger).

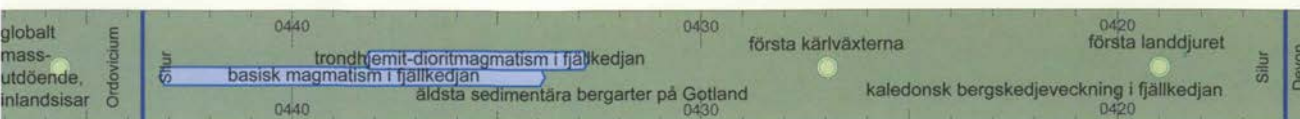
lunch, som bestod av energidrycken Maheu, bröd och någon konservburk med sardin och/eller tonfisk, åkte vi (Tuomo, Andre, Hannu och jag) iväg till de första blottningarna, som bestod av arkosiska till kvartsitiska metasediment. På eftermiddagen fick vi se de första babianerna. Det var en flock på femton till tjugo individer och jag hann lägga märke till den stor babianhannens decimeterlånga huggtänder. De var mycket imponerande och respektingivande. Strax efteråt kom vi fram till några rykande svartbrända kullar som var målet för eftermiddagen. Här hittade vi hållar av en brunvitträd, hornbländeförande granit.



Monte Chanera. Ögonförande, porfyroblastisk granodioritisk bergart med viss parallellorientering av fjällspatögonen.



Detalj från ett större område av förkastad och breccierad granodioritisk bergart visande de yngsta, pegmatitiska gångarna som slår igenom omvandlad granodiorit och bildar ett rätvinkligt, murliknande nätverk.





Bergsområden av kvartsiter och omvandlade arkoser utmed gränsen till Zimbabwe nordväst om Mt. Binga, Mozambique's högsta berg, 2437 m ö h. Bergarterna är skjuvade och antas vara av arkeisk ålder.

De vanligaste bergarterna under den närmaste tiden var olika magmatiska djupbergarter, mest granitoider men också en del gabbro. Endast undantagsvis stötte jag på sedimentära bergarter och vulkaniska bergarter saknades i området.

Då och då tillbringade jag en timme på internetkafé i Tete för att försöka upprätthålla annan verksamhet, i andra delar av världen. Det var inte så lätt då merparten av den köpta tiden gick åt till att vänta på långsamma processer i datorer med begränsad prestanda och uppdykande strömbavbrott. Ingen ström och inget vatten var för övrigt något som man var tvungen att lära sig acceptera, liksom att utbudet på matvaror var mycket begränsat. Det gick snabbt att äta sig genom hela sortimentet! När jag satte upp ett större tält, ett "Camp master wedge dome II", i baslägret vid Capoche, där jag kunde lägga in en tjock madrass och sova gott på, så var det en riktig högvinst. Inte ens det

monotona och envetna ljudet från en 'rolla' (troligen en grönfläckig duva) störde längre, eller trummandet som hördes från byarna när det var något bröllop eller begravning. Man lär sig snabbt att uppskatta saker som man kanske tar för givet i Sverige.

Eftersom projektets uppläggning byggde på användandet av modern elektronik och digital teknik och elektrisk ström saknades i baslägret, var det en ständig kamp med att ladda upp utrustningen. Batterier till GPS, digitalkameror, ficklampor, satellittelefoner och datorer var ständigt på laddning, antingen i bilens cigarettuttag eller på kontoret i Tete. Åskväder och blixtar som orsakade strömbavbrott ställde naturligtvis också till problem för uppladdningen av alla elektroniska apparater.

Tisdag 10 juni. Blåsig och en del regnskurar under natten. Tuomos tält blåste bort och fick ett par hål i sig. Som tur var kunde det repareras med silvertejp. Joao



Basläger i Pungue med ett tiotal tält, bambuhyddor för toalett, dusch, stenarkiv, matsal, matförråd och kock samt vakter dygnet runt.



Två av DNGs geologer som tränades upp inom ramen för projektet. Genomgång av prover vid stenarkivet i Pungue basläger.

visade oss en präktig skorpion som han hade hittat under en av stenarna på 'tandborstningsmuren'.

Denna morgon åkte jag iväg med Joao Marques, en geolog från Gondwana Lda. På vägen passerade vi administrationen i Chifunde och ett läger för ett norskt minsprängningsprojekt. Jag hade nästan glömt bort faran för landminor, men nu blev jag påmind och skärpte uppmärksamheten, åtminstone för ett tag. Joao visade mig många av traktens specialiteter, som jättelika baobab-träd (apbrödstäd), de silvervita panga-panga-träden och de fruktade 'buffalo beans', ett slags vilda bönor som är försedda med tusentals små nålar och som vid beröring orsakar många timmars klåda.

Söndag 15 juni. 12 grader varmt på morgonen. Mellan 05.00 och 05.30 hörde vi hur lejon röt ett par gånger. Under nätterna de följande veckorna i baslägret hörde vi regelbundet rytanden från djurens konung. Lejonens rytande är mäktigt att höra på, även om de är ett par kilometer borta och om de är nära, då darrar allt.

Onsdag 18 juni. Joao och jag besökte Mulambe Safari and Turismo och pratade med ägaren Mario, som gav oss tillstånd att arbeta i hans safariland. Där fanns det gott om elaka tse-tse-flugor som kan orsaka sömnnsjuka. Han berättade också att de lejon som vi hörde (jag hörde rytande kl. 02.50 och ca 06.00 den gångna natten) utgörs av en hanne och två honor. På midsommarafton, den 20 juni, hördes under middagen flera mäktiga lejonkonserter mellan 19.00 och 20.00. Och som dessert fick vi hyenaskratt ett par gånger. Vilken häftig midsommarafton!

Tisdag 1 juli. Betalade 1 miljon meticaïs för 2 nätter i rum 12 på Univendas i Tete. Åkte med Matti och Melo till flygplatsen och vinkade adjö till Yrjö. Sedan åkte Tapio och jag till rio Capoeche där vi installerade och startade upp två stycken bensingeneratorer. Nu hade vi äntligen elektricitet!!

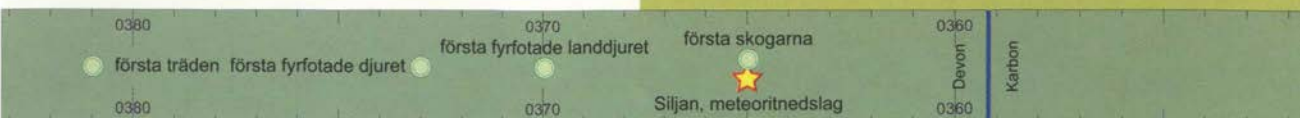
Fredag 4 juli. Fly-camping ('snabbcamping') med Matti, Abdul och Ernesto i Kwakwara. Primusköket 'Hiker' fungerade inte så det blev corned beef, potatis och lök över öppen eld.

Fredag 18 juli. Tracking i gabbroländ. När vi reste tälten för fly-camping 20 km norr om Mateme kom bybor fram och varnade oss för platsen eftersom ele-

Faktaruta

Moçambique har en yta som täcker drygt 800 000 km², vilket motsvarar en area som är 1,75 gånger så stor som Sverige och gränsar till Sydafrika, Zimbabwe, Zambia, Tanzania, Malawi och Swaziland.

Republiken Moçambique, som har en befolkning på ca 20 miljoner invånare (2004), blev självständigt från Portugal 1975. Ett långvarigt inbördeskrig som började 1977 och tog slut 1992 har gjort Moçambique till ett av de fattigare länderna i världen. Huvudstaden heter Maputo och ligger i den sydligaste delen av landet. Valutan i Moçambique heter meticaïs och för en svensk krona får man ungefär 3 100 meticaïs. Det officiella språket i Moçambique är portugisiska och de mest utbredda religionerna är animism (naturreligion), kristendom och islam. Vegetationstypen utgörs till 70% av savann med bush.





På flera ställen kring staden Chimoio arbetade kvinnor med att slå sönder block av gabbro i mindre bitar som lades i högar till försäljning.

fanter hade gått över där kvällen innan. Då vi ändå ville stanna, det var en slät plats nära en väg och mörkret sänkte sig, hjälpte de oss att hugga ved till brasan som var till för att hålla elefanterna borta.

Fredag 25 juli. Skräpet i ögat är besvärande. Besökte sjukhuset i Tete och kunde tack vare Ernesto passera köerna och få träffa en läkare relativt snabbt. Han ordinerade en kur med två sorts tabletter och Gentamicindroppar. Det kostade på det privata apoteket ca 30 kr, på det offentliga apoteket 35 öre!

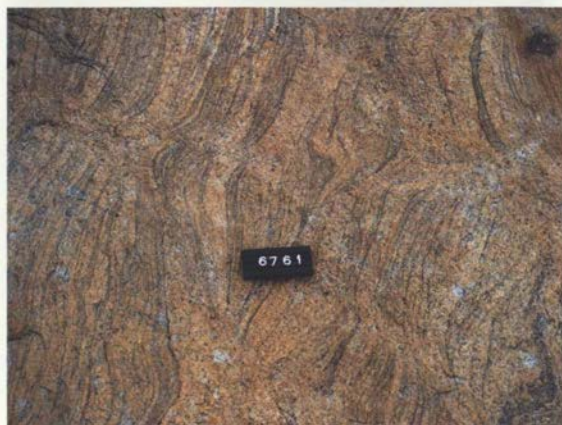
Söndag 3 augusti. Mötte Bosse och Cornelius vid flygplatsen i Tete. Bosse hade bland annat med sig efterlängtnade varma kläder till mig. Lämnade in en Nissan Hardbody, bilen, för reparation av lampor i vänster bak. Tog ut 10 miljoner meticaïs med GTK-check på banken och köpte mat för ca 2 miljoner. Åkte med trainee Luis Suanda till Tsangano där vi presenterade våra kreditiv, dvs handlingar där det stod vad vi var för några och vad vi gjorde, vid det administrativa

kontoret. Bosse och hans trainee likaså. Vid gränsen till Malawi (i själva verket inne i Malawi), på 1406 m höjd, köpte vi träkol för fly-camping. Nollgradigt på natten.

Torsdag 21 augusti. Strax före mörkrets inbrott i byn Nkonedzi tvingades vi av k-pistbeväpnad polis köra poliser och fångar till Zobue där vi var tvungna att presentera oss för den administrativa chefen, enligt uppgift därför att bybor sett mystiska bilar och människor smyga omkring i området kring Dzungivi. Då förhöret var slut hade det mörknat för länge sedan och vi erbjöds tälta på poliskontorets gård, vilket vi avböjde. Ett besök på ortens hotell fick oss att besluta åka till Tete för övernattnig, en resa som tog ett par timmar.

Onsdag 27 augusti. Storm på morgonen. 14 km söder om Mussacama undersökte jag gränsen mellan prekambrika bergarter i norr och kvartära sediment i söder. Till Tete på kvällen.





Ovan: Bandad järnformation, BIF, hittades på flera ställen. Bergarten som består av mm-breda till flera cm breda alternerande band av kvartsrikt material och magnetitband samt ställvis hematit är åtminstone delvis av arkeisk ålder.
Nedan: Stictolitisk migmatit.



Ovan: Ptygmatisk veckning i ortognejs. Omvandlad granit till tonalit med tätt liggande ådror av pegmatitiskt till granitiskt material.
Nedan: Vackert veckad gnejs av förmodat sedimentärt ursprung. De mörka amfibolbanden är en till tio cm breda.

Söndag 31 augusti. Bosse körde mig till Tete flygplats för vidare flyg till Maputo kl. 13.20. Vi mellanlandade i Vilankulo kl. 15.00, kom fram till Maputo kl. 16.25. Joao's chaufför Constantino mötte och körde mig till hotell Cardoso.

Måndag 1 september. Flyg från Maputo till Johannesburg i Sydafrika kl. 16.00 och från Johannesburg kl. 19.10.

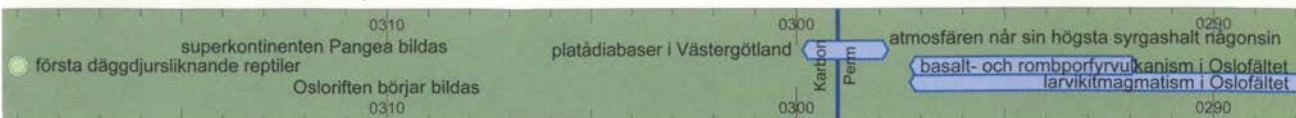
Tisdag 2 september. Landade i Frankfurt 05.50, framme i Stockholm-Arlanda 09.30 – bara 17,5 timmars flyg den här gången.

Ordförklaringar

Konsortium: är en sammanslutning av företag, människor eller andra personer i syfte att gemensamt åta sig ett uppdrag, som var och en inte har möjlighet eller vilja att själv utföra. Ofta är det ett praktiskt syfte där man vill dela på ansvaret för en viss konkret uppgift, exempelvis Öresundskonsortiet.

Animism: är ett begrepp inom teologin som betecknar en religiös uppfattning enligt vilken naturen är besjälad, man tror exempelvis att det finns en ande i varje träd eller vattendrag (ex näcken).

Christer Åkerman är geolog på Sveriges geologiska undersökning;
christer.akerman@sgu.se



Månadskartan



Verksamheten vid Sveriges geologiska undersökning uppmärksammas väldigt sällan utanför geologernas kretsar. Ett undantag från detta är dock de återkommande rapporterna om grundvattnet. Situationen för grundvattnet brukar regelbundet rapporteras av media, och det är också något som direkt påverkar en stor del av befolkningen.



AV EVA JIRNER LINDSTRÖM

Sveriges geologiska undersökning (SGU) presenterar varje månad en karta över grundvattensituationen i landet, även kallad Månadskartan. Månadskartan ger en överblick över den aktuella grundvattensituationen och det är få delar av SGUs verksamhet som väcker så stort intresse hos allmänheten. Ju lägre grundvattennivåerna är, desto fler telefonsamtal med frågor kommer det från press och allmänhet. Det är nu drygt tjugo år sedan den första kartan publicerades och genväret från massmedia var redan då mycket stort. Den första kartan visade grundvattensituationen för maj månad 1984 och sedan dess har man på ett överskådligt sätt kunna följa förändringarna i grundvattennivån.

Grundvattensituationen för små och stora grundvattenmagasin redovisas på separata kartor. Från och med mitten av 1990-talet är den karta som presenteras för allmänheten den som visar grundvattensituationen för de små magasinerna, eftersom den kartan utgör ett viktigt stöd för hushåll med egna brunnar. Det är också den kartan som finns fritt tillgänglig, på bland annat SGUs webbplats, www.sgu.se. Där kan man även hämta alla Månadskartor publicerade från 1995 fram till idag.

tid än de önskvärda trettio åren. SGU bestämde sig då för att använda sig av de stationer som hade varit i bruk under minst sex år. Man ville också presentera en karta som visade grundvattennivån varje månad. Därför började man att jämföra den aktuella grund-

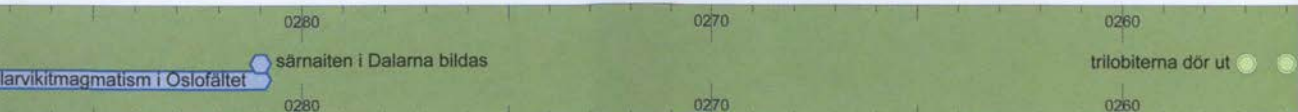


Nivåmätning vid SGUs observationsområde i Sigtuna. Foto Magdalena Thorsbrink.

Bakgrund

Förebilden för månadskartan hämtade man från Sovjetunionen. I det gamla Sovjet har man sedan slutet av 1960-talet presenterat redovisningar av grundvattennivåer baserade på årsbasis, där grundvattnets medelnivå under ett år jämfördes med grundvattennivån under en längre period (30 år).

I början av 1980-talet hade de allra flesta mätstationerna i Sverige funnits under en betydligt kortare



vattennivån på varje mätplats med den beräknade medelnivån av grundvattnet på samma plats. Den beräknade medelnivån grundade sig på data som man samlat in från den aktuella perioden alltsedan mätningarna började.

Hur tillverkas kartan?

Underlaget till kartan är baserat på ett urval av information om grundvattennivån från de mätstationer som finns registrerade i SGUs Grundvattennät, då en del stationer har många rör och andra bara har ett. Sammanlagt omfattar nätet ca 330 mätstationer som är grupperade i 60 områden över hela landet. Mätningarna görs vanligtvis av lokala observatörer omkring den 15:e i varje månad och vid varje månadsskifte. Observatörerna rapporterar sedan in värdena till SGU och informationen databehandlas sedan på statistisk väg. I Månadskartans barndom använde man sig av statistiska beräkningar liknande de som man tidigare använt i Sovjetunionen, men efter hand har metoderna utvecklats.

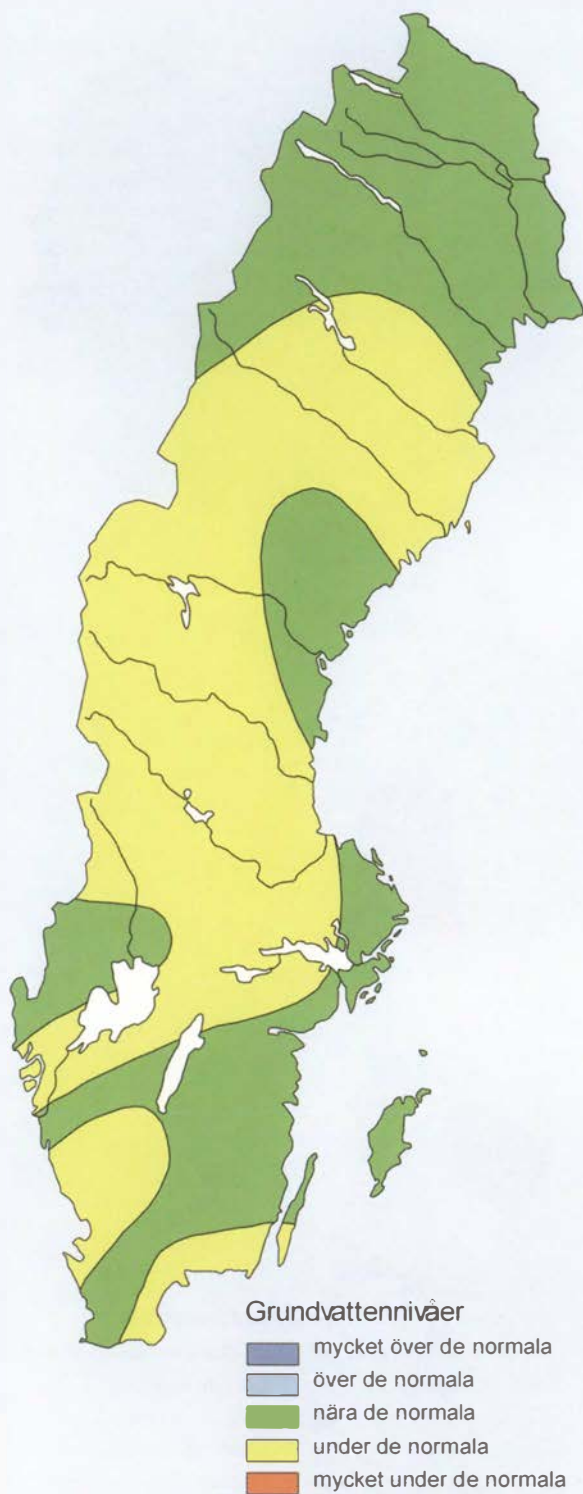
För att få fram data om grundvattennivåerna använder man sig också av information från SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) om temperatur, nederbörd och markvattenhalt under den senaste månaden. Utifrån denna bakgrundsinformation drar man geografiska gränser för hur grundvattennivåerna förhåller sig till den normala nivån under den aktuella månaden inom landets olika delar.

Presentationen av kartan har förändrats en del sedan 1984. I början använde man plus- och minustecken på kartan för att illustrera grundvattennivåerna. I mitten av 1990-talet övergick man istället till att visa grundvattennivåerna med olika färger.

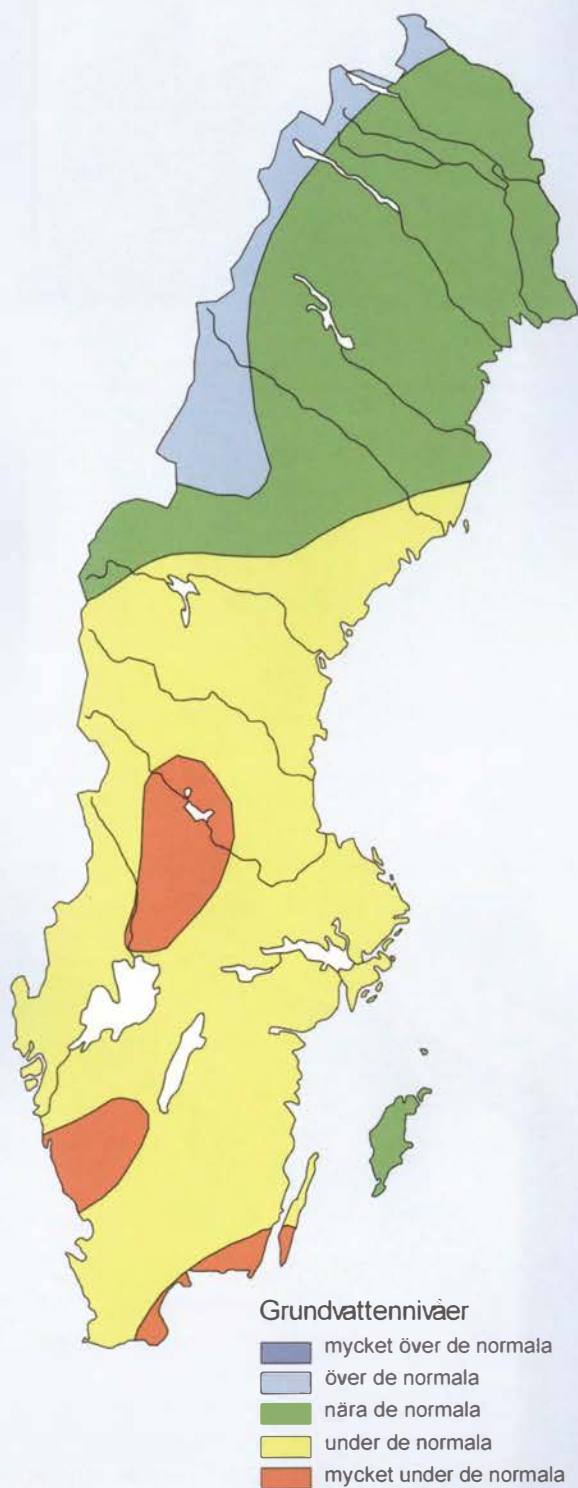
Karta för stora grundvattenmagasin

Kartan för de stora grundvattenmagasinen representerar främst vidsträckt sand- och grusavlagringar, exempelvis rullstensåsar. Typiskt för dessa avlagringar är bland annat hög effektiv porositet, vilket innebär att avlagringen kan magasinera stora mängder vatten. Tack vare den höga förmågan att magasinera vatten förändras grundvattennivåerna i dessa magasin långsamt, men å andra sidan tar det lång tid för dessa magasin att fyllas helt efter en period av långvarig torka. Underlaget till denna karta bygger på ett 30-tal observationsrör.

Information om grundvattennivån i de stora grundvattenmagasinen används framförallt till att analysera trender i grundvattennivån under en längre period. Detta är viktigt eftersom kartan exempelvis



Grundvattenkartan för juli 2005.



Grundvattenkartan för oktober 2005.

kan användas som planeringsunderlag för den kommunala vattenförsörjning, där man ofta utnyttjar stora grundvattenmagasin.

Karta för små grundvattenmagasin

Observationerna i de små grundvattenmagasinen utförs främst i moränavlagringar och dessa värden bedöms även kunna representera grundvattnet i berggrunden. Moränmagasinen har vanligen en begränsad utbredning och den låga effektiva porositeten hos morän innebär att dessa magasin endast kan rymma relativt små vattenmängder. En kombination av mindre geografisk utbredning och låg porositet innebär att variationerna i grundvattennivån blir snabba och kraftiga. Begränsade torrperioder kan också påverka grundvattennivån kraftigt i dessa magasin, men de fylls snabbt på under perioder med påfyllning av nytt grundvatten. Omkring 60 observationsrör används som underlag för framställningen av kartan för de små grundvattenmagasinen. Den här kartan är speciellt viktig för hushåll med egen brunn.

Årets grundvattensituation

Grundvattensituationen under året har varit god eller tillfredsställande i större delen av landet. Under sommarmånaderna var det främst Blekinge som hade problem med låga grundvattennivåer. I oktober ska grundvattennivåerna i normala fall stiga, men på grund av den extrema torkan under september och oktober har de sjunkit i hela landet. Detta har lett till att grundvattentillgången är dålig i södra Norrland och hela södra Sverige. SGU manar till restriktiv vattenanvändning för de som har egna brunnar inom områden med de lägsta nivåerna.

Det går att prenumerera på kartorna som gäller de stora och de små grundvattenmagasinen, men det är enbart Månadskartan för de små grundvattenmagasinen som är gratis. Den publiceras på SGUs hemsida omkring den 20:e varje månad och man kan ladda ner den därifrån. Den skickas dessutom ut per post till våra prenumeranter. På SGUs hemsida kan man även se tidigare framtagna Månadskartor. Om du vill prenumerera på Månadskartan, kontakta SGUs kundtjänst som finns på telefon 018-179000 eller gå in via SGUs hemsida www.sgu.se.

Eva Jirner Lindström arbetar med grundvattenfrågor och GIS på Sveriges geologiska undersökning; eva.jirner.lindstrom@sgu.se.

0220

0210

Tethyshavet öppnar sig

0220

0210

0200

Trias

Jura

0200

globalt massutdöende

Den dynamiska siluriska världen

Den traditionella bilden av silurperioden (443–416 miljoner år sedan) måste omvärderas. Det är ett av huvudbudskapen efter sommarens internationella geologikonferens på Gotland – 'The Subcommission on Silurian Stratigraphy Field Meeting 2005'. Konferensen, som ägde rum den 15–22 augusti, arrangerades av Avdelningen för Berggrundsgéologi vid GeoBiosfärscentrum (Lunds universitet) i samarbete med den Internationella kommissionen för stratigrafi och samlade 57 forskare och studenter från 17 olika länder och fyra kontinenter. Efter tre inledande dagar med vetenskapliga sessioner på Visby högskola följde tre dagar med exkursioner till många av öns klassiska lokaler.

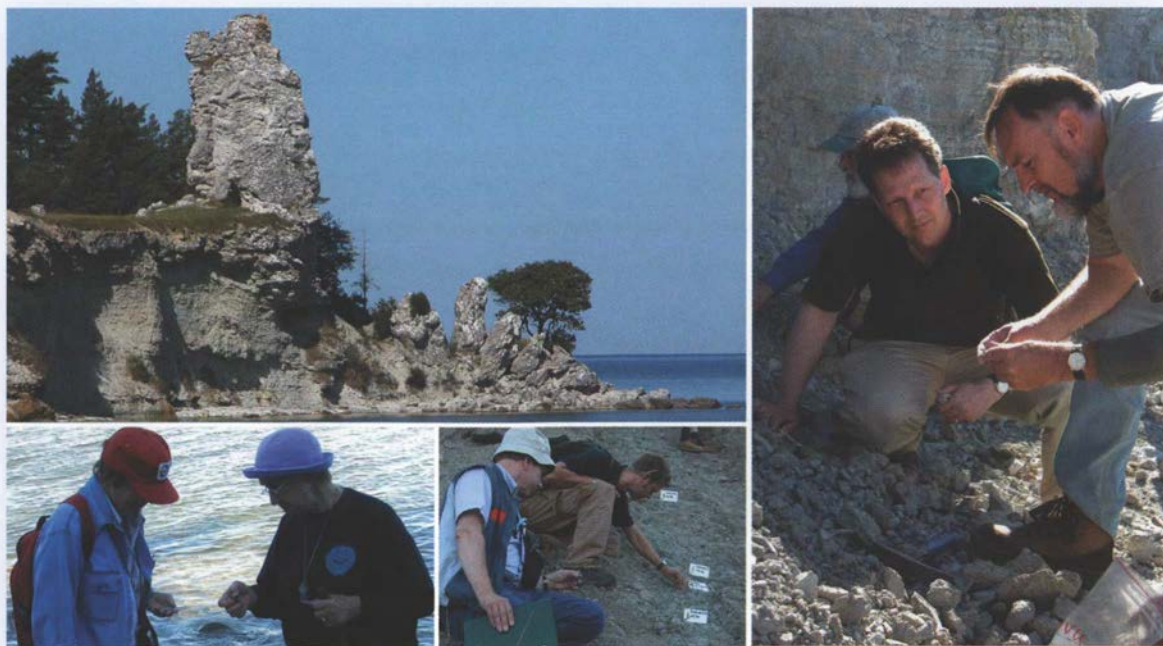
Många frågor om hur vår planet fungerar ställdes på sin spets under mötet. Silurperioden har länge framställts som en stabil växthusperiod med globalt sett höga havsnivåer och endast marginella störningar i havens ekosystem – i stort sett som en tid av långsam återhämtning efter nedisningen och massutdöendet i slutet av ordovicium. Den snabba utvecklingen inom forskningsområden som behandlar relativa åldersbestämningar (biostratigrafi) och stabila isotoper av kol och syre i tiden (isotopstratigrafi) visar nu att det snarare är motsatsen – inte mindre än tre stora omvälvningar i havens faunasammansättning och den globala kolcykeln är kända från det siluriska tidssnitt (~10 miljoner år) som representeras av Gotlands berggrund. Ytterligare en omvälvning av liknande magnitud är känd från yngsta silur, som dock inte finns

representerat på Gotland. Resultaten, som arbetats fram av flera oberoende forskargrupper de senaste åren, och som i stor utsträckning baseras på prover från Gotland, visar att silurperioden sett ur ett klimatologiskt perspektiv är en av de mest variationsrika av alla fanerozoiska perioder, därav temat för konferensen – 'The Dynamic Silurian Earth'. Den nya kunskapen om förändringarna kräver nya modeller och förklaringar till hur vår planet fungerar och en ny förståelse för med vilken periodicitet ekologiska och klimatologiska kriser egentligen sker. Det är alltså dags att omvärdera detta tidsintervall i jordens historia.

I samband med konferensen publicerades en kombinerad fältguide och abstraktvolym (Eriksson & Calner 2005) med många nya tankar kring den siluriska världen. Vetenskapliga artiklar relaterade till mötet kommer att publiceras i en tematisk volym av GFF under 2006.

Eriksson, M.E. & Calner, M. (eds.) 2005: The Dynamic Silurian Earth - Subcommission on Silurian Stratigraphy Field Meeting 2005. Field guide and Abstracts. *Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och Meddelanden* 121, 1–99. [För intresserade finns denna till försäljning hos SGU; www.sgu.se].

Mikael Calner och Mats E. Eriksson är docenter och VR-finansierade forskarassistenter vid GeoBiosfärscentrum, Avdelningen för Berggrundsgéologi, Lunds universitet; mikael.calner@geol.lu.se, mats.eriksson@geol.lu.se



Konferensdeltagarna studerar spåren av den dynamiska siluriska världen på plats på Gotland. Foto Hanna och Mikael Calner.

Geovetenskapliga böcker

100 Geosites in South Iceland

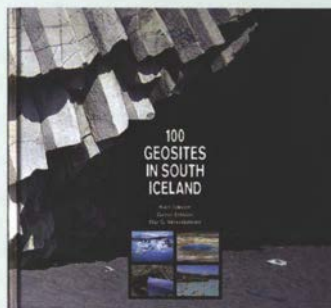
En ny bok har utkommit som behandlar 100 geologiska lokaler på södra Island. Den eleganta boken är tryckt i Slovenien och har förträfflig kvalitet både bild- och pappersmässigt. Språket är engelska.

Syftet med boken är att beskriva och ge den geologiska bakgrunden till 100 lokaler på södra Island. Den ger geologer en fin sammanställning och hjälp till vad som kan ses vid besök på denna vackra och intressanta ö. Som turist får man en bakgrund till de geologiska fenomenen, vulkanismen och de exogena processerna.

Boken är skriven av de välkända geologerna Karin och Gunnar Eriksson vid Naturforum i Grängesberg samt Elsa G. Vilmundardóttir, tidigare verksam vid National Energy Authority på Island. Karin och Gunnar Eriksson har nu i många år bedrivit undervisning, publicerat vetenskapliga och populärvetenskapliga artiklar och lett geologiska exkursioner bl.a. till Island, Hawaii och Nya Zeeland. Elsa G. Vilmundardóttir har genom mångårig erfarenhet av Islands geologi en gedigen kunskap om bergarterna, den geologiska uppbyggnaden och de geologiska processerna. Professor Thomas Lundqvist, känd geologi och vulkanolog, har medverkat som sakkunnig.

100 Geosites inleds med en kortfattad introduktion av den isländska geologin samt en karta som med streck och nummer visar samtliga 100 lokaler. Strecken korsar varandra här och där, men det går säkert att leta sig fram till lokalerna även om kartan är i den något ojämna skalan 1:930 000. Lokal 100 är på Surtsey och lokalerna 93–99 ligger på på Vestmannaöarna.

Boken domineras genomgående av mycket vackra färgbilder tagna av Karin Eriksson. Var och en av de 100 lokalerna representeras av ett foto, oftast i A5-format. Dessutom finns två foton av pelarbasalt och två av mineral (zeoliter) i början och slutet av boken, dock utan medföl-



jande förklarande text. Den inledande texten om geologin och de geologiska processerna är den nödvändiga, kortfattad och koncisa. Detta gäller även texten under varje geolokals bild. Som geolog kanske man hade önskat lite fylligare text, men boken vänder sig ju inte i första hand till yrkesfolk. Dock skulle man önska att varje bild med bergarter redovisade bergartstyp och absolut eller relativ ålder. Texternas termer förklaras i slutet av boken i en s.k. "Glossary" omfattande 129 stycken facktermer.

Boken "100 Geosites" kan mycket varmt rekommenderas till geologer, turister och andra som ska besöka eller har besökt Island, men även till dem som önskar en allmän geovetenskaplig information och dessutom vill njuta av bilderna från denna fantastiska, geologiskt aktiva, ständigt växande ö, som tillhör både den euroasiatiska och amerikanska plattan.

Karin Eriksson, Gunnar Eriksson och Elsa G. Vilmundardóttir 2005: *100 Geosites in South Iceland*. ISBN 9979-783-10-9.

Lars Persson är direktör vid Sveriges geologiska undersökning.

Charles Darwin

Enligt familjtradition skulle Charles Darwin (1809–1882) bli läkare. Istället studerade Darwin till präst i Cambridge, och det var här han grundlade sitt intresse för geologi och zoologi. Darwin började samla insekter och växter som amatör. Den enda naturvetenskapliga inriktning han fick en egentlig utbildning inom var geologin. Detta speglas i hans reseskildringar med otaliga geologiska iakttagelser.

1831 begav sig Darwin på en jordenrunt resa som skulle förändra hans liv, men även människans syn på evolutionsprocessen och sig själv som en art i djurriket. Darwin förundrades över att avlägsna öar med likartad geologi och klimat uppvisade olikartad flora och fauna.

"...jag har lyckats erhålla tillräckligt med material för att kunna fastställa detta synnerligen märkliga faktum i fråga om de levande varelsers utbredning";

dessa ord inledde Darwins resa mot att utveckla teorin om selektionsläran, darwinismen. Selektionsläran innebär att inom arter finns en stor individuell, ärftlig variation och ett stort födelseöverskott, och genom kampen för tillvaron gör naturen själv ett naturligt urval. De mest livsdugliga typerna inom arten, dvs. de som är utrustade med de för sin miljö bäst anpassade egenskaperna, har de största möjligheterna att överleva och föröka sig. Arter är föränderliga och måste ha uppkommit från andra än de nu levande och denna utveckling styrs genom selektion

0150
● första fågeln
Södra Atlanten öppnar sig
0150

Jura

Krita



Mjölpir, meteoritnedslag

Indien bryts loss från Australien och Antarktis

● första blomväxterna

0130

0130

som förklarar evolutionsprocessen.

I reseskildringen är växter, djur och fossil centrala, men även människans sociala förhållanden. Boken är skriven av en pre-darwinistisk Darwin som vid resans inledning inte hade någon direkt tanke om selektionsläran som kom att göra hans namn historiskt i "*Origin of the Species*".

På grund av dålig hälsa och självkritik publicerade Darwin inte sina teorier förrän han erhållit tillräckligt med material för att styrka dem. Hans publikationer mötte

starkt motstånd från kyrkan, men slog kraftigt igenom i den naturvetenskapliga världen, och de är än idag en milstolpe inom modern biologi.

Charles Darwins bok "*Resa kring jorden*" (ISBN 91-27-10983-6). Natur och Kultur 2005, 482 s.

Ida Jönsson, geolog samt lektor vid Bibliotekstjänst.

Geoterrorism och geohasard

Geoterrorism, där någon använder naturens kraft i terroristiskt syfte, har mig veterligen aldrig förekommit. I fiktionens värld förekommer det däremot, till exempel i James Bond-filmen "*Levande måltavla*" där skurken planerar att utlösa en jordbävning i Kalifornien.

Förra året kom Patrick Robinsons bok *Scimitar SL-2* (som än så länge inte översatts till svenska) som spelar på temat. I den planerar islamistiska terrorister att utlösa ett vulkanutbrott på ön La Palma, en av Kanarieöarna, med hjälp av kärnvapenmissiler. Uppdraget utförs från en ubåt, och i boken får man följa med på en resa från Nordkorea via USA till Kanarieöarna.

Terroristerna vill åt USA, och vulkanutbrottet hoppas de ska utlösa ett gigantiskt skred som skapar en megatsunami för att slå ut USA:s östkust. För en thrillerläsare låter det spännande, men boken är dålig, riktigt dålig. Persongalleriet är tunt, berättelsen ytlig och konsekvent orealistisk.

Bokens sensmoral är att om bara militären får sköta allt med stöd av republikanerna så blir det bra. Det förekommer ett oräkneligt antal män i boken men bara fyra kvinnor. Två är bara omnämnda, men de andra två är vackra, tjänstvilliga, hyperintelligenta, avgudar sina män, är enormt erfarna inom sina områden och inte trettio fyllda.

Men även om boken är dålig så är grundidén geovetenskapligt intressant. Det finns faktiskt en geolog med, Paul "Lava" Landon, professor på Benfield Hazard Reserch Centre vid University College London. I början av boken kidnappas han och pumpas på information innan terroristerna dödar honom på sidan 17. Man kan förstå att Bill McGuire, som professor på Benfield Hazard Reserch Centre egentligen heter, inte orkade förbi sidan 30.

-Det var inte enbart för att jag redan var död då, eller för att berättelsen var så löjlig. Boken är helt enkelt dåligt skriven, säger Bill McGuire.

Själv har Bill McGuire har gett ut boken *A Guide to the End of the World – Everything You Never Wanted to Know* där han bland annat beskriver ett värsta scenario för ett vulkanutbrott på La Palma.

Vad anser han om idén att utlösa ett vulkanutbrott? I boken utlöser terroristerna två vulkanutbrott för att visa sin kapacitet, först Mount St Helens i Washington, sedan

Soufrière Hills på Montserrat. Utbrotten får man igång genom att låta tre konventionella kryssningsmissiler efter varandra träffa samma plats. För att utlösa utbrottet hos Cumbre Vieja på La Palma har de skaffat sig kärnvapenmissiler.

McGuire sågar idén att utlösa ett utbrott med sprängmedel eftersom magman i en vilande vulkan finns flera kilometer under markytan. Men han påpekar för säkerhets skull att han kan ha fel.

Hypotesen om ett jätteskred på La Palma som orsakar en megatsunami i Atlanten då? Den beskrivs i McGuires bok, och ett program av Discovery Channel, som har visats på SVT:s Vetenskapens värld, ägnas helt åt denna hypotes. Bakom den står bland annat en av McGuires kollegor, Simon Day, som anser att USA:s östkust riskerar att drabbas av tsunamivågor på 20 m höjd, och lokalt upp till 50 m.

Deras beräkningar har kritiserats officiellt av The Tsunami Society, och speciellt av George Pararas-Caryannis. Han menar att Simon Day överdriver sannolikheten för att ett stort skred ska ske, men också hur det sker och vilka effekter det ger. Modeller som Pararas-Caryannis håller som mer realistiska ger 3 m som maximal höjd på tsunamivågorna när de når USA.

Även om Robinsons bok bygger på en orealistisk idé rent geologiskt sett så kunde den ha varit bra. Det är den inte, en betydligt bättre geothriller är istället Bill McGuires bok. Den bygger, nervkittlande nog, på fakta.

McGuire B., 2002: *A Guide to the End of the World – Everything You Never Wanted to Know*. Oxford University Press, Oxford.
Pararas-Caryannis G., 2002: Evaluation of the threat of mega tsunami generations from postulated massive slope failures of island stratovolcanoes on La Palma, Canary Islands, and on the island of Hawaii. *Science of Tsunami Hazards* 20, 251–277.
Robinson P., 2004: *Scimitar SL-2*. William Heinemann, London.
Ward S.N. & Day S.J., 2001: Cumbre Vieja volcano: potential collapse and tsunami at La Palma, Canary Islands. *Geophysical Research Letters* 28, 3397–3400.

Claes Thureson är fil.mag. i geologi och arbetar på SWECO VIAK i Malmö. Utanför arbetet är han intresserad av att popularisera geovetenskap.



Geologiskt forums tidsaxel – 4600 miljoner år på 144 sidor

För ett år och 141 sidor sedan startade vi en resa genom jordens hela historia. Nu återstår endast tre sidor fram till målet, nutiden. De två följande sidorna ska ta upp några av de tankar som styrt urvalet, samt några av de många intressanta insikter en sammanställning som denna har givit.

AV JOAKIM MANSFELD

Jag har flera gånger under året frågat mig varför jag egentligen gav mig in på detta. Uppgiften blev betydligt större än vad jag ursprungligen tänkt mig. Referenslistan omfattar runt 60 artiklar, och till det tillkommer ett stort antal hemsidor som jag gått igenom. Förutom svårigheten att hitta material så har en utmaning varit att få någon slags balans i det som presenteras, både vetenskapligt och geografiskt. Därför skriver jag denna artikel för att redovisa hur urvalet har gått till inom några av de mer spännande/kontroversiella ämnesområdena.

Jordskorpans ålder

Sedan 1950-talet har det varit allmänt accepterat att jorden, och solsystemet, bildades för omkring 4,5 miljarder år sedan. Så gamla bergarter hittar man dock inte på jorden. Från slutet av 1960-talet fram till för några år sedan ansågs bergarterna på Isua på Grönland vara jordens äldsta bergarter, men sedan började saker röra på sig. Redan i början av 1990-talet kunde man i Australien konstatera förekomsten av korn av mineralet zirkon som var över 4,1 miljarder år. Kornen var dock s.k. detritus-korn, dvs sandkorn i en sandsten. Den ursprungliga bergarten som kornen en gång satt i hade för länge sedan försvunnit. Sedan har man hittat än äldre zirkoner från samma område, över 4,4 miljarder år gamla är de äldsta, och man har även hittat riktigt gamla zirkoner från andra delar av jorden. Det är alltså uppenbart att spår av jordens äldsta jordskorpa på något vis har klarat sig ända fram till idag. Det har även dykt upp hypoteser om bergarter äldre än Isua, den äldsta påstådda bergarten är Acastagnejsen i nordvästra Canada, den har sagts vara 4031 miljoner år gammal. Andra riktigt gamla bergarter har även hittats i Kina, östra Canada och på Antarktis. Problemet är dock att månen (och därmed jorden) utsattes för en period med intensiv meteoritbombardemang runt 4000–3900 miljoner år sedan. Man räknar med att omkring 40% av månens yta smälte i samband med detta. För jordens del borde en betydligt större del ha smälts upp pga av jordens betydligt högre gravitation. Sannolikheten att någon bergart i jordskorpan skulle ha klarat detta bombardemang och sedan överlevt fram till idag är helt enkelt väldigt låg. En

försiktig tolkning är alltså att de äldsta bevarade bergarterna på jordskorpan är drygt 3800 miljoner år gamla. Sedan går det snabbt. Bergarter som är ca 3650 miljoner år dyker upp i stort sett på alla jordens kontinenter.

Kontroverser om jordskorpans äldsta material gäller naturligtvis i än högre grad för havet. Det finns geokemiska spår som kan tyda på att det fanns flytande vatten på jorden redan för 4400 miljoner år sedan, och det kanske det gjorde. De första säkra bevisen på ett hav finner vi dock återigen i Isua för ca 3800 miljoner år sedan.

Jordens geologi är unik i Solsystemet, och det är troligen allt vatten på jordytan som vi kan tacka det för. När jorden och de andra planeterna var nya den första århundramiljonen var dock jordens och Mars geologiskt lika varandra. När månen sedan bildades genom en kollision mellan jorden och en himlakropp av Mars storlek så ändrades jordens geologi momentant. Nu kom jorden och månen att uppvisa liknande geologiska drag med intensiv anortositmagmatism. Detta höll i sig i flera hundra miljoner år, förbi perioden med det "sena" meteoritbombardemanget. När de första kontinenterna började bildas på jorden gled jorden och månens utveckling från varandra, och månen kom så småningom att bli en geologiskt död himlakropp. Jorden kom troligen nu istället att få en geologi som liknar dagens Venus. Stora basaltiska vulkanutbrott som kunde täcka en sjättedel av jorden yta och mycket snabbt omgestalta jordskorpan. När till slut de plattetektoniska processerna som vi känner dem uppstod i slutet av den arkaiska eonen kom jorden att få sin nuvarande geologiska utveckling.

Livet på jorden

Ett i högsta grad kontroversiellt ämne är frågan om livets uppkomst och utveckling. Ambitionen har varit att inta någon slags medelväg bland alla åsikter som finns. Fram till för några år sedan gällde att livet på jorden var åtminstone 3500 miljoner gammalt. Sedan har det visat sig att de märkliga grafitstrukturer i flinta som man baserade detta på egentligen uppstod abiotiskt (dvs utan påverkan av liv) i en vulkanisk miljö. Det har dock dykt upp tecken på relativt komplicerade

0090



Dellen, meteoritnedslag

0080

0090

0080

0070

Chicxulub, meteoritnedslag

supekontinenten Laurussia bryts upp

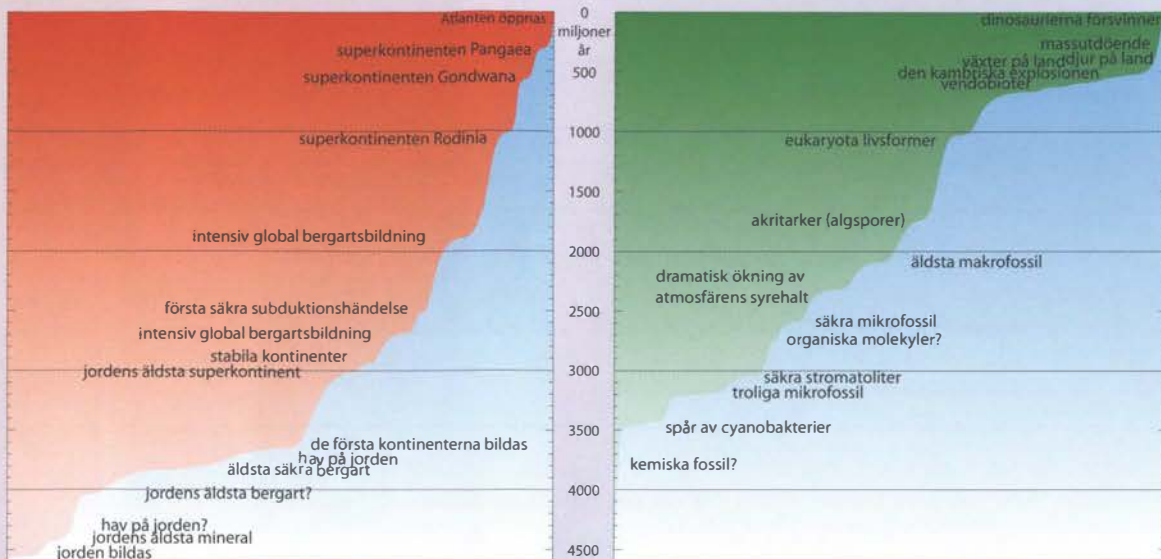
massutdöende (bl.a. dinosaurier)

0070

Krita

Paleogen

Karnizium



Stiliserade utvecklingsdiagram som visar jordens och livets utveckling från 4600 miljoner år sedan fram till nu. Några av de viktigaste händelserna är markerade.

livsformer (fotosyntetiserande cyanobakterier) i bergarter som är nästan lika gamla. Problemet är dock att sedimentära bergarter (där man finner fossil) är notoriskt svåra att åldersbestämma, men innan någon visar att åldersbestämningen av dessa bergarter är fel finns det starka stöd för att livet på jorden kan vara så gammalt som 3500 miljoner år. Betydligt mer kontroversiellt är rapporterna om s.k. kemiska fossil från Grönland (bl.a. Isua) som tolkades som bevis för liv för mer än 3800 miljoner år sedan. Dessa rapporter har dock ifrågasatts på två grunder. För det första är bergarterna troligen inte så gamla utan "högst" 3650 miljoner år och sedan har det också föreslagits att de strukturer och isotopsammansättningar man funnit kan ha uppstått i den tidens jordskorpa och hav utan inblandning från levande varelser.

Livets utveckling är även svår att sätta in i ett kronologiskt sammanhang av den enkla anledningen att åldersbestämningarna nästan alltid är stratigrafiska, dvs relativa. "Översättningen" mellan stratigrafiska åldrar och absoluta åldrar är ett svårt ämne där forskarsamhället inte alltid är överens. Även i bergarter som "bara" är några 100 miljoner år kan en fossilgrupps ålder skilja sig med några tiotals miljoner år mellan olika tolkningar. De åldrar som anges för livsformer i tidsaxeln, särskilt i detta häfte, ska alltså inte tolkas alltför bokstavligt.

Geologin i vår närhet

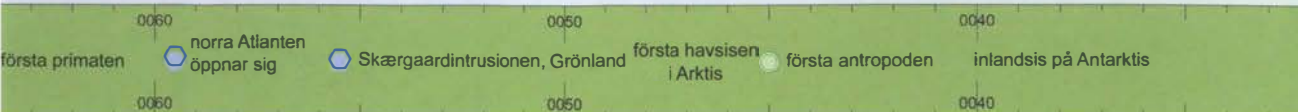
En svår balansgång när det gäller att sovra bland befintligt material är alla åldersbestämningar som finns. Det rör sig om många tiotusentals dateringar jorden runt. Sveriges geologiska undersöknings åldersdatabas innehåller bara den över 1500 poster från svensk berggrund, och databasen är långt

ifrån komplett. Jag har tillämpat synsättet att ju äldre något är, desto intressantare är det, generellt sett. Det betyder att jag i princip tagit med alla åldersbestämningar på bergarter som är äldre än 3600 miljoner år. För material yngre än detta men äldre än 3000 miljoner år har jag tagit med allt i Skandinavien med omnejd (geologiskt sett den Fennoskandiska skölden). För material i intervallet 3000–2000 miljoner år har jag tagit med alla svenska dateringar, medan för än yngre material har jag gjort ett urval eller slagit ihop flera dateringar till längre åldersintervall. För Sveriges yngre bergarter, de vi finner i fjällkedjan och i våra sedimentära lagerföljder i Dalarna, Öster- och Västergötland, Närke, Gotland, Öland och Skåne så hamnar vi återigen i svårigheter. Dels är åldrarna stratigrafiskt bestämda, och dels finns få pålitliga radiometrisk dateringar.

Slutord

Vår resa är slut. På nästa sida, den sista, glider jorden in i ett svalare klimat med återkommande kontinental nedisningar. Himalaya och Island föds, och inte minst; människan blir till. Axeln slutar med den ultimata? produkten av 4600 000 000 års utveckling. Vad händer sedan? Tja, vi får hoppas att det kommer att finnas någon som kan berätta det då.

Joakim Mansfeld är forskare vid Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet samt redaktör för Geologiskt forum;
joakim.mansfeld@geo.su.se



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



den svenska föreningen för vetenskaplig,
tillämpad och populär geologi
<http://www.geologiskaforeningen.nu>

GEONYTT

Under rubriken "Geonytt" upplåter *Geologiskt forum* kostnadsfritt plats för information relevant för föreningens medlemmar eller geointresserad allmänhet.

Har du något du vill upplysa om, sänd informationen till tidningen **senast 28/2** (adress, fax och e-post, se sid. 2). Nästa nummer kommer i mars 2006.

Viktig information till våra medlemmar och prenumeranter

Från och med januari i år har Geologiska Föreningen själv tagit över ansvaret för distribution av Föreningens tidskrifter. Det betyder att frågor rörande adressändringar, köp av äldre utgåvor och reklamationer av

försunna eller skadade häften i fortsättningen ska tas om hand av redaktören (se adress nedtill på sidan 2). Notera att detta gäller både *Geologiskt forum* och *GFF*.

Tjänster inom vulkanologi

Det Nordiska Vulkanologiska Centret utlyset fem tjänster inom vulkanologi för yngre forskare och en tjänst för en etablerad forskare. Tjänsterna för de yngre forskarna är ettåriga men med en möjlighet till förlängning upp till tre år. Tjänsten för den etablerade forskaren innefattar ett förordnande på 2–4 år. Sista datumet för ansökan är 21 februari 2006. Mer information finns på NordVulks hemsida: <http://www.norvol.hi.is>.

Ny ledamot

Efter ett extra medlemsmöte är Mark Johnson ny ledamot i styrelsen för Geologiska Föreningen. Mark är universitetslektor inom kvartärgeologi vid Geovetarcentrum, Göteborgs universitet. Han kommer närmast från Gustavus Adolphus College i USA där ha forskade inom sedimentologi, stratigrafi och geomorfologi. I Göteborg kommer han att studera den Mellansvenska randmoränzonen och stötsidesmoräner i sydvästra Sverige.

Nya medlemsavgifter

Medlemsavgifterna för fullbetalande medlemmar höjs från och med i år till 450 kr och studerandemedlemsavgiften höjs till 225 kr. Avgifter för övriga medlemsformer är oförändrade. Höjningen motiveras av att medlemmar som prenumererar på *GFF* kommer att få fri tillgång till *GFF-online* som från årsskiftet enbart kommer att vara tillgängligt för prenumeranter, samt att det är åtta år sedan medlemsavgiften senast höjdes.

Från och med 2006 kan man även betala medlems- och prenumerationsavgift med kort (Visa och Master Card) på elektronisk väg. Gå in på www.gff-online.se/ för mer information.

En prenumeration

på *Geologiskt forum* 2006 (nr 49–52) kostar 160 kr. **Gör så här:** betala 160 kr till **Geologiska Föreningen** på postgiro 2108-9. Märk inbetalningskortet **Prenumeration på Geologiskt forum 2006**.

Ordinarie lösningspris *Geologiskt forum* nr 48 är 50 kr.

Information angående äldre volymer av *Geologiskt forum* fås via redaktionen; gff@geo.su.se.

Nya distributionsrutiner

Geologiska Föreningen kommer från och med januari 2006 att själv sköta distributionen av dess tidskrifter. Det betyder att adressändringar, prenumerationsbeställningar och förfrågningar om äldre häften tas om hand av redaktören Joakim Mansfeld på: gff@geo.su.se.

Geologiska Föreningen

Geologiska Föreningen organiserar främst yrkesverksamma och akademiskt verksamma geovetare inom alla geovetenskapliga discipliner, men välkomnar alla som är intresserade av ämnet. Från 2006 kostar medlemskapet 450 kr/år och inkluderar prenumeration på *Geologiskt forum* och den engelskspråkiga vetenskapliga tidskriften *GFF*, samt full tillgång till *GFF online*. Studerande betalar dock endast 225 kr/år (under max. 4 år). Medlemskap enbart inkluderande *Geologiskt forum* kostar 250 kr/år. Enbart medlemskap utan prenumerationer kostar 100 kr/år.

Gör så här: betala medlemsavgiften till **Geologiska Föreningen** på postgiro 2108-9. Märk inbetalningskortet **Ny medlem (alt. ny studerandemedlem)** i Geologiska Föreningen, avgift för 2006.

Skriv tydligt namn och adress på inbetalningskortet, tack!

GEOLOGISKA FÖRENINGENS STYRELSE 2006

Barbara Wohlfarth, ordf., Inst. f. naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel. 08-16 48 83; barbara@geo.su.se
Mikael Calner, sekreterare, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, tel. 046-222 73 79; mikael.calner@geol.lu.se
Åsa Frisk, skattmästare, Institutionen för geovetenskaper, Villavägen 16, 752 36 Uppsala, tel. 018-471 27 40; asa.frisk@geo.uu.se
Joakim Mansfeld, redaktör, Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel. 08-674 77 27; gff@geo.su.se
Mark Johnson, ledamot, Geovetarcentrum, Göteborgs universitet, Box 460, 405 30 Göteborg, tel. 031-773 28 02; markj@gvc.gu.se
Pär Weiheid, ledamot, Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå, tel. 0920-49 13 71; par.weiheid@sb.luth.se
Linda Wickström, ledamot, Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018-17 93 13; linda.wickstrom@sgu.se

