

# Geologiskt forum

Geologiska Föreningens populärvetenskapliga tidskrift

J O R D • B E R G • V A T T E N

lyssna på geoföredrag

besök doktor sten

besök gruvor

lär dig om byggnadsgeologi

gå på geoteater

res med tidsståget

28 sept 2002

## GEOLOGINS DAG

se mineralutställningar

läs om jordbävningar

gå på fossiljakt

upptäck dinosaurier

heta fakta om vulkaner

kalla fakta om glaciärer

pussla med kontinenter

följ med på exkursion

experimentera

kryp i grottor

OVAN HETA FAKTA OM VAD DU KAN UPPLEVA PÅ GEOLOGINS DAG RUNT OMKRING I SVERIGE

## Spännande med geologi!

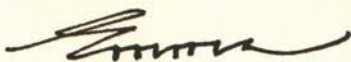
Har du kanske frågat dig hur man egentligen kan veta så mycket om dinosaurierna trots att de dog ut för flera miljoner år sedan? År 1252 grundade Birger Jarl vår huvudstad Stockholm, men hur gammalt är egentligen vårt land och hur gammal är egentligen jorden? I detta specialnummer av *Geologiskt forum* får du svar på många intressanta frågor om hur det var på jorden för länge, länge sedan.

Du får också lära dig om det senaste inom det nya ämnesområdet *geomedicin*. Dethandlar inte om healing, utan om hur man på vetenskapligt sätt kan relatera hälsa och geologi. Geomedicin handlar också om hur vi kan dra nytta av mineral på ett helt nytt sätt. Geokemisten Olle Selinus, enhetschef på Sveriges geologiska undersökning i Uppsala, arbetar med medicinsk geologi inom ett UNESCO-projekt. Läs hans berättelse på sidan 28.

Lördagen den 28 september kan du passa på att lära dig ännu mer om geologi för då är det *Geologins dag* i hela landet. Från Abisko i norr till Lund i söder kommer det att finnas mängder av geoaktiviteter att prova på för vetgiriga i alla åldrar. Det blir tillfällen till guldvaskning, grottkrypning, exkursioner i fjällen och vid havet, mineralutställningar, föredrag och mycket, mycket mer! Säkert finns det något som lockar i närheten av där du bor. Läs mer om allt som kommer hända på sidan 4.

Varför en dag om geologi? För att visa att geologi finns överallt! Till exempel i vägarna, på fasaderna och inne i glödlamporna. Geologi är inte bara viktigt när man bygger, utan spelar också en stor roll för kvaliteten på juvelhalsbandet, geologi har betydelse för vinets smak och karaktär och geologi gör att vi kan skåla i kristallglas.

Mycket mer än man tror har geologiskt ursprung i vårt samhälle. Det är spännande med geologi!



Emma Härdmark,  
Projektledare för Geologins dag 2002



## Innehåll

Vad händer på Geologins dag?	4
Se vad som kommer att hända där du bor	
Rovdinosaurier	6
Kanske de mest kända och respektingivande av alla utdöda djur, men deras släktingar lever fortfarande mitt ibland oss	
Vulkaner	12
Jordens eget fyrverkeri. Nyskapande och destruktivitet i samma process	
Att fånga tiden...	18
Hur gör forskarna för att mäta de enorma geologiska tidsspannen?	
Äldsta livet på jorden	24
Hur såg det äldsta livet på jorden ut, och hur mycket av det kan vi fortfarande finna	
Kan geologin påverka vår hälsa?	28
Berg och jord i vår omgivning påverkar oss själva både negativt och positivt	
Skred	32
Risken för skred är en reell verklighet för många runt om i Sverige	
Geologiska lokaler av riksintresse	38
Geologin bidrar, precis som biologin, till omistliga naturvärden.	
SGU inbjuder till Geologins dag	42
SGU anordnar aktiviteter i Uppsala, Lund och Göteborg	
Geologi i Sverige, idag	46
Geologiska ögonblicksbilder från en plats i Sverige	

## Vad är Geologins dag?

*Geologins dag* är en temadag om berg, jord och vatten. Den firas med många olika aktiviteter på många platser runt om i Sverige lördagen den 28 september.

Arrangörer under Geologins dag är allt ifrån större företag och industrier till privatpersoner, universitet och Sveriges geologiska undersökning.

Geologins dag är ett helt sponsorfinansierat projekt och har sin bas på Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm. Kungliga Vetenskapsakademiens Nationalkommitté för geologi tog initiativet till temadagen och år 2001 anordnades den för första gången. Mer information finns på [www.geologinsdag.nu](http://www.geologinsdag.nu).

Ansvarig utgivare, redigering och layout:

Joakim Mansfeld

ISSN 1104-4721

Foto och illustrationer (om inte annat anges):

Joakim Mansfeld

Tryck: Alfa Print, Syndbyberg

Redaktionens adress:

GF:s redaktion, institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel 08/674 77 27, fax 08/16 44 24; [gff@sgu.se](mailto:gff@sgu.se); [www.sgu.se/gf/geolf](http://www.sgu.se/gf/geolf)

Distribution,

*prenumerationsärenden, adressändring och köp av tidigare nummer:* Swedish Science Press, Box 118, 751 04 Uppsala, postgiro 489 78 50-6, bankgiro 914-4601, tel 018/36 55 66, fax 018/36 52 77; [info@ssp.nu](mailto:info@ssp.nu)

Gf sammanställs på en Macintoshdator med hjälp av bl.a. Microsoft Word®, Adobe PageMaker®, Adobe Photoshop® och Adobe Acrobat®. Den överförs till pdf-format och trycks helt i fyrfärgstryck i ca 1800 ex.

Tidskriften ingår i det ordinarie medlemskapet i Geologiska Föreningen (angående medlemskap se sista sidan). Lösnummerpris är 40 kr. Annonser mottages gärna. Kontakta redaktören för uppgifter om digitala format, storlekar och priser.



## Vatten på Mars I

Det är känt sedan länge att Mars yta uppvisar stora skillnader mellan norra och södra hemisfären. Det norra, topografiskt lägre, halvklotet verkar ha en betydligt yngre berggrund än den södra, baserat på frekvensen av meteoritkratrar på ytan. Genom databehandling av altimetriska studier för att få fram cirkulära strukturer har nu forskarna Frey med medarbetare visat att norra halvklotet uppvisar minst lika många nedslagsstrukturer som södra, men att dessa är begravda under tunna (1–2 km mäktiga) yngre bergarter. Den mest troliga förklaringen är att dessa yngre bergarter utgörs av sediment som avlagrats i ett hav ungefär vid den tiden då det intensiva meteoritbombardemanget i solsystemet avtog för ca 3700 miljoner år sedan.

Förklaringen stöds även av omtolkade spektraldata från Mars Global Surveyor. Tidigare tolkningar tydde på att Mars södra halva huvudsakligen bestod av basalt medan den norra uppvisade stora arealer med andesit, en bergart som på jorden huvudsakligen bildas vid subduktion. Det finns dock inget på Mars som tyder på att platttektoniska processerna någonsin verkat där, vilket motsäger att så mycket andesitiska bergarter skulle finnas på Mars. Nu föreslår istället Wyatt och McSween att spektraldata från Mars norra halvklot bättre överensstämmer med vittrade basalter eller sediment som bildats av vittrade basalter. Detta i sin tur tyder på att stora mängder vatten måste ha funnits närvarande på norra hemisfären. Det finns således allt mer som tyder på att Mars delvis var täckt av hav vid den tidpunkt då liv uppstod på jorden.

(Källa: Nature vol. 417 och vol. 418)

## Vatten på Mars II

Som framgår ovan har Mars haft stora mängder vatten under äldre tider, men var tog det vägen? Isotopbevis tyder på att mycket har försvunnit ut i världsrymden, men allt kan inte ha försvunnit den vägen. Genom analyser av neutronflödet och gammastrålning vilka indikerar förekomsten av väte från Mars gjorda av NASA:s Mars Global Surveyor föreslås att stora mängder vatten finns bundet i Mars yta, på vissa ställen innehåller den översta metern upp till 35 viktprocent vatten. Vattenhalten varierar mycket, men är som högst i polarområdena, vid latituder över 60°. Visserligen kan instrumenten endast registrera strålning ned till omkring en meters djup, men andra oberoende källor tyder på att de vattenrika lagren kan vara upp till en kilometer mäktiga.

(Källa: Science vol. 297)

## Plötslig massdöd i övergången mellan krita och tertiär

Jorden har drabbats av plötsligt massutdöende vid flera tillfällen under de senaste 500 miljoner åren. En av de mer kända och spektakulära massförsvinnande skedde för omkring 65 miljoner år sedan, i övergången mellan perioderna krita och tertiär (K–T-gränsen bland forskarna) då bland annat dinosaurierna dog ut. Orsaken till detta massutdöende har debaterats länge. Var det en utdragen process orsakad av intensiva vulkanutbrott och klimatförändringar, en plötslig händelse orsakad av ett katastrofalt meteortnedslag eller en kombination av bägge? En viktig pusselbit är frågan om hur snabbt utdöendet egentligen var. Nu har Arenillas och med-

arbetare vid universitetet i Zaragoza i Spanien undersökt en av de mer kända K–T-lokalerna i världen, El Kef i Tunisien. Genom att dela in sekvensen i mycket små delar kunde de visa att så mycket som 97% av de undersökta mikrofossilarterna dog ut under en tidsperiod av maximalt 11 000 år, just i övergången mellan krita och tertiär.

(Källa: GFF 124.3)

## Äldsta fotspåren

Livet uppstod uppstod troligen i havet eller nede i berggrunden skyddad från yttervärldens strålning och meteoritbombardemang. Jordytan utgjorde under en lång tid av jordens historia en direkt livsfientlig miljö. Tidigare var de äldsta kända landlevande djuren fossil av *Euthykarinider* (en sällsynt fossilgrupp som uppvisar likheter med tusenfotingar och insekter) från slutet av ordovicium och spår av landlevande leddjur från mitten av ordovicium, tidsmässigt mindre än en åttiondel av den tid liv har funnits på jorden. Nu har MacNaughton och medarbetare hittat krypspår från något leddjur, kanske en Euthykarinid, i något som tolkas som vindavlagrade sediment, d.v.s. sediment som måste ha avsatts på torra land. Fotspåren är från senaste kambrium eller tidigaste ordovicium och minst 40 miljoner år äldre än de hittills äldsta kända spåren av landlevande djur.

(Källa: Geology vol. 30)

## Nytt mineral upptäckt i Sverige

Koboltkieserit är namnet på ett nytt mineral som upptäckts och beskrivits av Dan Holtstam på Naturhistoriska Riksmuseet. Koboltkieserit, med den kemiska sammansättningen  $\text{CoSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , är ljus rosa i färgen. Materialet i vilket mineralet hittades är ett koboltglansrikt prov från den ceriumrika Bastnäsfyndigheten nära Riddarhyttan i Bergslagen. Originalmaterialet (foto t.h.), som insamlades redan 1922, innehåller, förutom Koboltkieserit, även erytrin (hydrerat koboltarsenat, rosa) och skorodit (hydrerat järnarsenat, grågrön).

(Källa: GFF 124.2)



## Nedslagsstruktur i Nordsjön

Omkring 150 nedslagsstrukturer (meteoritkratrar) har identifierats på jorden. Mycket få av dessa ligger under havsytan. Nu har de brittiska forskarna Stewart och Allen identifierat en 20 km stor struktur i Nordsjön, på 40 meters djup och täckt av hundratals meter sediment. Strukturen ligger i jurassiska och kretaceiska lager och åldern är 60–65 miljoner år. Det intressanta med strukturen är att den utgörs av en multiring-struktur, ett fenomen som normalt endast uppträder i nedslagsstrukturer som är minst tio gånger större. Förklaringen är troligen inte någon ny typ av nedslagsmekanism, utan resultatet av ringförkastningar i de särskilt lätt-deformerade och slippiga sedimenten.

(Källa: Nature vol. 418)

# Vad händer på

Detta är bara ett urval av aktiviteterna under Geologins dag. För mer information, kolla in [www.geologinsdag.nu](http://www.geologinsdag.nu).

**Fjällgeologi i Klimpfjäll,**  
Vilhelmina

**Öppet hus på Åse kalkmuseum,**  
Åse

**Geologi i Brunflo,**  
Hembygdsgården, Jämtkross,  
Jämtlandskalksten, JAGS

**Geologins dag i Borlänge**

**Västerdalarnas Geologiska Museum,**  
Vansbro

**Besök sulfidmalmsgruvor,**  
Kopparberg

**Istidens spår i Riddarhyttan**

**Guldvaskning på Bergsskolan,**  
Filipstad

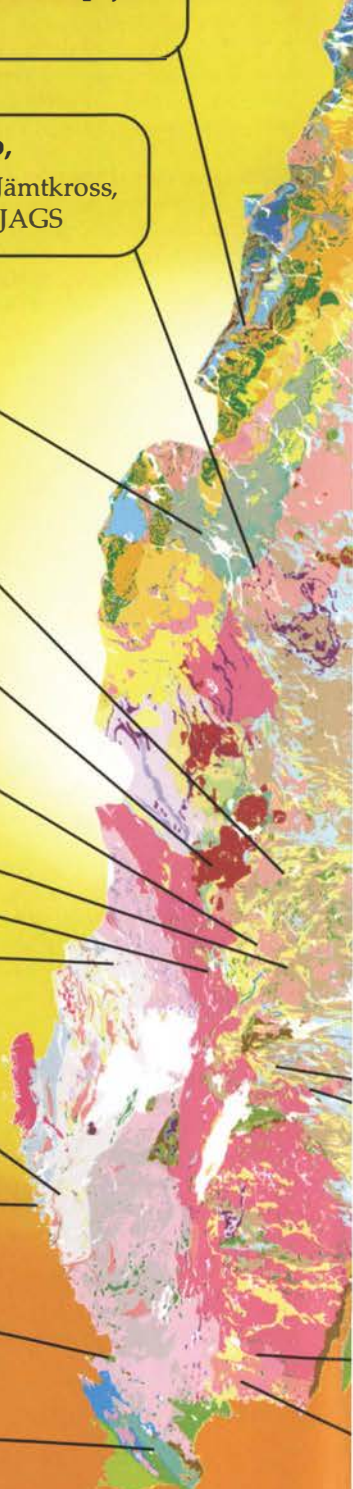
**Mineralutställning och underhållning,**  
Sunne och Arvika

**Se geologi, geoteknik och miljögeologi,**  
mängder av geologiska upptäckter i Västra  
Götaland

**Göteborgs Naturhistoriska museum  
och Göteborgs Geologiska Förening**

**Bussexkursion på Hallandsåsen,**  
Östra Karup

**Geologins dag i Skåne**  
Många roliga geoarrangemang över hela Skåne





# Geologins dag?

**Geologi på Abisko Naturum**

## **Geovecka på Kulturhuset!**

Har du vägarne förbi Stockholm under vecka 35? Passa på att besöka Kulturhusets geovecka *Sten i Stan*. Massor av aktiviteter mitt i city!

**Geologins dag i Boliden**

**Geologi på Godsmagsinet, Sundsvall**

## **Geologins dag på Azorerna!**

Upptäck Azorernas spännande geologi tillsammans med Naturforums suveräna guider!

**MarkInfo- skog och mark på nätet, Uppsala**

**Fullt av geoaktiviteter på Uppsala universitet och SGU, Uppsala**

Föreläsningar, lek med lera, flygbilder, fråga forskare, tipspromenad, exkursioner, utställningar etc.

## **Massor av geoaktiviteter på Naturhistoriska riksmuseet, Stockholm**

Guldvaskning, geoteater, dinosaurieverkstad, exkursioner, kontinentpussel, mineralutställning, pollenutställning, Dr Sten, guidade turer, fotoutställningar, Studieförbundet, Geologiska föreningen, amatörgeologer, geoforskare etc.

**Många föreläsningar och prova-på-aktiviteter på Stockholms universitet!**

Geologi på Nordpolen, miniexkursioner, sten- och smyckesdesign, liv i universum, fossilvisning, geolaboratorier, guldvaskning etc.

**Grottkrypning,**

Klövbergsgrottorna, Tyresö

**Geologiutställning,**  
Hjortkvarn

**Torekullagrottorna,**

Rämninge, Sontorp, Finspång

**Kajakexkursion,**  
S:t Anna Skärgård

**Vandringsutställning,**  
Tingsryd

**Öppet hus på stenhuggeriet,**  
Vilshult



# Rovdinosaurier

*Rovdinosaurierna tillhör de mest spektakulära djur som någonsin levt på jorden. De är idag mer kända och uppskattade än de var i verkliga livet, och de lever fortfarande kvar i alla barns fantasi. Dessutom är de ett av utvecklingslärans paradexempel, med de exceptionella fossilen från Kina som bevisar att fåglarna är dinosauriernas efterföljare.*

AV JØRN H. HURUM

Den vetenskapliga beteckningen på rovdinosaurier är *Theropoda* vilket ungefär kan översättas med "fruktansvärda fötter". De första äkta rovdinosaurierna utvecklades under trias för cirka 230 miljoner år sedan och densiste rovdinosaurien dog ut för 65 miljoner år sedan. Det betyder att under 165 miljoner år härskade rovdinosaurierna på marken, medan de idag härskar i luften.

Alla rovdinosaurier, även inkluderat fåglarna, är tvåbenta. Vanligtvis var rovdinosaurierna slanka, långbenta djur som var byggda för att kunna springa snabbt. De flesta hade tänder formade som knivar med bågfilstandade kanter. Klorna var böjda och vassa, och benen i extremiteterna var ihåliga för att göra dem lättare.

Två forskningsområden inom rovdinosaurier är i fokus idag. Flockbildning hos de allra största rovdinosaurierna som *tyrannosauriderna* och *carcharodontosauriderna*, och utvecklingen från dinosaurie till fågel (se faktarutan sidan 8).

## Flockbildning

Små rovdinosaurier har länge varit kända som flockdjur, ett bra exempel kommer från Skåne! Det mest spektakulära fyndet är över tusen individer av den upp till 2,8 meter långa rovdinosaurien *Coelophysis* vid Ghost Ranch i New Mexico. Till för ett fåtal år sedan ansågs de största jättarna som *Tyrannosaurus* och *Albertosaurus* vara ensamma jägare. Detta måste nu omvärderas i och med de nya upptäckterna från Nord- och Sydamerika.

Då det berömda skelettet av *Tyrannosaurus* kallat Sue upptäcktes i Syddakota år 1990 var hon inte ensam, två partiella skelett av mindre exemplar blev funna tillsammans med henne. Detta diskuterades bland paleontologer som en möjlig *tyrannosaurusflock*, men saken drunknade i rättstvist och försäljningen av skelettet på Southerbys år 1997 för 8,4 miljoner dollar.

En mycket större flock av en äldre släkting till *Tyrannosaurus*, *Albertosaurus*, upptäcktes egentligen redan 1910 av den berömda dinosauriejägaren Barnum Brown. Mer än 80 år senare, i samlingarna på American





Figur 1. Till vänster: utgrävningarna av *Albertosaurus*-lagret 1998. Dry Island, Alberta, Canada. Ovan: Detalj av *Albertosaurus*-lagret. Till höger: Tänder som fallit ur ett kranium. Samtliga foton Jørn H. Hurum.

Museum of Natural History i New York, fann Philip Currie flera vänsterlår och skenben. Detta gjorde honom nyfiken så han försökte återfinna ursprungslokalen för fyndet. År 1997 fann han den och startade utgrävningar. Dessa utgrävningar har hållit på i flera år och numera är minst tolv individer identifierade i lagret. De varierar i storlek, och kan vara det slutgiltiga beviset på att tyrannosauriderna levde i flock. Lokalen ligger naturligtvis i en nationalpark kallad Dry Island, strax nordost om Calgary i Alberta (figur 1).

I Argentina har man nyligen grävt ut en flock av en hittills inte namngiven släkting till *Giganotosaurus* (*Carcharodontosauridae*), den största rovdinosaurien vi känner till (figur 2 och 3). Denna nya namnlösa dinosaurieverkar vara något större än *Giganotosaurus* funnen i närheten av staden Plaza Huincul i Neuquen-provinsen, och utgrävningarna leds av paleontologen Rudolpho Coria i samarbete med Philip Currie. Fram till nu har man upptäckt sju individer av olika storlek som ligger tillsammans.



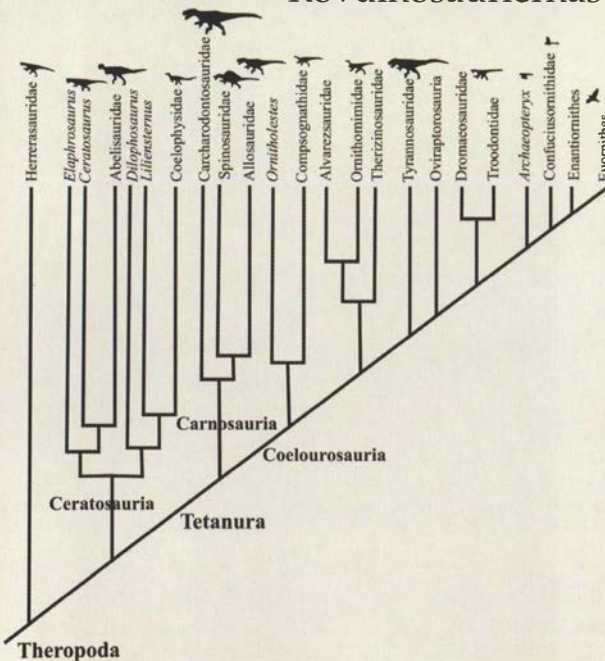




Figur 2. Utgrävningar i regn och sol av en icke namngiven carcharodontosaurid, alldeles nära Plaza Huincul, Neuquen, Argentina. Foto Jørn H. Hurum.

#### Faktaruta

### Rovdinosauriernas utvecklingsträd



Redan från början var rovdinosaurierna snabba mördarmaskiner, något som vi kan observera hos *Herrerasaurus* från trias i Argentina. Den hade vassa tänder gjorda för att skära med. De avancerade drag som visar att den är den första kända rovdinosaurien är en underkäke ledad mittpå och en lång gripklo med tre funktionella fingrar. *Theropoda* kan delas upp i två: *Ceratosauria* och *Tetanura*, denna uppdelning skedde redan under triasperioden, *Ceratosauria* härskade i trias och början av jura genom former som *Coelophysis* i Nordamerika och *Syntarsus* i Afrika. Gruppen överlevde på de sydliga kontinenterna långt upp i krita-perioden med former som *Carnotaurus* och *Majungatholus* från Argentina och Madagaskar. *Tetanura* tog över som de största och mest talrika rovdinosaurierna i mitten av jura-perioden och delades snabbt upp i *Carnosauria* (t.ex. *Allosaurus* och *Giganotosaurus*) och *Coelurosauria* (t.ex. *Tyrannosaurus*, *Velociraptor* och fåglar).



Figur 3.  
*Giganotosaurus*, världens  
största rovdinosaurie.  
Plaza Huincul, Neuquen,  
Argentina. Foto Jørn H.  
Hurum.



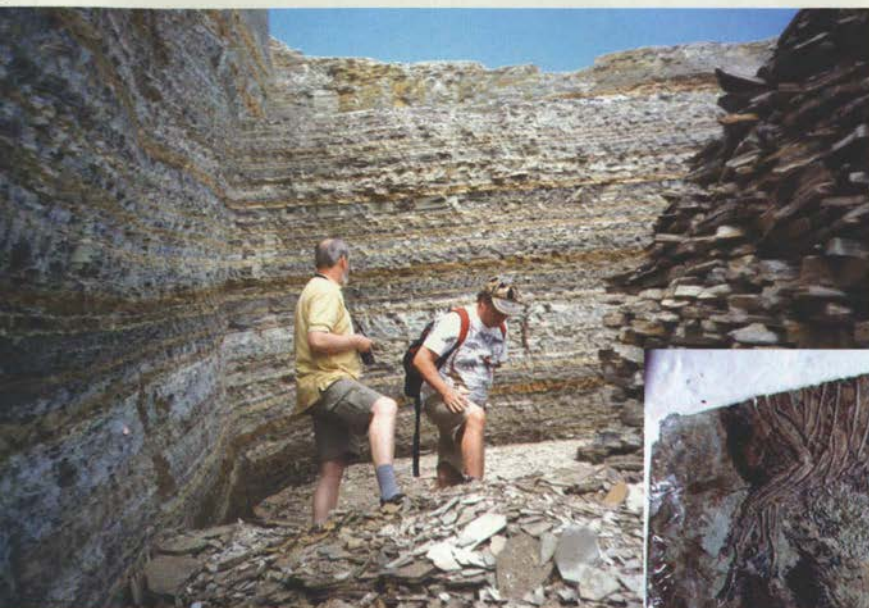
## Utvecklingen från dinosaurie till fågel

Av alla nulevande djur är det endast fåglarna som har fjädrar – detta är fåglarnas främsta kännetecken och det som skiljer dem från andra djur. Så har det uppenbarligen inte alltid varit. De senaste fem årens fossiltrush i Liaoningprovinsen i Kina har äntligen satt stopp för en nästan 150 år gammal diskussion om fåglarnas upphov.

År 1859 uttryckte Darwin i *Origin of Species* att det måste finnas mellanformer mellan de stora huvudklasserna av levande organismer. Ett av paradexemplen dök upp redan två år senare då det första fossilet av *Archaeopteryx* blev funnet, och flera kom fram under de följande åren. Detta var den perfekta mellanformen mellan en liten rovdinosaurie och en fågel. Av primitiva drag hade den behållit lång svans, tänder och fingrar, medan avancerade drag som flygfjädrar fanns bevarade

runt de bäst bevarade individerna. Diskussionen har gått högt sedan fynden gjordes, de var kanske för överbevisande?

För 10–12 år sedan började bönder i den nordöstra Liaoningprovinsen i Kina att bryta ett nytt lager av skiffer för att sälja de insekts- och fiskfossil de fann där. Skiffern är ett förstenat finkornigt slam från insjöar som fanns i området för 147–124 miljoner år sedan (figur 4). Snart upptäcktes sköldpaddor och fåglar i skiffern, och 1996 dök den första dinosaurien upp. Den fick namnet *Sinosauropteryx prima*, vilket betyder den första kräldjursfjädern från Kina. Fyndet var ett komplett skelett av en ung rovdinosaurie av en huskatts storlek. Den goda bevaringsgraden bjöd forskarna på en stor överraskning – runt skelettet fanns det välbevarade



Figur 4. De sedimentära lager där fjäderklädda dinosaurier förekommer, Shietun, Liaoning, Kina. Foto Merethe Frøyland.

primitiva fjädrar! Redan året därpå upptäcktes ytterligare en dinosaurie med ändå tydligare fågel-liknande drag, *Caudipteryx* (figur 5). Den hade riktiga fjädrar, inte till att flyga med utan antagligen som dekoration med en solfjäder på svansen och långa fjädrar på armarna. Hela kroppen var täckt av dunaktiga fjädrar som värmeisolering. Numera finns en hel parad av fossila fjäderfän – både dinosaurier och tidiga fåglar – funna i samma område i nordöstra Kina.

Hela faunan och floran är här bevarad med fisk, amfibier, reptiler, däggdjur, insekter och växter. Anledningen till att alla dessa fantastiska fossil finns är vulkanutbrott. Insjöar som fanns här och i områdena runt om utsattes för stora asknedfall från vulkanutbrott. Askan dödade allt i området, döda djur och växter drev ut i insjön och sjönk till botten. Där blev djuren och växterna snabbt täckta av aska, så att luft som leder till förruttelse inte kom åt materialet. På många sätt kan man kalla fynden för dinosauriernas Pompei. Fynden av de fjäderklädda dinosaurierna i Kina har kallats århundradets fynd på fossilfronten. Fynden bekräftar teorin att fåglar härstammar från små rovdinosaurier. Även om dinosaurierna som stora landlevande djur dog ut för 65 miljoner år sedan, lever några av dem vidare i fågelform.

Figur 5. Skelettet av den en meter långa dinosaurien *Caudipteryx*. Lägg märke till fjädrarna vid armarna, individen saknar hals och huvud. Foto Jørn H. Hurum. Infälld bild: rekonstruktion av *Caudipteryx* gjord av Bogdan Bocianowski och Per Thorsland, De naturhistoriske museer, Universitetet i Oslo. Foto Per Aas.



## Skandinaviska dinosaurier

De allra flesta dinosauriefynd i Skandinavien är från Sverige, närmare bestämt Skåne. I Höganästrakten har sedan 1951 flera hundra dinosauriefotspår varit kända i lager från övergången trias-jura (ca 205 miljoner år sedan). Fotspåren är 15–35 centimeter långa och härstammar bland annat från en rovdinosaurieflock med både stora och små individer (*Dilophosaurus*, upptill 5–6 meter lång?). 1952 upptäcktes också de första skelettdelarna, fyra små ryggkotor.





Figur 6. Fotspår av rovdinosaurier från Kvalvågen på Svalbard. Foto Atle Mørk.

I Åsen i nordöstra Skåne upptäcktes förra året dinosaurierester vid Ivösjöns norra ända. Båda fynden, två tänder, härstammade från en liten växtätande dinosaurie (*hypsilophodontid*; ca två meter lång,) som levde där i kritaerioden för ca 80 miljoner år sedan. Från tidigare var två tänder och en ryggkota, antagligen från samma art, kända från fyndorten (se artikeln av Johan Lindgren i Geologiskt forum nr. 31).

I grustaget Robbedales söder om Rønne på Bornholm gjordes år 2000 ett fynd av en tand från en *dromaeosaurid* (raptor)-dinosaurie. Tanden är tre centimeter lång. Själva rovdinosaurien antas vara omkring tre meter lång, och med en skalle på 0,3 meter. Dinosaurietanden upptäcktes i lager som är 130–120 miljoner år gamla, vilket gör den till den äldsta *dromaeosauriden* från Europa.

På Svalbard upptäcktes år 1960 tretton fotspår i den 123 miljoner år gamla Festningensandstenen på Festningen i mynningen till Grønfjorden. Dessa antogs vara från en växtätande dinosaurie känd både från Europa och Nordamerika i början av krita, *Iguanodon*. Men 1998, under en revision av alla fotspår av *Iguanodon*, avgjordes att fotspåren hör till en annan, antagligen okänd, men nära besläktad ornithopod (kanske runt sju meter lång).

På östra sidan av Svalbard i Kvalvågen gjordes några år senare, år 1976, fynd av flera fotspår av en mellanstor rovdinosaurie i samma lager. Spåren är här 30 centimeter långa (figur 6). Ett fotspår blev funnet i en spricka på Festningen i slutet av 90-talet. Denna spricka har visat sig innehålla mer än 15 fotspår och har blivit kartlagd i år.

Forskning om rovdinosaurier är spännande, men kanske inte den typ av forskning som skapar flest arbeten, likaväl hjälper den till med att öka förståelsen för jordens historia och tidigare liv, och kan berätta något om utvecklingen av fåglarna. I framtiden kommer det säkert, både i Skåne och på Svalbard, att göras dinosauriefynd som kommer att öka intresset för dessa djur hos både barn och vuxna. Vi måste ta chansen att förmedla alla typer av naturkunskap genom denna "nyckel" som dinosaurierna är till en ökad allmänbildning inom naturvetenskaperna.

Jørn H. Hurum är försteamanuensis vid Paleontologisk Museum i Oslo;

[j.h.hurum@toyen.uio.no](mailto:j.h.hurum@toyen.uio.no)

[www.toyen.uio.no/palmus/dinolinker.htm](http://www.toyen.uio.no/palmus/dinolinker.htm)

Översatt från norska av Joakim Mansfeld



# *Vulkaner*

TEXT OCH FOTO

KARIN ERIKSSON

*Som geolog och fotograf har jag på senare år ägnat mycken tid åt att resa i geologiskt intressanta områden på jorden och med kamerans hjälp dokumentera geologiska processer och landskap.*



## Syrtingur

När Surtsey föddes ur havet den 14 november 1963 var det en stor sensation bland alla geologer. För mig stod ett besök på Surtsey högst upp på önskelistan och drömmen kunde förverkligas i juni 1965. Det blev några äventyrliga färder ut till ön med en fiskebåt och landstigning per gummibåt. Att den nyfödda grannön Syrtlingur var som mest aktiv just dessa dagar blev en bonus som inte ingått i planerna från början. På bara några hundra meters avstånd från Syrtlingur kunde vi i fiskebåten beskåda de våldsamma eruptionerna i den submarina kratern samtidigt som stora lavaklumpar plumsade ner i vattnet runt båten och svart tefra täckte båtdeck och oss. Att vi levde ganska farligt just då insåg vi väl först efteråt; mellan utbrotten störtade vattenmassorna in i kratern samtidigt som vår lilla fiskebåt Ra också drogs med i suget mot kratern. Men det var inte många minuter mellan eruptionerna så vid nästa utbrott upphörde suget så att vår skeppare August kunde styra undan. Syrtlingur blev en kort episod. Utbrotten upphörde på hösten samma år och några veckor senare hade höststormar helt utplånat ön som när den var som störst nådde ca 70 m ö.h.



## Vulcao dos Capelinhos

Azorernas yngsta vulkan Capelinhos föddes i havet alldeles utanför ön Faiais västra udde åren 1957–58. Ön växte ihop med huvudön som därigenom fick ett nyttillskott av land i form av halvön Capelinhos. Ön har minskat katastrofalt i storlek genom nedbrytning av vågor och vind. Omgivningarna är täckta av tefra från utbrottets inledande fas då stora mängder tefra producerades i samband med de submarina eruptionerna.

*I samband med Geologins Dag visas två av Karin Erikssons fotoutställningar i Stockholm; Vulkaner på Naturhistoriska Riksmuseet samt Geologiska Perspektiv på universitetet. I denna artikel visas några av vulkanutställningens foton.*



## Hawaii

Den som på nära håll vill uppleva ett aktivt vulkanutbrott rekommenderas ett besök på Big Island. Där har lava så gott som oavbrutet sedan 1983 strömmat ur kratrarna Pu'u 'O'o och Kupaianaha i Kilaueas östra riftzon. Stora områden har täckts av den lättflytande pahoehoelavan. Lavaströmmarna når ofta ner till kusten som ständigt omformas. Det är en obeskrivlig upplevelse att se hur lavan rinner ner på stranden och i nästa sekund översköljs av en våg och stelnar till bergart med flytstrukturerna helt bevarade. Här kan man verkligen följa kampen mellan de uppbyggande och nedbrytande krafterna! Vid lugnt väder byggs kusten ut i havet, vid hårdare väder förmår vågorna att omedelbart krossa lavan till små vassa nålar av svart lavasand.



För några år sedan flög jag två dagar i rad med helikopter över det aktiva området på Big Island. Natten mellan de båda dagarna bildades en ny liten sidokrater ur vars öppning lavan flödade och små lavafontäner bubbade glödande lava. Det sker hela tiden snabba förändringar!



## Yellowstone

I den stora kalderan belägen på en hot spot, finns många olika typer av varma källor med gejsrar, mud pools, travertinterrasser m.m. I Norris finns vackra exempel på hur mikroorganismer av olika slag och med olika färger är knutna till olika vattentemperaturer. I Mammoth Hot Springs har mäktiga travertinterrasser byggts upp av det kalkhaltiga varma vattnet.



## Taupo Volcanic Zone

På Nordön, Nya Zeeland, finns flera aktiva vulkaner och termalområden. I Champagne Pool är vattnet knappast lika drickbart som champagne, även om det bubblar! Bland många geysrar finns nog de mest aktiva i Roturoa.







## Mount St Helens

Vulkanen Mount St Helens i Kaskadbergen hade sitt senaste stora utbrott 18 maj 1980. I det katastrofala utbrottet exploderade vulkanens krön och i ett våldsamt bergras rutschade en blandning av smältande glaciäris, vulkaniska, utbrottsprodukter och bergartsfragment från vulkanen ut i dalgången. Heta gasmoln brände ett stort katastrofområde, laharströmmar och slamströmmar omformade landskapet, 56 människor omkom. Idag är Mount St Helens en lätt-tillgänglig sevärdhet. Man har byggt en ny väg igenom katastrofområdet upp till Johnston Ridge varifrån man har utsikt rakt in i vulkankratern med den dom som sakta byggdes upp under åren efter utbrottet. Domen är idag 266 m hög.

## Mount Rainiers

Ca 10 mil norr om Mount St Helens och i riskabel närhet till Seattle ligger den vackra men hotande stratovulkanen Mount Rainier. Liksom sin granne i söder är också Mount Rainiers krön täckt av glaciärer. Man vet att tidigare utbrott givit upphov till våldsamma slamströmmar i de jökellopp som uppstår i samband med utbrotten. Seattles södra förorter ligger inom riskområdena. Därför bevakas Mount Rainier kontinuerligt så att man ska kunna förvarna om kommande utbrott.







## Skjaldbreiður

Skjaldbreiður på Island är prototypen för en sköldvulkan. Namnet betyder den breda skölden. Den svagt välvda skölden som reser sig ca 600 m över omgivningarna är av postglacial ålder, (ca 9–10 000 år). Utbrottet som är det näst största på Island i Holocen tid pågick i 10–20 år och producerade ca 17 km<sup>3</sup> lava.

## Etna

Europas största vulkan besöks av mängder av turister som klättrar runt bland de lättåtkomliga kratrarna vid Refugio de Sapienza. Här fick jag en gång ett något oväntat möte med ett gäng nunnor på språng bland kratrarna! Vid Etnas utbrott förra hösten nådde lavaströmmarna ända ner till Refugio de Sapienza dit alla turistbussar går.



Naturforums geologer Karin och Gunnar Eriksson arrangerar resor för allmänheten till geologiskt intressanta områden. 2003 går resorna till Nya Zeeland, Alaska och Azorerna. Varje år leder de också geologikurser på Island. Info finns på [www.naturforum.se](http://www.naturforum.se)

Karin Eriksson är docent i kvartärgeologi och sedan 1990 verksam vid Naturforum i Garpenberg AB;  
[karin@naturforum.se](mailto:karin@naturforum.se)

# Att fånga tiden...

## Åldersbestämning av mineral och bergarter

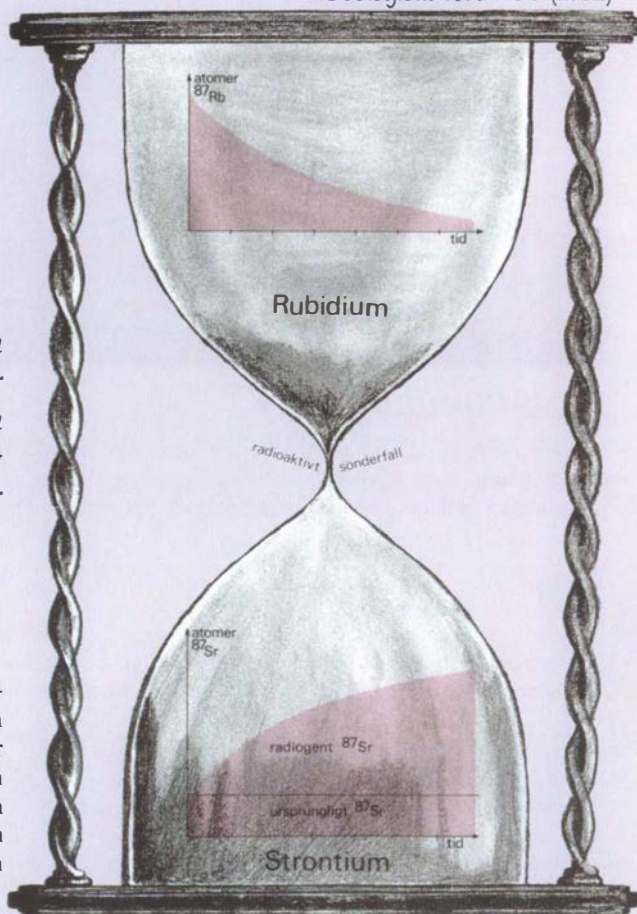
*Geologi handlar till stor del om att fånga tiden och kartlägga det förflutna, vare sig det gäller jordens utveckling under 4,5 miljarder år, den svenska berggrundens bildning och utveckling under 3 miljarder år, eller utvecklingen efter den senaste istidens slut för 10 000 år sedan.*

AV ÅKE JOHANSSON

För att mäta geologisk tid används naturligt förekommande radioaktiva isotoper som fungerar som naturens egna timglas. Uran, exempelvis, sönderfaller till bly med en bestämd hastighet. Genom att mäta andelarna uran och bly i ett mineral eller en bergart kan geologerna beräkna när denna bildades. Naturliga isotopvariationer kan också användas för att följa många av naturens kretslopp.

### Isotoper och radioaktivitet

De flesta grundämnen består av flera isotoper, dvs varianter av ett och samma grundämne med olika många neutroner i sin atomkärna, och därmed olika masstal (summan av antalet protoner och neutroner). Till exempel består grundämnet bly av fyra naturligt förekommande isotoper med masstalen 204, 206, 207 och 208. Vissa isotoper är radioaktiva och sönderfaller till en stabil isotop av ett annat grundämne med en bestämd hastighet, den s.k. halveringstiden. De två uranisotoperna  $^{235}\text{U}$  och  $^{238}\text{U}$  sönderfaller via diverse mellansteg till blyisotoperna  $^{207}\text{Pb}$  respektive  $^{206}\text{Pb}$ . Ett



Figur 1. De radioaktiva isotoperna fungerar ungefär som ett timglas: ju färre atomer som finns kvar av den radioaktiva isotopen, i detta fall  $^{87}\text{Rb}$ , och ju fler som har tillkommit av den radiogena isotopen,  $^{87}\text{Sr}$ , desto äldre är bergarten.

annat exempel är rubidiumisotopen  $^{87}\text{Rb}$  som sönderfaller till strontiumisotopen  $^{87}\text{Sr}$ . Den tid det tar för halva antalet atomer att sönderfalla kallas halveringstiden. Ett annat mått som används vid åldersberäkningar är sönderfallskonstanten, vilken anger antalet sönderfall per tidsenhet.

### Vanligt använda radioaktiva sönderfallssystem

Moderisotop	Dotterisotop	Halveringstid	Sönderfallskonstant
87-rubidium	87-strontium	48.8 miljarder år	$1.42 \cdot 10^{-11}$
40-kalium	40-argon	1.25 miljarder år	$5.54 \cdot 10^{-10}$
147-samarium	143-neodym	106 miljarder år	$6.54 \cdot 10^{-12}$
235-uran	207-bly	0.70 miljarder år	$1.55 \cdot 10^{-10}$
238-uran	206-bly	4.47 miljarder år	$9.85 \cdot 10^{-10}$
232-thorium	208-bly	14.0 miljarder år	$4.95 \cdot 10^{-11}$



## Naturens eget timglas

Naturligt förekommande radioaktiva isotoper kan användas för att datera mineral och bergarter. Principen är densamma som för ett timglas: ju färre atomer som finns kvar av den radioaktiva moderisotopen, t.ex.  $^{87}\text{Rb}$ , och ju fler som har tillkommit av den radiogena dotterisotopen, i detta fall  $^{87}\text{Sr}$ , ju äldre är bergarten (figur 1). Ett flertal radioaktiva sönderfallssystem finns, med olika moder- och dotterisotoper, olika halveringstid, och olika geologiska tillämpningar (se tabell sidan 18).

Den vanligaste dateringsmetoden är uran–bly-metoden. Oftast används mineralet zirkon (figur 2), ett mineral som finns i små mängder i de flesta granitiska bergarter och som innehåller relativt höga halter av uran och radiogent bly (några tiotal till hundratal miljondelar, ppm). Zirkonkristallerna, som normalt är någon tiondels millimeter stora, separeras ur den nedkrossade bergarten. Vid konventionell uran–bly-datering löses sedan ett urval kristaller upp i syra, och uran och bly separeras fram på kemisk väg.

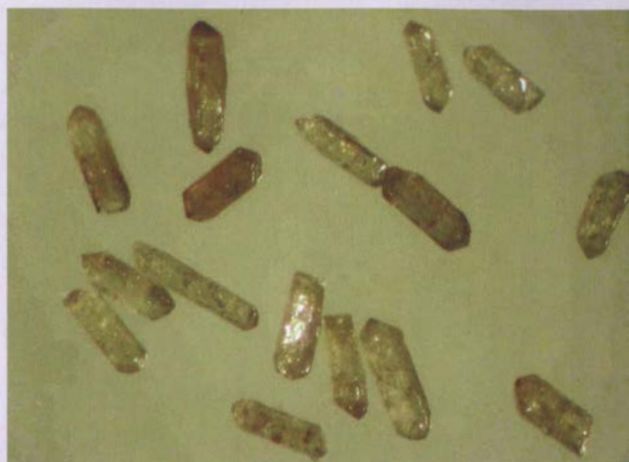
Andra dateringsmetoder är rubidium–strontium-metoden, kalium–argon-metoden och samarium–neodym-metoden. Vid dessa undersöks antingen hela bergartsprov i finmald form, eller olika mineral som separerats fram ur bergarten ifråga, till exempel olika typer av fältspat, ljus och mörk glimmer, hornblände eller granat. Genom att kombinera flera olika metoder och mineral kan man klarlägga utvecklingen även hos bergarter med en komplex geologisk utveckling, och få åldern både för den ursprungliga magmatiska kristallisationen och senare metamorfa omvandlingar.

## Åldersberäkning

För flera av dessa metoder plottas de uppmätta isotopkvoterna för de undersökta bergarts- eller mineralproven i ett s.k. isokrondiagram. För rubidium–strontium-metoden plottas kvoten  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  mot  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  (figur 3). När en magmatisk bergart kristalliserar från en magma har den från början en konstant  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -kvot om magman är homogen, medan kvoten  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  kan variera på grund av magmans kemiska utveckling under kristallisationens gång. Detta ger en kemisk variation mellan olika bergartsprov från samma bergart, vilka initialt kommer att ligga efter en horisontell linje i diagrammet. Allteftersom  $^{87}\text{Rb}$  sönderfaller till  $^{87}\text{Sr}$  rör sig provpunkterna snett uppåt i diagrammet, de Rb-rika fortare än de Rb-fattiga. Den räta linjen kommer därmed att roteras och få en allt större lutning ju äldre bergarten är. Det är denna linje som kallas "isokron", av grekiskans "lika ålder". Åldern på bergarten kan beräknas enligt formeln:

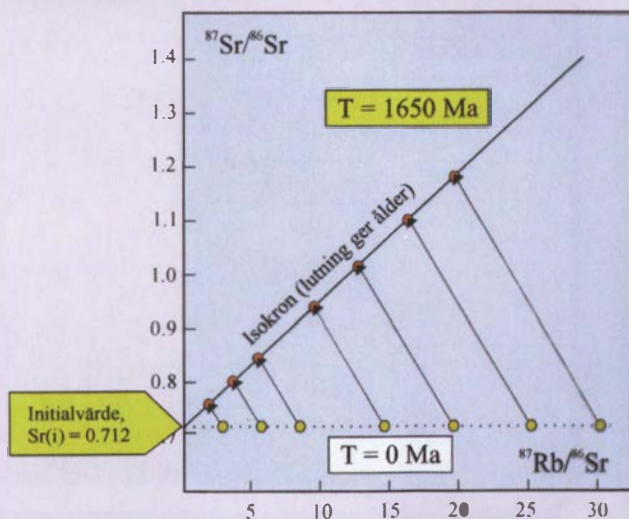
$$T = 1/\lambda \cdot \ln(k + 1)$$

där  $T$  är åldern,  $\lambda$  är sönderfallskonstanten, och  $k$  är linjens lutningskoefficient. För att åldersskall ha en reell



Figur 2. Mineralet zirkon ( $\text{ZrSiO}_4$ ) finns i liten mängd i de flesta granitiska bergarter. Det innehåller små mängder uran vilket sönderfaller till bly med känd hastighet, och är det vanligaste mineralet som används för uran–bly-datering. Ur flera kilogram krossad sten fås kanske något gram zirkoner, och de bästa zirkonkristallerna väljs sedan ut för analys genom handplockning under mikroskop. Kristallerna på bilden är av normal storlek, någon tiondels millimeter stora. Ett typiskt analysprov består av något tiotal kristaller och väger några tiondels milligram.

Figur 3. Principskiss av ett isokrondiagram för rubidium–strontium. Längs linjen, isokronen, faller prover med lika ålder och initial isotopkvot. Ju brantare isokronen lutar, ju högre är åldern.



## FAKTARUTA

*Från 10 kilogram sten till 10 nanogram bly...*

*Krossning och malning av bergartsprovet så att de enskilda mineralkornen frigörs.*



*Tunga mineral, som zirkon separeras ut med hjälp av vätskor med hög densitet.*

*Utplockning av rena zirkonkristaller under mikroskopet.*



*Genom ett så kallat jonbyte separeras uran och bly i provlösningen ut från de andra grundämnena med hjälp av syror av olika styrka.*



*Zirkonerna löses upp i fluorvätesyra i stålbomben i en ugn vid 205 °C under cirka en vecka, innan de är klara för fortsatt kemisk preparation.*



*Invägning av zirkonkristaller i provbehållare inför upplösning. Ett halvduussin fraktioner med kristaller av olika utseende och storlek vägs in från varje prov. Varje fraktion består av några få kristaller, och väger något tiondels milligram.*



*Uranets och blyets isotopsammansättning mäts i en masspektrometer. Mängden uran eller bly som analyseras är några få nanogram (miljarddels gram). De uppmätta isotopkvoterna används sedan för att beräkna halterna uran och bly i zirkonerna och bergartsprovets ålder.*





Figur 4. Grå Stockholmsgranit med brottstycke av sedimentådergnejs, och genomsatt av gångar av ljus finkornig aplit och grov pegmatit, utanför ingången till T-banestation Universitetet. Liknande grå Stockholmsgranit provtogs för åldersbestämning i samband med sprängningsarbetena för Cosmonova för några år sedan.

geologisk innebörd måste alla prover haft samma initiala strontiumisotopkvot och förblivit ett slutet system sedan kristallisationen, dvs inget rubidium eller strontium får ha tillförts eller bortförts genom olika omvandlingsprocesser.

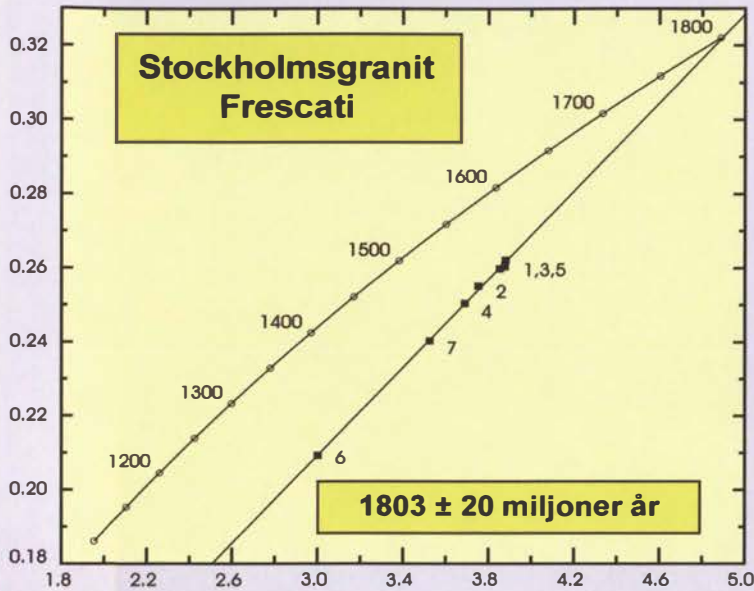
Även linjens skärning med diagrammets y-axel, den initiala  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -kvoten, är av geologiskt intresse, eftersom den ger information om magmans ursprung. I detta fall betyder en låg  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -kvot att magman kommer från den Rb-fattiga manteln, medan en hög kvot kan tolkas som att den bildats genom uppsmältning av äldre, mer Rb-rik, jordskorpa.

För uran-bly-metoden används en annan typ av diagram, kallat concordiadiagram, eftersom denna metod egentligen bygger på en kombination av två sönderfall:  $^{238}\text{U}$  till  $^{206}\text{Pb}$  (halveringstid 4,5 miljarder år) och  $^{235}\text{U}$  till  $^{207}\text{Pb}$  (halveringstid 700 miljoner år). De uppmätta isotopkvoterna  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  och  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  i varje zirkonfraktion plottas i ett diagram, där en kurva, kallad concordiakurvan, beskriver deras förändring med tiden (se figur 5 nedan). I idealfallet plottar det

undersökta provet direkt på kurvan, och åldern kan då direkt läsas av. Många gånger har dock zirkonerna förlorat en del av sitt radiogent bildade bly, och analys-punkterna faller då under kurvan men bildar ofta en rät linje. Zirkonernas kristallisationsålder bestäms då ur den övre skärningspunkten mellan denna linje och den teoretiska ålderskurvan.

### **Ett exempel: uran-bly-datering av Stockholmsgraniten**

Stockholmsgraniten är en grå eller ljusröd, massformig och odeformerad granit, vilken trängde in i slutskedet av den Svekofenniska bergskedjeveckningen för ca 1800 miljoner år sedan. Den bildar ett större sammanhängande massiv i Täby-Vallentunaområdet, och mindre långsträckta partier i berggrunden söder därom, bl.a. i Frescatiområdet (figur 4), där den provtogs och daterades för några år sedan med uran-bly-metoden på mineralet zirkon (Ivarsson och Johansson 1995).



Figur 5. Concordiadiagram för Stockholmsgraniten från Frescati (från Ivarsson och Johansson 1995).

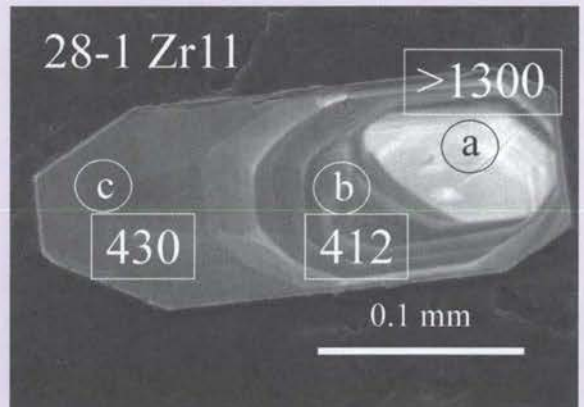
Att utföra en uran–bly-datering är en lång procedur i många steg (faktaruta sidan 20). Bergartsprovet skall krossas och malas, och de sällsynta zirkonerna separeras fram genom olika metoder som utnyttjar deras höga densitet och magnetiska egenskaper. Efter att välkristalliserade zirkoner valts ut genom handplockning under mikroskopet skall dessa lösas upp i stark syra, och uran och bly separeras fram på kemisk väg. Uranets och blyets isotopsammansättning mäts i en masspektrometer, och åldern beräknas utifrån de uppmätta isotopkvoterna i de olika zirkonfraktionerna.

Dessa kvoter i zirkonerna från Stockholmsgraniten har plottats i ett concordiadiagram (figur 5). Åldern bestäms ur den övre skärningen mellan concordia-kurvan och den räta linjen (diskordian) genom de sju analyspunkterna, i detta fall 1803±20 miljoner år. Denna ålder tolkas som tidpunkten för Stockholmsgranitens intrusion och kristallisation, och är en rätt typisk ålder för de sensvekofenniska graniter som Stockholmsgraniten brukar räknas till.

## NORDSIM

Vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm finns Sveriges enda laboratorium för isotopgeologi och radiometrisk åldersbestämning. Här finns också den gemensamma nordiska jonmikrosonden NORDSIM, ett stort och avancerat specialinstrument där isotopanalyser i mikroskala kan utföras *in situ* i olika mineral. Det vanligaste användningsområdet är att utföra uran–bly-analyser punktvis i zirkonkristaller med en komplex utvecklingshistoria (figur 6). Analyspunkterna är ca 20 mikrometer i diameter, vilket

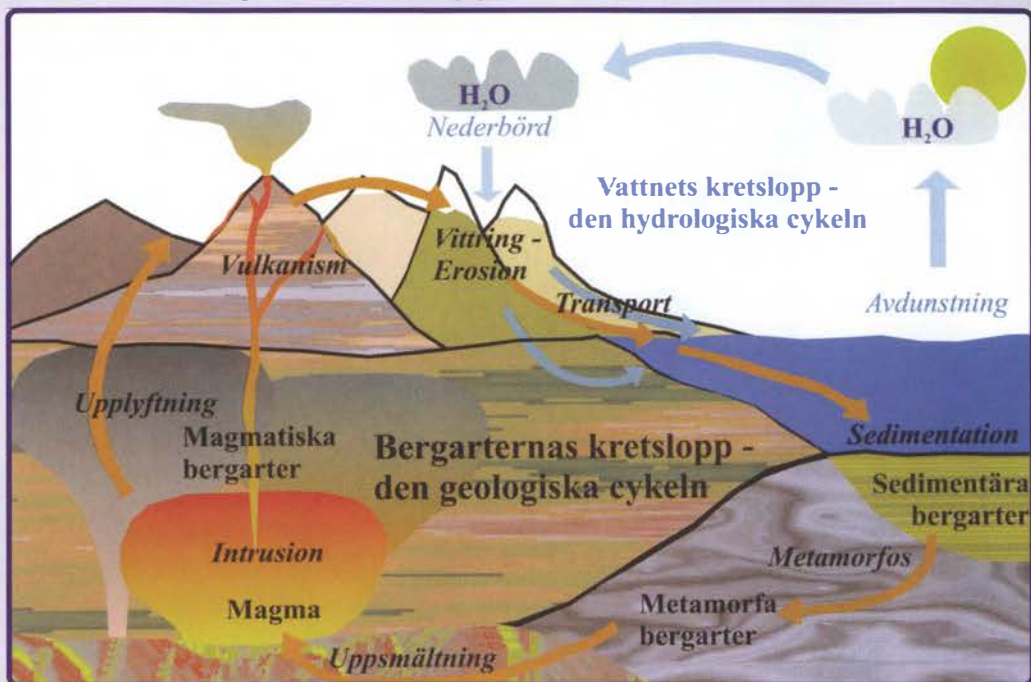
möjliggör att äldre kärnor och yngre påväxter i en och samma kristall kan dateras separat. Därigenom fås en betydligt bättre förmåga att klarlägga utvecklingen hos bergarter med en komplex historia, där zirkonerna både kan vara av äldre nedärvt ursprung (ej upplösta i magman), magmatiskt kristalliserade, och metamorft bildade.



Figur 6. Elektronmikroskopbild på zirkon i genomskärning, tagen med s.k. cathodoluminiscens för att visa inre struktur, där punktanalys med NORDSIM visar på en äldre nedärvd kärna (ljus, med en ålder på minst 1300 miljoner år), omgiven av en yngre, magmatiskt bildad påväxt i flera skikt (mörkare, med en ålder på ca 410–430 miljoner år). Zirkonen kommer från Rijpfjorden-graniten på nordöstra Svalbard (från Johansson m.fl. 2002)



## Jordens inre och yttre kretslopp



Jordens utveckling kan beskrivas som ett samspel mellan två kretslopp. Det inre kretsloppet – bergartscykel – drivs av radioaktiv värme från jordens inre. Magma från manteln tränger upp i jordskorpan och stelnar till magmatiska bergarter på djupet eller når jordytan vid vulkanutbrott. Genom upplyftning och erosion blottas djupbergarterna vid ytan och kan eroderas. Erosionsprodukterna transporteras ut i havet och bildar sedimentära bergarter. Dessa i sin tur omvandlas genom tryck och värme till metamorfa bergarter djupt nere i jordskorpan. Blir det tillräckligt varmt smälter de upp, och ny magma bildas. Nära kopplad till bergartscykel är den plattektoniska cykeln: kontinenter spricker upp, driver isär och kolliderar på nytt, berggrunden omvandlas och höga bergskedjor bildas. Tidsperspektiven är långa, ofta hundratals miljoner år.

Det yttre kretsloppet – vattnets kretslopp – drivs liksom atmosfärens och havens cirkulation ytterst av solens energi. Vatten avdunstar, kondenserar och faller ned som regn eller snö, och strömmar som grund- eller ytvatten tillbaka till havet. Tidsperspektiven är korta – dagar, veckor, år, kanske årtusenden för glaciärisk och grundvatten. Genom erosion, transport och sedimentation av material griper vattnets kretslopp in i bergartscykel. Kopplade till dessa kretslopp är grundämnenas kretslopp mellan olika reservoarer, t.ex. kolets kretslopp mellan jordskorpan (stenkol, olja, kalksten), atmosfären (koldioxid), oceanerna (karbonatjoner) och biosfären. Flera grundämnenas kretslopp kan undersökas genom studier av isotopvariationer hos dessa ämnen i olika reservoarer.

## Att följa kretsloppen

Användning av isotopanalyser inom geologin är inte begränsad bara till ren åldersbestämning. Naturliga isotopvariationer hos olika element kan också användas till att kartlägga dessa grundämnenas kretslopp mellan olika reservoarer – berggrunden, de lösa jordarterna, grundvattnet, havsvattnet och atmosfären – och därmed olika geokemiska processer med olika tidsskala (ovan). Detta är inte bara av intresse för att klarlägga jordens förflutna, utan också för att följa nu pågående processer, och de effekter mänsklig påverkan kan ha på miljön och de naturliga kretsloppen.

## Referenser

- Ivarsson, C. och Johansson, Å., 1995: U-Pb zircon dating of Stockholm granite from Frescati. *GFF*, vol. 117, p. 67–68.  
 Johansson, Å., Larionov, A.N., Tebenkov, A.M., Ohta, Y. och Gee, D.G., 2002: Caledonian granites of western and central Nordaustlandet, northeast Svalbard. *GFF*, vol. 124 135–148.

Åke Johansson är verksam som forskare vid Laboratoriet för isotopgeologi, Naturhistoriska riksmuseet, i Stockholm;  
 ake.johansson@nrm.se

# Tidigt liv på jorden



Figur 1. Rödalgen Bangiomorpha, 1200 miljoner år gammal. Foto N.J. Butterfield.

Senare tiders forskning har visat att vad som hände för 550 miljoner år sedan visserligen var viktigt – de flesta nu levande djurgrupperna visade sig då för första gången – men att det föregicks av en mycket lång period då nästan bara mikrober levde på jorden.

Bevis för detta hittar man i form av fossil. Vissa finkorniga bergarter, bland annat flinta, kan i lyckliga fall bevara mjuka vävnader och celler så väl att de nästan ser levande ut. Figur 1 visar en 1200 miljoner år gammal rödalga, en av de tidigaste flercelliga organismerna. Dessa upptäckter har bekräftat bilden av en jord som under de första nio tiondelarna av sin tillvaro hyste inget liv alls eller nästan enbart mikrobiellt liv, och först därefter, för 550 miljoner år sedan, "exploderade" i den formrika natur som vi känner i dag, där framför allt djur och gröna växter spelar en framträdande roll. Denna händelse brukar kallas *den kambriska explosionen*.

*I livets historia på jorden går det en skarp gräns ungefär 550 miljoner år före nutiden, vid den kambriska periodens början. De flesta fossil vi har hittat är yngre. Med tanke på att jorden är mer än åtta gånger så gammal (ungefär 4600 miljoner år) skulle det alltså se ut som om det har tagit mycket lång tid för livet att etablera sig här.*

AV STEFAN BENGTSON

## Det första livet

Vi vill gärna veta vad som är först och äldst: De första människorna, de första dinosaurierna, de första blommorna, de första djuren, de första bakterierna, det första livet. Men just en sådan fråga är nästan omöjlig att besvara. Är de första människorna de första som såg ut som vi själva, de första som ritade bilder på en grottvägg eller gjorde upp eld, de sista gemensamma förfäderna till alla människor som lever idag, eller kanske ännu äldre förfäder? Alla sådana beskrivningar har sina speciella problem: Vad menas med "se ut som"? Hur vet vi att vi har hittat den första grottmålningen eller den senaste gruppen av förfäder? Hur kan vi skilja mellan chimpansernas och människornas förfäder från den tid när de knappast såg skillnad på varandra själva?

Dessutom ger fossilen en ofullständig bild. De flesta levande varelser blir aldrig fossil, och även de bäst bevarade fossilen visar bara en liten del av vad som en gång var en levande organism.





Figur 2. Stromatoliter, kuddliknande mikrosamhällen från Shark Bay i västra Australien. Foto S. Bengtson.

Trots svårigheterna gör vi i alla fall vad vi kan för att ta reda på hur och när alla olika livsformer kom till. Det är inte för att få in notiser i Guinness Rekordbok, utan för att förstå hur livet har utvecklats under sin långa historia på jorden.

Inte bara på jorden, förresten. Den största frågan av alla, "Finns det liv på andra håll i universum?", hänger ihop med frågan om när och hur livet på jorden uppstod. Jorden är ju än så länge vårt enda kända exempel på en planet med liv. Om det visar sig att livet på jorden uppstod så fort den hade blivit beboelig för den sorts liv vi känner, kan det betyda att universum på något sätt är genomsyrat med liv, att det bara behövs något för livet att växa på för att det skall sätta fart.

Så hur långt tillbaka går egentligen livets historia på jorden? Fram till nyligen var svaret: Nästan hela vägen. Man hade hittat fossil som liknade cyanobakterier (bakterier som kan producera mat och fritt syre med hjälp av solljus; de brukar också kallas "blågröna alger") i 3500 miljoner år gammal berggrund, och kemiska tecken på liv i berg så gammalt som 3850 miljoner år.

Längre tillbaka än så kanske det inte går att komma. Kratrarna på månen visar att dessförinnan var meteoritbombardemanget i jordens närhet (på jorden försvinner kratrarna så småningom på grund av luftens och vattnets inverkan, och eftersom jordytan förnyas genom plattetektoniken) så kraftigt att det borde ha dödat allt liv på jordytan. Det såg alltså ut som om livet uppstod på jorden så fort det fanns en chans. Goda nyheter för liv i universum, alltså.

Tyvärr har den ljusa bilden fördunklats på den allra sista tiden. Kritiska studier av de bergarter som innehåller de förmodade tecknen på tidigt liv har visat att de inte har bildats på havsbotten, som man trodde, utan kommer från betydligt djupare, livsfientliga miljöer. Dessutom kan både den kemiska egenarten och de bakterielliknande strukturerna ha bildats på annat sätt än genom levande varelser. Även om detta inte utesluter att liv kan ha funnits så tidigt, så har vi nu inga bra bevis för det. Mer sannolika livstecken finns inte förrän i bergarter drygt 3000 miljoner år gamla.





Figur 3. Grypania, en algliknande organism, 1850 miljoner år gammal. Foto T.-M. Han.

Figur 4. Spår av maskliknande organismer, 1200–2000 miljoner år gamla. Foto S. Bengtson.



Livets ursprung på jorden är alltså höljt i dunkel. Vi vet inte om det uppstod i varma källor, på havsbotten, i någon sjö eller pöl, eller om det ramlade ned från Mars (jag skämtar inte – möjligheten att mikrober kan lifta med meteoriter från Mars till jorden diskuteras på fullt allvar).

## Den nästan oändliga historien

Livets fortsatta historia är något bättre känd, men fram till den *kambriska explosionen* för ungefär 550 miljoner år sedan verkar det ha varit nästan bara mikrobernas historia. Hademan varit där under den långa tiden hade man med blotta ögat antagligen bara kunnat se stromatoliter – kuddliknande mattor bildade av mikrosamhällen (figur 2). De var mycket vanligare än idag, eftersom de bara bildas där de får växa i fred från djur som äter upp mikroberna.

Men även om det hade sett tråkigt ut på ytan hände det mycket inuti dessa mikrober. Så kallade prokaryota organismer (bakterier och archeer; vilka saknar cellkärna) är bara några tusendels millimeter stora, men de





Figur 5. Dickinsonia, en organism av okänt släktskap från Ediacarabiotan, 550 miljoner år gammal. Foto S. Bengtson.

är avancerade organismer med en enorm anpassningsförmåga, och de har utvecklat många sätt att omvandla energi. Särskilt viktigt för oss är att någon gång för kanske 2700 miljoner år sedan började några av dem att livnära sig genom att äta upp andra. Några av de uppättna cellerna överlevde inuti rovcellerna, och det skulle avgöra livets framtid. Det visade sig nämligen att organismerna kunde samarbeta – de uppslukade bakterierna var bland annat bra på olikasorters energi-omvandling, och de större cellerna kunde tillgodogöra sig denna energi samtidigt som de skyddade de små inuti sig. Dessa samarbetslag klarade sig bra, och utvecklades så småningom till nya organismer med i huvudsak sammansmält arvsmassa. Dessa så kallade eukaryota celler gav senare upphov till en mångfald encelliga och flercelliga varelser, däribland alla djur, växter och svampar.

Några hundra miljoner år efter eukaryoternas uppkomst inträffade några stora miljökatastrofer. Jorden blev först nedisad, troligen helt och hållet, och för omkring 2000 miljoner år sedan började syrehalten i luften att gå upp – ett resultat av cyanobakteriernas verksamhet. Det var verkligen en katastrof för de många typer av mikrober som inte tålde syre; däremot var det välkommet för eukaryoterna, som själva behöver fritt syre för att kunna överleva och växa. Snart därefter kom också de första tecknen på att flercelliga eukaryoter börjadespela en roll: De spiralvridna grypaniorna (figur 3) kunde bli en halvmeter långa, och spår på havsbotten (figur 4) tyder på att maskliknande varelser kröp omkring där.

Men det skulle alltså dröja mycket länge innan flercelliga organismer på allvar satte sin prägel på jorden. Anledningen till det långa dröjsmålet är oklart; man har försökt förklara det både med biologiska mekanismer (t.ex. att de nödvändiga genmekanismerna inte hade utvecklats än) och med miljöbetingelser (t.ex. att halten av fritt syre ännu inte var tillräckligt hög för att tillfredsställa flercelliga organisms stora energibehov).

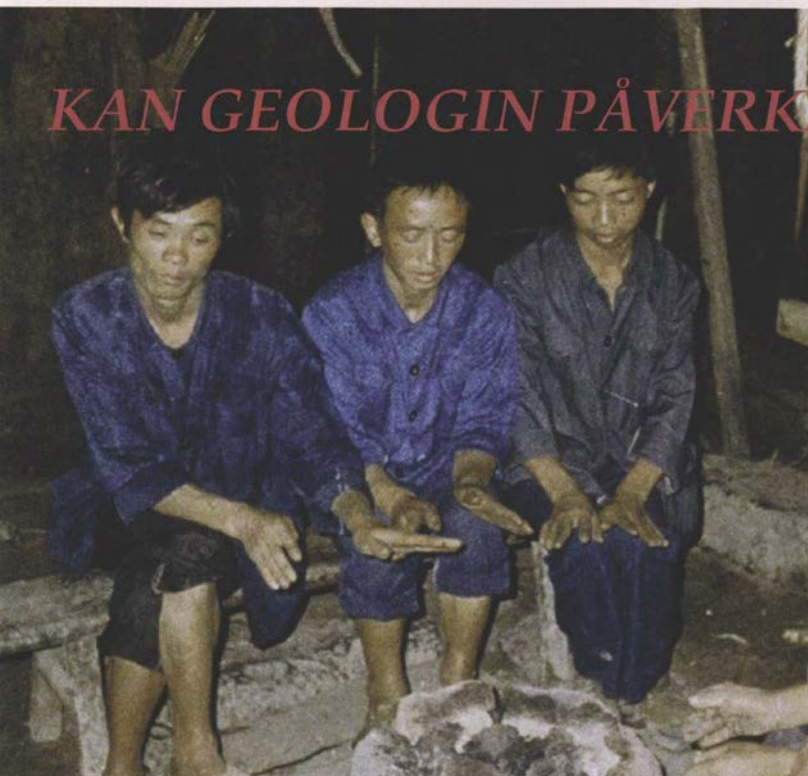
Vad man vet är att före den kambriska explosionen inträdde en ny period av omfattande nedisningar. Glaciärerna gick ända ned till ekvatorn, och en teori går ut på att allt land och hav blev fullständigt nedisade, den så kallade *snöbollsjorden*. Isens grepp släppte inte förrän för ungefär 600 miljoner år sedan.

Därefter gick det "fort" – flercelliga organismer blev alltmer vanliga (figur 5), och en tid efter kambriums början, för ungefär 520 miljoner år sedan, hade de flesta nu levande djurgrupperna visat sig i haven. Var det *snöbollen*, nedisningens enorma miljökatastrof, som på något sätt gav livet en skjuts, eller skulle utvecklingen ha tagit ungefär denna riktning i alla fall? Det vet vi inte, men om den *kambriska explosionen* berodde på nedisningen vore det inte enda gången i livets historia som en katastrof har visat sig livgivande.

---

*Stefan Bengtson är docent i historisk geologi och paleontologi, och försteindendent vid Sektionen för paleozoologi, Naturhistoriska riksmuseet; stefan.bengtson@nrm.se*

# KAN GEOLOGIN PÅVERKA VÅR HÄLSA?



Kineser som värmer sig över en eld med mycket arsenikrik kol.  
Foto R. Finkelman.

*Geologin, vår naturliga miljö, påverkar vår miljö och även vår hälsa i högre utsträckning än de flesta av oss är medvetna om.*

AV OLLE SELINUS

1991 hade vulkanen Pinatubo i Sydostasien utbrott. Under bara två dagar släppte vulkanen ut 20 miljoner ton svaveldioxid, 2 miljoner ton zink, 1 miljoner ton koppar, 5 500 ton kadmium, 100 000 ton bly, 300 000 ton nickel, 550 000 ton krom, 800 ton kvicksilver och mycket annat som kom ut i atmosfären. Detta är bara ett utbrott av många; man räknar med att 60 vulkaner har utbrott varje dag på jorden. Till detta kommer alla utbrott på havets botten. Som vi förstår är de geologiska processerna enormt viktiga när det gäller tungmetaller och andra ämnen i vår miljö.

Stora insatser har gjorts för att undersöka människans föroreningar i miljön. Men också naturen själv kan förorsaka problem för oss. När metallerna i berggrunden kommer ut i jordar och vatten påverkas också de levande organismerna. Metallerna tas upp av växter vilka sedan konsumeras av människor och djur. De djur som ätit av dessa växter blir sedan till föda för människor och vi dricker även det vatten som innehåller tungmetaller som frigjorts från mark och berggrund. Vi inser då att berggrunden och jordarna kan vara en direkt risk för djurs och människors hälsa om de innehåller för höga metallhalter, men även om de innehåller för låga halter vilka kan ge upphov till bristsituationer. Denna

tvärvetenskap, som vuxit upp under senare år, kallas för *geomedicin* eller *medicinsk geologi* och studerar hur utbredningen av olika sjukdomar är relaterad till de naturliga elementhalterna i berg, jord och vatten.

Det finns livsnödvändiga element i naturen som vi inte kan klara oss utan, t.ex. kalcium, magnesium, kalium, natrium, krom, koppar, fluor, jod, järn, mangan, molybden, selen och zink. Elementen kan vara livsnödvändiga i vissa koncentrationer och giftiga i andra. Det finns också element som inte är nödvändiga utan bara skadliga, nämligen arsenik, kadmium, bly och kvicksilver.

Men hur står det till i praktiken. Påverkas vi verkligen av detta eller är det bara teoretiska resonemang? Vi påverkas i mycket hög grad. Här följer några exempel både från andra länder och från Sverige. Ett av exemplen, arsenik i Bangladesh och Bengalen räknas som den största miljökatastrofen någonsin!

## Kinesiska äventyr

År 1271 lämnade Marco Polo tillsammans med sin far och farbror Venedig. De hade Kina som mål och framför dem väntade många strapatser och äventyr. Inte





2. Vulkanutbrott, Krafla, Island 1980. Foto Olle Selinus.

förrän 1275 kom de fram till sitt mål som var Kublai Khans sommarresidens. Den unge Marco Polo var mycket uppmärksam och nedtecknade sina minnen när han satt i fängelse. Han berättade i fängelset att han bara kunde använda packdjur som hade lärt sig undvika vissa giftiga betesväxter på de Kinesiska högländerna. Djur importerade från andra områden åt av dessa växter och blev sjuka, tappade hår, fick andrasymptom och dog. Han anade inte vad denna sjukdom berodde på men vi vet nu att berggrunden i dessa områden innehöll ovanligt höga halter av selen som sedan togs upp av vissa växter och då blev hästarna förgiftade.

700 år senare, på 1930-talet, rapporterades i Kina om en sjukdom som senare skulle kallas Keshan-sjukan. Den uppträdde i ett stort område från sydvästra till nordöstra Kina och var en hjärtmuskelsjukdom. Först under 1970-talet kom man på lösningen. De som bidrog till lösningen av denna utbredda sjukdom var geologer. Sjukdomen berodde på att människor och djur hade ett underskott av selen som i sin tur berodde på att det fanns alldeles för låga halter av detta viktiga element i vatten och jordar, vilket i sin tur berodde på mycket låga halter i berggrunden. När befolkningen fick selen-tabletter upphörde eller lindrades i de flesta fall sjukdomen.

## Arsenikkatastrofen i Västbengalen och Bangladesh

I Bengalen i Indien och Bangladesh finns alarmerande exempel på hur geologin kan förorsaka allvarliga hälsoproblem. Byborna i dessa områden har tidigare använt ytvatten för bevattning av sina grödor. Nu har man fått hjälp med internationella biståndsorgan att borra brunnar som tar upp grundvatten från ofta mer än 150 m djup. Genom rikligheten av detta vatten kan man odla en ny typ av högvakastande ris som har revolutionerat det lokala jordbruket och bönderna kan få 3–4 skördar per år istället för som tidigare endast en skörd. Dessa framsteg har emellertid förorsakat en mänsklig katastrof. Berggrunden under dessa områden består av arsenikhaltiga bergarter. Genom det kraftiga upptaget av vatten har arsenik mobiliserats och kommit ut i vattnet. Vattnet innehåller mycket höga halter av arsenik och minst 200 000 människor har blivit arsenikförgiftade i mer än 400 byar. Vissa källor menar nu att så många som 25 miljoner människor har förgiftats. Många av dessa kommer sannolikt att dö i förtid.

## Sickness country i Australien

I Australien har man länge känt till att urinvånarna, aboriginerna, ansett vissa områden vara heliga. I flera fall har de heliga områdena ansetts farliga. I ett område,





halterna i Vargön kommer från ferrolegeringsverket och är välkända sedan lång tid tillbaka. Halterna i Nässjö är däremot lika höga men de härstammar från berggrunden och är alltså naturliga! (En av de största "förorenarna" av miljön kan alltså vara naturen själv!)

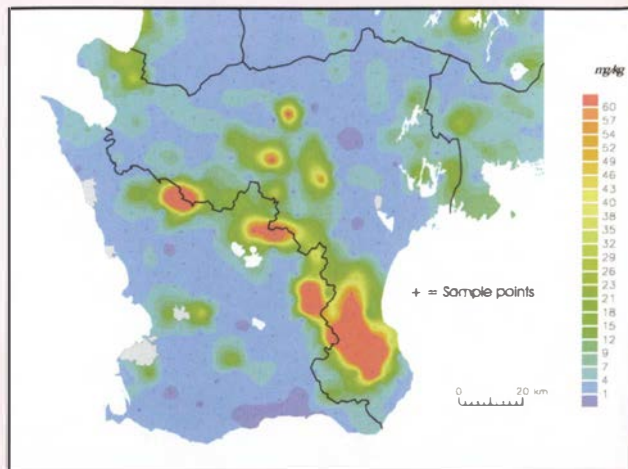
Ett annat exempel är kadmium i Skåne. I mitten av 1980 talet genomförde SGU sin biogeokemiska kartering i Skåne. Då framkom ett brett stråk i NV-SE riktning genom Skåne med kraftigt förhöjda kadmiumhalter. I samarbete med Lantmännen genomfördes 1989 analys av kadmium i höstvette i Skåne som visade på markant höjda halter. Vattenprover från brunnar i området analyserades också och visade allmänt på höga halter. Undersökningar har också visat att älgar i motsvarande område har kraftigt förhöjda kadmiumhalter i njurarna. Det är omöjligt att säga om de höga kadmiumhalterna lett till några hälsoeffekter men i samarbete med Malmöhus Läns Landsting har SGU utfört undersökningar för att försöka fastställa källan till kadmiumhalterna som visade att mänskliga orsaker torde kunna uteslutas. Istället är en trolig förklaring den kambriska sandstenen som underlagrar området.

## Djur och människor i Sverige

Ett exempel hos djur är Älvsborgssjukan hos älg. Under senare delen av 1980-talet konstaterades i västra Sverige en tidigare ej beskriven sjukdom hos älg. Ett antal forskare har sedan Älvsborgssjukan upptäcktes undersökt olika förklaringar för att försöka definiera de bakomliggande orsakerna till sjukdomens uppträdande. Genom undersökningar av 4300 älgar hos Statens Veterinärmedicinska Anstalt har man kunnat visa på att koppar / molybdenbalansen hos älgarna rubbats kraftigt. Källan till förändringarna i spårelementbalansen måste sökas i födointaget och älgarnas dricksvatten. Om det sker en kraftig höjning av pH, som t.ex. vid kalkning av sjöar, våtmarker, vattendrag och jordbruksmark, kommer i marken naturligt förekommande molybden att frigöras för transport i vattendrag och via växtrötter upptas i ekosystemens samtidigt som koppar fastläggs. Tidpunkten för molybdenökningen i älgorgan i Älvsborg stämmer tidsmässigt väl överens med en intensifierad kalkning i nämnda län. I naturen förekommer molybden och koppar naturligt i berg och jord och halterna varierar starkt beroende på bergart och jordart.

Det finns också exempel på geologins påverkan på människor i Sverige. Ett välkänt exempel är hälsoeffekterna av radon. Radon härstammar från radioaktiva uranhaltiga graniter. Det är väl känt att radon kan förorsaka lungcancer.

En sjukdom som delvis kan vara förorsakad av naturliga, geologiska faktorer, är också barndiabetes, typ1. I Sverige finns ett omfattande barndiabetesregister. Analyser av detta material har visat att incidensen av barndiabetes i Sverige internationellt sett är hög. Studier



Kadmium i biogeokemiska prov i Skåne

har skett av kopplingen mellan barndiabetes och miljöfaktorer där man kunnat bevisa att en bidragande orsak till uppkomsten av barndiabetes kan vara låga zinkhalter i dricksvatten. Denna undersökning baserar sig på användningen av biogeokemiska data från SGU och barndiabetesregistret och är ett samarbete mellan Umeå Universitetssjukhus, Socialstyrelsen och SGU.

Även hjärt-kärl-sjukdomar kan vara beroende av dricksvatten. Liksom på andra håll i världen har man kunnat visa på i Sverige att hjärt-kärl-sjukdomar minskar med ökande vattenhårdhet och ökning av sulfat och bikarbonathalterna i dricksvatten. Sådana undersökningar har gjorts på Akademiska sjukhuset i Uppsala bl.a. med hjälp av SGU:s biogeokemiska data. Variationerna i vattenhårdheten beror på geologin.

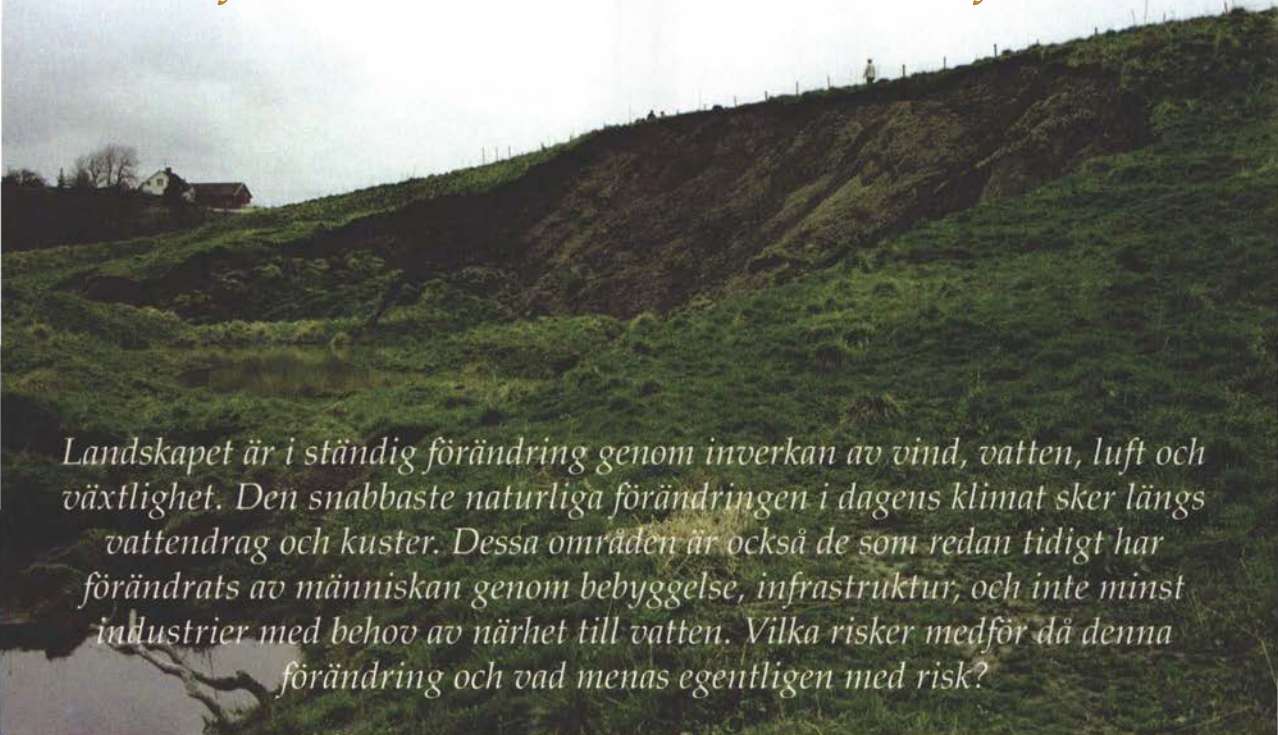
## Internationellt arbete

Det finns också en internationell arbetsgrupp och UNESCO-projekt som leds från SGU. Dessa består av geologer, medicinare, veterinärmedicinare etc från hela världen. Planerna är också att bl a dokumentera i bokform de bevis som finns runt om i världen på att geologin på olika sätt kan påverka vår hälsa. Vidare pågår en omfattande kursverksamhet över hela världen som också leds från SGU. Medicinsk geologi är alltså ett område på frammarsch internationellt och inte minst inom Sverige.

*Olle Selinus är enhetschef på den geokemiska enheten vid Sveriges geologiska undersökning; olle.selinus@sgu.se*

# Skred

## Varför blir det skred, vilka risker medför det



*Landskapet är i ständig förändring genom inverkan av vind, vatten, luft och växtlighet. Den snabbaste naturliga förändringen i dagens klimat sker längs vattendrag och kuster. Dessa områden är också de som redan tidigt har förändrats av människan genom bebyggelse, infrastruktur, och inte minst industrier med behov av närhet till vatten. Vilka risker medför då denna förändring och vad menas egentligen med risk?*

*Skred, Hedekas i Munkedals kommun. April 1989.  
Foto Åke Johansson, SGI.*

AV KARIN ODÉN OCH GUNNEL NILSSON

Naturliga processer förändrar successivt vårt landskap och en påtaglig förändring sker invid våra rinnande vattendrag. Beroende på vilka geologiska förutsättningar som finns inomskilda områden blir påverkan av dessa processer olika stor. Erosion längs stränderna är exempel på en process som medför förändring. Raviner kan uppstå därför att lera har starka bindningar mellan kornen som gör att jorden håller ihop. Slanter i silt- och lerjord kan bli mycket höga och branta.

Beroende på finjordarnas sedimentationsmiljö, avsättning i salt- eller sötvatten och rådande grundvattenströmning har lera fått olika egenskaper. Kvik-lera är ett exempel på en lera som är avsatt i marin miljö, vilket innebär att ämnen från det salta vattnet (joner av Ca, Na, Mg m.fl.) finns inlemmade i lerans porskelett. På grund av grundvattenströmningen (sötvatten) har joner

dock utlakats, vilket har fått till följd att de tidigare starka bindningarna mellan lerpartiklarna har försvagats. Kviklerans kornskelett är därför mycket känsligt för störning och kan förlora i stort sett hela sin hållfasthet, till och med bli flytande, om den utsätts för vibrationer.

Lerans egenskaper, grundvattenförhållanden samt nivåskillnader i lerlandskapet (exempelvis ravinbildningar, men också långsträckta lersluttningar) påverkar stabilitetsförhållandena i landskapet. Ökad slänthöjd och släntlutning innebär ökad benägenhet för skred. Höjdskillnaden har mindre betydelse i grövre jordar där rasbenägenheten framförallt är beroende av släntlutningen.

Skillnaden mellan skred och ras är att vid ett skred, i finjordar, glider en "sammanhängande" jordmassa





Figur 1. Generaliserad karta över områden över och under högsta kustlinjen (HK) (Räddningsverkets hemsida om naturolyckor, faktaunderlag SGI och SGU).



Figur 2. Frekvens av raviner och skredärr (Räddningsverkets hemsida om naturolyckor, faktaunderlag SGI och SGU).

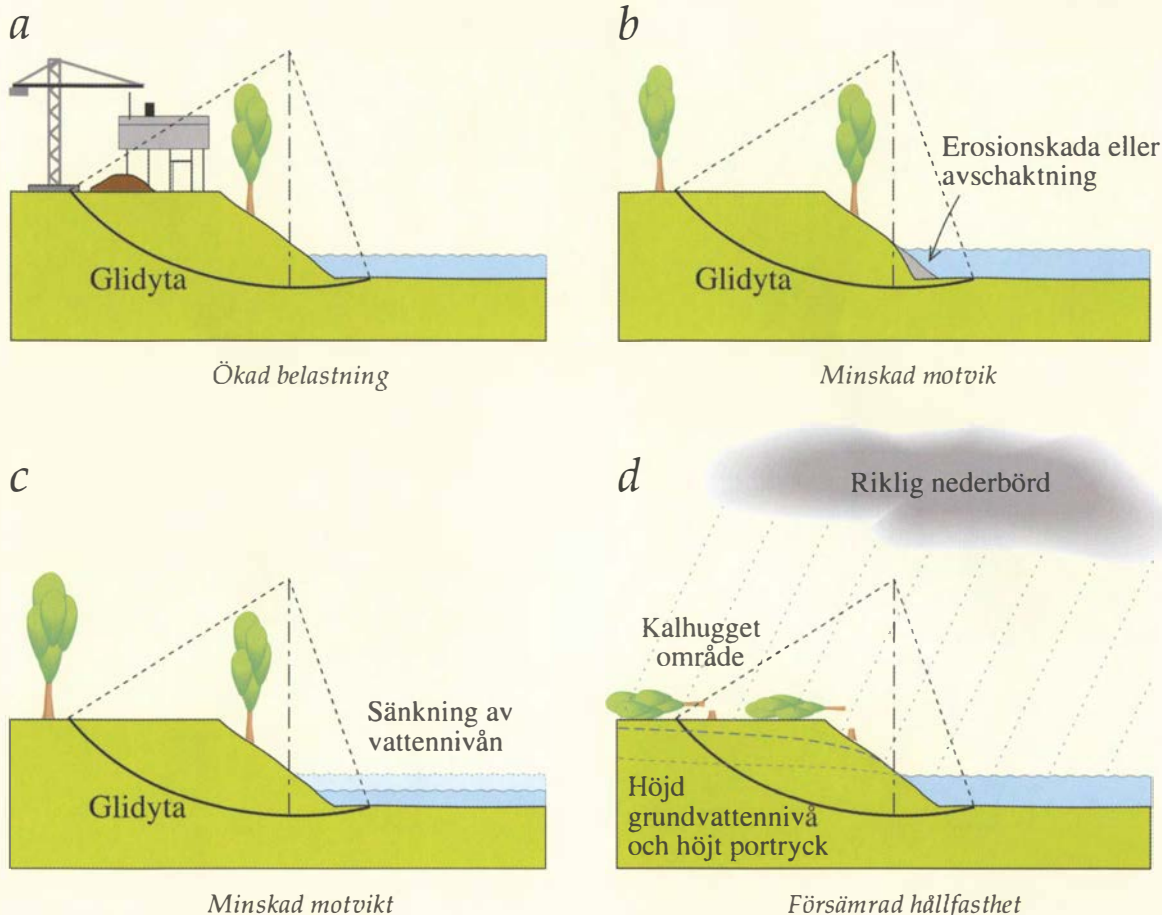
iväg utmed ett glidplan, t.ex. ett vattenförande skikt, utan att kornen blandas om, medan ett ras sker i grövre jordar, där sandkornen, gruskornen och/eller stenarna rullar ned och blandas om under själva raset. Skred och ras är ett naturligt led i den geologiska utvecklingen. Skred förekommer främst i områden under högsta kustlinjen och vissa områden, som t.ex. västkusten, är mer drabbade. I figur 1 och 2 syns ett tydligt samband mellan geologiska bildningsförhållanden och frekvens av skred.

Naturen strävar hela tiden efter jämvikt. Rubbas jämvikten får det konsekvenser, ibland kan det utlösa ett skred. Ett skred innebär att ett nytt, sannolikt stabilt, jämviktsläge för jordmassorna intas. När ett skred utlöses är det ett resultat av flera faktorer, såsom förändringar genom människans ingrepp i naturen, förändringar genom erosion eller klimatologiska förändringar. Jämvikten kan störas genom att belastningen ökar, motvikten mot slänten minskar och/eller hållfastheten i jorden försämras.

#### Faktaruta

### Geoteknik, vad är det?

Geoteknik är läran om jords och bergs tekniska egenskaper och utnyttjande vid markanvändning och byggande. Geotekniken behandlar frågor som rör grundläggningsteknik, sättningar, jordskred och förstärkning av jord och berg. Geoteknisk kunskap används också i samband med fysisk planering, energiplanering och miljövard.



Figur 3. Orsaker till skred (SGI, J. Fallsvik)

### Tre orsaker till skred:

- Ökad belastning (figur 3a): Större belastning ovanför släntrönn än vad leran kan hålla emot. Ökad belastning kan vara i form av byggnader, vägar, upplag av massor etc.
- Minskad motvikt (figur 3b och 3c): Den mothållande sidan (motvikten) minskar mer än vad det finns marginal för att hålla emot. Detta kan ske t.ex. genom att massorna eroderas bort av vattnets strömning. Om vattennivån sänks, minskar vattnets motvikt och vid bortschaktning av massorna vid släntrönn, minskar jordens motvikt.
- Försämrade hållfasthet (figur 3d): Den dränerade hållfastheten hos leran minskar med ökat portryck på grund av grundvattenhöjning (riklig nederbörd, uppdämning, igensatta diken). Hållfastheten minskar också vid störningar av olika slag, till exempel vibrationer vid pålning och liknande.

### Risker

De flesta skred eller ras är små och sker utanför bebyggda områden. Stora skred inträffar mer sällan men har vid ett par tillfällen skett i områden där människor och samhällen drabbats, exempel som kan nämnas är Jordfallet (1150-talet), Intagan (1648), Surte (1950), Göta (1957), Tuve (1977) och Agnesberg (1993) i Västra Götaland samt Vagnhärad (1997) i Sörmland, Getåskredet (1918) i Östergötland och Kyrkvikensskredet (1959) i Ångermanland.

### Skredrisk

Vilka risker föreligger då med skred? Med risk avses egentligen en sammanvägning av sannolikheten (att ett skred skall inträffa) och konsekvensen av det inträffade. I bland annat Göta älvdalen i Västra Götaland har det gjorts skredriskanalyser för delar av de älvnära markområdena. I en skredriskanalys görs en sannolikhets-



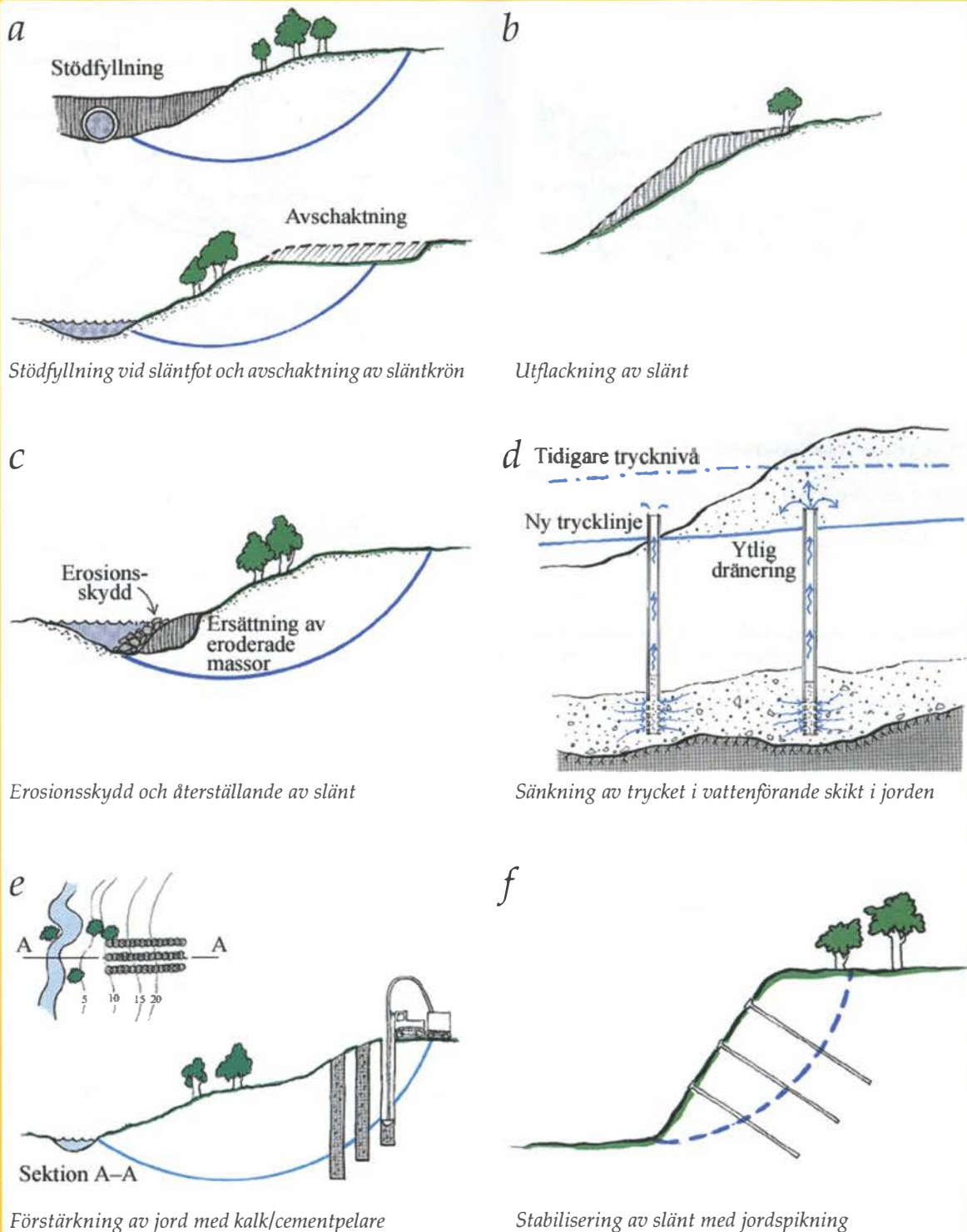


Släntras i isälvsediment av finsilt och sand, Nipraslet i Öd, Sollefteå. Februari 2002. Foto Jan Blumenberg, SGI.

bedömning och en konsekvensbedömning som sedan sammanvägs. I konsekvensbedömningen tas hänsyn till vilken typ av verksamhet som finns inom området, industri, bostäder o.dyl., liksom omfattningen av skredet. Detta med särskild hänsyn till förekomsten av kvicklera, vilket kan resultera i att ett väldigt stort område kan beröras utan att ha en beräkningsmässigt låg säkerhet mot skred. (Kvickleraskred kan bli mycket omfattande). För att åskådliggöra resultaten har sannolikheten delats in i fyra stabilitetsklasser (1–4), försumbar, någon, viss och påtaglig sannolikhet. Konsekvenserna indelas också i fyra konsekvensklasser (1–4). Stabilitetsklasserna och konsekvensklasserna har sedan strukturerats i matrisform, en riskmatris, med vilken man kan få fram vilken riskklass ett område tillhör ( $1/1-4/4$ ). Sannolikheten att ett skred skall utlösas kan i ett område vara stor, men konsekvenserna små, beroende på att inga människor bor i området eller att ett vattendrag har litet skyddsvärde (t.ex. riskklass 4/1). Sannolikheten kan också vara liten för skred, men konsekvenserna stora, då t.ex. många människor bor i området eller om naturen har ett högt skyddsvärde, vilket skulle kunna anges som riskklass 1/4.

### Miljörisk/förorenad mark

Vad gäller Göta älvdalen och andra älvdalar/ådalar är det inte ovanligt att industrier sedan lång tid tillbaka har etablerat sin verksamhet här för att få tillgång till vattenkraft, båttransport, vatten för kylning av maskiner, utsläpp av varm- eller processvatten. På grund av bristande kunskap och bristande lagstiftning kan marken ha blivit mer eller mindre förorenad av verksamheten. Vilka blir då konsekvenserna vid ett skred inom ett sådant område. Kommunerna bedriver idag, på uppdrag av länsstyrelserna, en inventering av förorenade områden varefter de klassas efter den s.k. MIFO-modellen (metodik för inventering av förorenade områden, Naturvårdsverket 1999). I MIFO-modellen beaktas hur farlig (giftig) föroreningen är, föroreningshalter i mark och grundvatten, förutsättningar för spridning av förorening (till/från byggnader, i mark och grundvatten, till ytvatten, i ytvatten och i sediment), samt områdets och närliggande områdens skyddsvärden och känslighet för påverkan av förorening. I MIFO finns också fyra riskklassningar. Riskklass 1 innebär, tvärtom mot skredriskanalysen, mycket stor risk, riskklass 2 – stor risk, riskklass 3 – måttlig risk, och riskklass 4 – liten risk. I riskbedömningen ligger en



Figur 5. Alternativa skredförebyggande åtgärder (från Skredkommissionens rapport 5:95).



sammanvägning av sannolikheterna för exponering av förorening till människa och miljö (ekosystem) med konsekvenserna av exponering. MIFO är bara en i raden av olika sätt att utföra miljöriskbedömningar. Men oavsett metod, hur stor vikt läggs på skredrisken i dessa bedömningar? Vad blir konsekvenserna av att ett förorenat område skredar?

Det finns exempel i Götaälvdalen som i skredriskanalysen fått en låg risk men som i MIFO-inventeringen fått en hög risk. Det finns också områden med både hög skredrisk och hög risk i MIFO-klassningen.

## Skredförebyggande åtgärder

Den vanligaste åtgärden för att förhindra skred är att ändra geometrin i slänten, d.v.s. omdisponera jordmassorna så att mothållet ökar i förhållande till belastningen. Detta kan antingen göras med en avschaktning av släntrönet, genom en uppfyllning av massor vid släntfot (där ev. åfåra kan kulverteras) eller genom en utflackning av slänten (figur 5a-c).

Ett annat alternativ är att förbättra hållfastheten i jorden, eller att sänka porvattentrycket i jorden. Det gör man t.ex. genom att installera öppna rör, filterbrunnar eller vertikaldräner som dränerar ut de höga vattentrycken (figur 5d).

Den sista metoden som vi nämner här är att med hjälp av förstärkningselement förbättra släntens hållfasthet (bärförmåga). Förstärkningselementen kan vara pålar för grundläggning av hus, vägar industrier m.m. för att inte öka belastningen på slänten, eller t.ex. kalk/cementpelare som gör att medelhållfastheten i jordmassan ökar (figur 5e). Förstärkningselementen kan också utgöras av jordspikar, d.v.s. långa stag som slås eller borras in i jorden (figur 5f).

Vilken förstärkningsåtgärd man väljer är beroende på jordart, hydrologi, geometri, men också ekonomi.

Förebyggs skred, förebyggs också risken för spridning av föroreningar som kan finnas i marken. Men, beroende på vilka åtgärder som görs, kan det istället medföra ökad spridning av föroreningar. Till exempel en åtgärd som syftar till att dränera ut det höga

vattentrycket i en slänt kan medföra ökad grundvattenspridning av föroreningar genom att föroreningen följer det utdränerade vattnet.

Att arbeta förebyggande, på alla plan, kräver att många discipliner är inblandade, både teknik och naturvetenskap, men också ekonomi. Beroende på sannolikheter och konsekvenser kommer samhällskostnaderna att variera och att inte vidta förebyggande åtgärder, även i ett område som har låg risk, skulle kunna medföra höga kostnader. Jordskred och sättningar hos finkorniga jordar orsakar varje år stora skador runt om i världen. I Sverige har flera katastrofer inträffat under 1900-talet till följd av jordskred. Som exempel på kostnader kan nämnas att kostnaderna för att genomföra förstärkningsåtgärder vid Agnesbergsskredet uppgick till 34 miljoner kr i 1993 års penningvärde (exklusive trafikförluster och andra samhällskostnader) och kostnaderna för Tuveskredet 1977 uppgick till 670 miljoner kr (plus förlust av människoliv) i 1977 års penningvärde (SGI, 1996).

Den geotekniska forskningen syftar till att förstå mekanismerna bakom jordars hållfasthet och övriga egenskaper, men också till att ta fram metoder för att förstärka jordar, och inte minst att utveckla metoder för riskvärdering och åtgärdsprioritering. Statens geotekniska institut (SGI) är den myndighet som ansvarar för ras- och skredfrågor för att minska riskerna inom det geotekniska området i samhället.

## Referenser

- SGI, 2000: Skredriskanalys i Göta Älvdalen, metodbeskrivning. Rapport 58.
- SGI, 1996: Geotekniska skadekostnader och behov av ökad geoteknisk kunskap.
- Naturvårdsverket, 1999: Metodik för inventering av förorenade områden. Rapport 4918.
- Skredkommissionen, 1996: Förstärkningsåtgärder i silt- och lersläner. Rekommendationer för dimensionering och projektering. Rapport 2:96.
- Skredkommissionens, 1996: Anvisningar för släntstabilitetsutredningar. Information. Rapport 5:95.

*Den 28 september 2002 är det Geologins dag för andra året i rad. SGI i Göteborg kommer medverka denna dag och bl a arrangera en tur med Paddan upp längs Säveån och titta på skredärr, prata om geologisk utveckling, skredrisk och förorening i mark.*

*Karin Odén är geotekniker vid Statens geotekniska institut;  
karin.oden@swedgeo.se.  
Gunnel Nilsson är kvartärgeolog vid Statens geotekniska institut;  
gunnel.nilsson@swedgeo.se.  
<http://www.swedgeo.se>*

# Områden av geovetenskapligt riksintresse för naturvården

*Naturvården innefattar även geologiska värden. Av de omkring 2000 områden som förklarats vara av riksintresse har 727 ett geovetenskapligt intresse. Här presenteras bakgrunden och tankesättet bakom urvalet, samt visas några exempel på geovetenskapliga objekt av riksintresse*



AV CURT FREDÉN OCH JANNICA HÄGGBOM

*Drakryggen i Lögdeälvens dalgång är en märklig erosionsrest. Älven har meandrat djupt ned i isälvsedimenten. Meanderbågen kan anas på ömse sidor om ryggen. Foto Curt Fredén 1996.*

I början av år 2000 fattade Naturvårdsverket beslut om områden av riksintresse för naturvården efter den översyn som genomfördes under åren 1996–99. Områden av riksintresse för naturvården skall representera huvuddragen i svensk natur, belysa landskapets utveckling och visa mångfalden i naturen. Vid urvalet har stora och sammanhängande arealer med de för regionen karakteristiska naturtyperna prioriterats. Även små områden har utpekats som riksintressanta om de innehåller t. ex. geologiska former eller naturtyper som är sällsynta i landet eller rent av unika internationellt sett. I urvalsprocessen bedöms enbart naturvärdena oavsett om området har någon form av naturskydd eller inte. Inte heller beaktas kostnaderna för reservatsbildning eller andra skyddsåtgärder.

Den första sammanställningen över områden av riksintresse för friluftsliv och naturvård publicerades redan 1976 (Naturvårdsverket) inom ramen för den fysiska riksplaneringen. Det var dock först med naturresurslagens tillkomst år 1987 som begreppet riksintresse fick en juridisk innebörd. Bestämmelser om områden av riksintresse finns i kapitel 3 och 4 i miljöbalken, som trädde i kraft den 1 januari 1999. Områden av riksintresse för naturvården, kulturvården och friluftslivet skall skyddas mot åtgärder som kan påtagligt skada natur- och kulturmiljön.

Riksvärden i områden av riksintresse för naturvården har delats in i odlingsmark (inklusive äng och naturbetesmark), våtmark, geovetenskapligt objekt, skog, sjöar och vattendrag samt landskaps-typer såsom fjäll och skärgårdsland-





*De fennoskandiska randmoränerna är markanta inslag i landskapsbilden i Östergötlands och Västra Götalands län. Öster om Marsjön i Dalsland utgörs de av långsträckta parallella blockvallar. Foto Curt Fredén 1965.*

skap. Ett och samma område kan ha flera slags riksvärden

I och med 1980- och 1990-talets översyn har de för naturvärden riksintressanta områdenas areal ökat till drygt 10 miljoner ha, som motsvarar ca 20 % av landets yta (inkluderande territorialvattnet). Inom områden av riksintresse för friluftslivet finns geologiska objekt.

Under åren 1996 och 1997 tog Naturvårdsverket fram ett arbetsmaterial med förslag till revideringar och kompletteringar av områden av riksintresse för naturvärden. SGU konsulterades när det gällde urvalet av områden av geovetenskapligt riksintresse. Länsstyrelserna bearbetade Naturvårdsverkets material och lämnade synpunkter på detta samt gav egna förslag till revideringar och kompletteringar. Länsstyrelserna informerade kommunerna på ett tidigt stadium och samarbetade med dem kring urvalet av områden.

Kunskapen om den svenska naturen har ökat

betydligt sedan den första redovisningen år 1976. Efter den senaste genomförda översynen har vi i Sverige ca 2000 områden, som förklarats vara av riksintresse för naturvärden, av vilka 727 har ett geovetenskapligt riksintresse. En stor del av områdena, liksom de av regionalt och lokalt intresse, saknar lagligt skydd. I översynen ingår 120 geovetenskapliga objektstyper. Objektstyper som tillkommit är bl. a. postglacial förkastning och skredärr i morän.

Jämfört med föregående översyn har 86 geovetenskapliga områden tillkommit och 22 har tagits bort. Flertalet av de nya objekten har tillkommit genom ett förbättrat kunskapsunderlag baserat på geologisk kartläggning och geovetenskapliga avhandlingar och uppsatser.

Den pågående jordartsgeologiska kartläggningen i Västerbottens län har tillfört länet 20 nya områden av geovetenskapligt riksintresse. Gränsjusteringar har gjorts i flera fall, t.ex. har områden utökats för att omfatta nära liggande





*Slättdalsskrevan i Skuleskogens nationalpark är ett välbesökt utflyktsmål. Foto Curt Fredén 2002.*

*De mäktiga skalbankarna i Bohuslän har såväl geologiska som botaniska och zoologiska riksvärden. Skalbanken i den smala sprickdalen på sydvästra delen av Kläverön, söder om Marstrand, består huvudsakligen av mollusker som har en arktisk–boreal utbredning. Den ljusa strandsanden innehåller skal och skalfragment av bl. a. holocena arter. Foto Curt Fredén 1986.*







*Inom områden av riksintresse för friluftslivet förekommer även geologiska objekt av riksintresse. Skäldervikens badstrand med bevuxna kustdynor. Foto Curt Fredén 1980.*

objekt och i några areellt stora områden har de geovetenskapliga objekten särskilts. Några av de borttagna områdena har ersatts med bättre exempel inom regionen.

De geologiska förutsättningarna återspeglas i fördelningen av områden med riksvärdet geovetenskap. Areellt stora län har också en stor geologisk mångfald. Områden med sedimentär berggrundsstratigrafi är främst knutna till Skåne och Gotland. Mångfalden av moränformer i Västra Götaland förklaras av att länet berörs av ett flertal randmoränstråk.

### **Geovetenskapliga objekt som ej redovisats**

Förslag fanns att redovisa områden med för regionen representativa bergarter. På grund av tidsbrist kunde dessa inte avgränsas på ett administrativt och geologiskt tillfredsställande sätt. Av den anledningen har inga referenslokaler för vanligt

förekommande bergarter redovisats som riksobjekt i denna översyn. Bergarter som har särskild betydelse för landskapsutvecklingen och representativa områden med mineral ingår i rapporten.

---

Länsstyrelsernas naturvårdsenhet har faktablad för respektive riksobjekt.

*Curt Fredén, 1:e statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning i Uppsala, samordnade de geovetenskapliga riksintressena; [curt.freden@sgu.se](mailto:curt.freden@sgu.se)*

*Jannica Häggbom, avdelningsdirektör vid Naturvårdsverket, var projektledare för översynen av områden av riksintresse för naturvården; [jannica.haggbom@naturvardsverket.se](mailto:jannica.haggbom@naturvardsverket.se)*

# SGU inbjuder till Geologins dag år 2002

'Urpremiären' i augusti förra året för Geologins dag blev en stor framgång och stimulerade till en fortsättning. År 2002 är Geologins dag senarelagd en dryg månad som en kompromiss mellan främst universitetens önskan om en tidpunkt mitt i terminen och bland annat norrländska arrangörers önskan om en tidpunkt möjlig för utomhusvistelse i Norrlands inland. Efter noga övervägande fastnade styrelsen för den ideella "Föreningen för Geologins Dag" för lördagen den 28 september.

Den dagen anordnas runt om i landet en temadag om berg, jord och vatten i form av utställningar och museivisningar, föredrag och exkursioner, tävlingar och frågesport samt kunniga personers svarande på allmänhetens frågor. Varhelst det finns intresse och resurser, genom universitet och högskolor, myndigheter, geologiska och amatör-geologiska föreningar, naturskydds- och hembygdsföreningar samt enskilda geologer, skall allmänheten ges tillfälle att på ett för dem begripligt och intresseväckande sätt bekanta sig med geovetenskapens värld och få upptäcka hur spännande och allomfattande den är.

Genom satsningen på en gemensam dag i hela Sverige och på en omfattande

marknadsföring i massmedia, på Internet-hemsidor, genom affischer på offentliga platser och utdelning av broschyrer skapas den uppmärksamhet som behövs för att öka allmänhetens intresse för geovetenskap och därmed en ökad efterfrågan på kunskap, som måste ligga till grund för skapandet av en geologisk grundsyn i samhället.

SGU satsar i år precis som förra året avsevärda resurser på Geologins dag. SGU är liksom Naturhistoriska riksmuseet, SKB och

Sveriges Bergmaterial-industri huvudsponsorer. Tillsammans med universiteten i Stockholm och Uppsala samt Naturvetareförbundet finansierar de verksamheten som koordineras av en projektledare från ett kansli inhytt på Naturhistoriska riksmuseet. Ungefär hälften av budgeten spenderas på marknadsföring och hälften går till lön för

projektledaren Emma Härdmark.

SGU planerar för aktiviteter under Geologins dag som påminner om det program man hade förra året. När det inte längre är någon konkurrens om uppmärksamheten med Flygets dag i Uppsala, såsom fallet var premiäråret, kan man hoppas på ännu fler besökare till SGU:s huvudkontor.





Det blir en heldags bussexkursion i västra Uppland inom triangeln Uppsala–Enköping–Vittinge under ledning av Harald Agrell. Med stopp vid lokaler som Gryta kyrka, Skattmansöadalen och Högbo och med Harald Agrell som guide kommer det garanterat att bli spännande och innehållsrika berättelser kring ändmoräner, raviner och flygsanddyner m.m.

Jacob Johnson kommer att guida en cykel-exkursion i de lummiga idyllerna vid Fyrisån söderut från Uppsala och kommer då säkert att berätta om bl.a. tappningsdalar, artesiskt grundvatten och strandlinjer.

Det blir förmodligen också en fasadstenspromenad i centrala Uppsala och besök i domkyrkan för att beskåda alla vackra bergarter som pryder väggar, golv, kistor etc. och insupa historiskt intressant information från kunnig guide.

I huvudkontoret kommer biblioteket, foajén och hörsalen vara öppna för allmänheten som där kan beskåda utställningar och bekanta sig med litteratur och personal. Med en halvtimmes mellanrum blir det föredrag i hörsalen då de geovetenskapliga disciplinernas representanter turas om att berätta om sina favoritämnen och specialiteter. Maringeologisk verksamhet kommer att visas med en poster om Stockholms skärgårdsgeologi, dess morfologi, vattendjup och sediment.

Liksom förra året kommer det att samordnas aktiviteter tillsammans med Uppsala universitets Geocentrum. Det är viktigt att förlägga föredrag så att man

hinner till båda ställen och kan varva med tipspromenad och utställningar etc. Tillsammans har man också gjort utskick till alla skolor i Uppsala före terminsslutet.

I Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm kommer många organisationer, inklusive museet självt att ordna med utställningar, tävlingar, exkursioner och geologer som undersöker besökarnas medhavda prover och besvarar deras frågor. SGU kommer att ha minst en person på plats som ordnar skärmutställning och viss försäljning.

Mineralinformationskontoret kommer precis som förra året att arrangera "öppet hus" i gruvlaven i Malå som tidigare stod vid Rackejauregruvan och man ser till att ha en man på plats i Teknikens hus i Luleå.

Inom ramen för Mineraljakten kommer Arne Sundberg att delta i evenemangen i Västernorrlands län, dels genom att hålla föredrag i Kulturmagasinet i Sundsvall, dels genom att leda exkursion till 'Grodjtjärnsvägen', invid vilken ett diatrem med kimberlitliknande bergarter har avrympts genom grävning. Mineraljaktsinformation kommer dessutom att äga rum i andra län, t ex samordnat med "Stensmén" i Delsbo och Jämtlands Amatörgeologiska Sällskap i Östersund.

Som förberedelse till Geologins dag den 28 september kan man besöka Kulturhuset i Stockholm under tiden 26 augusti–30 september då där bjuds på en geologivecka med bl.a. en minigeologins dag den 28 augusti.

Tänk att vi nu blir kultur

# SGU

Sveriges Geologiska Undersökning

*Christer Åkerman är berggrundsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning, Uppsala; [christer.akerman@sgu.se](mailto:christer.akerman@sgu.se)*

## Skånsk geologi på Geologins dag

Det är inte utan att man blir lite frustrerad av att arbeta med skånsk geologi när man blir engagerad i Geologins dag. Inte för att det är svårt att finna geologiskt intressanta objekt att visa en nyfiken allmänhet. Nej, men för att det finns så ofantligt mycket geologi att visa i Skåne. Det finns ingen möjlighet att visa ens en liten del eftersom tillgången på geologer som kan guida är begränsad. Detta trots att det varit och är ett mycket gott samarbete mellan Geologiska institutionen vid Lunds universitet och SGU:s Lundafilial. I fjor samverkade vi dessutom med Regionmuseet i Skåne och Fredriksdals friluftsmuseum i Helsingborg. I år hoppas vi dessutom kunna samplanera bättre med ägarna till ett par större stenbrott i Lundatrakten.

De reaktioner från deltagare i fjorårets evenemang vi mött har varit enbart positiva. Vi uppskattar att sammanlagt ca 700 personer deltog i de totalt 16 olika aktiviteterna och besökte det "Geologiska museet" på SGU:s Lundafilial. Det fanns familjer som började dagen med en guidad visning av dinosauriespår och keramik i Vallåkra (nordvästra Skåne) på förmiddagen, för att sedan med bil korsa det skånska landskapet och på eftermiddagen vara med och leta hajtänder och bläckfiskrester i Ignaberga (nordöstra Skåne).

Det preliminära programmet i år innefattar exempelvis fossiljakt i Andrarum och Komstad, exkursion på Kullaberg och borrhning i Barsebäcks mosse för att finna spår efter klimatförändringar. På SGU:s filialkontor kommer det att vara öppet hus, ordnas konstutställning och arrangeras fossilvaskning för de yngsta. Dessutom kommer det att finnas möjlighet att identi-

fiera fossil och mineral med hjälp av personal från Geologiska institutionen. Det kommer också att ordnas en stadsvandring med geologi och bebyggelse som tema och en bussexkursion på temat Geologi kring Lund, se närmare presentation nedan.

Lund kan skryta med en ovanligt variationsrik geologi. Inom kommunens gränser finns stora delar av jordens historia representerad. På en bussexkursion blir det tillfälle att besöka några intressanta lokaler.

Den äldsta berggrunden i trakten är urberget på Romeleåsen. I Dalby Stenbrott bryts gnejser som bildades för 1500–1700 miljoner år sedan. Gnejsen genomslås av yngre diabaser. Där får vi också en inblick i verksamheten i ett av Skånes största stenbrott.

Den yngre berggrunden representeras av två lokaler med sedimentära bergarter. I Hardeberga stenbrott bryts den underkambriska hardeberga-sandstenen, en vit kvartsrik sandsten. Den har genom sin hårdhet och ljusa färg fått stor användning, bl.a. till asfalt.

Fågelsångsdalen väster om Södra Sandby är ett klassiskt exkursionsområde för geologer och andra naturintresserade. Längs bäcken finns skärningar i alunskiffer och lerskiffer från yngsta kambrium, ordovicium och tidig silur. Bergarterna är rika på fossil, främst graptoliter.

Den yngsta geologin kommer vi att studera på två lokaler med bildningar från den senaste istidens slutskede. I Rinnebäcksravinen väster om Lund finns skärningar i s.k. nordostmorän,

# SGU

Sveriges Geologiska Undersökning

Kärstin Malmberg Persson och Esko Daniel är jordarts-geologer vid Sveriges geologiska undersökning i Lund;  
karstin.malmberg-persson@sgu.se, esko.daniel@sgu.se



som är den ena av de två karaktäristiska moräner som finns i Lundatrakten. Moränen avsattes under is som rörde sig från öster och nordost och innehåller stenar och grus som isen plockat upp från berggrunden nordost om Lund, t.ex. lerskiffer, gnejs och granit.

Exkursionens yngsta sediment finns i det vackra åsnätet Hällestads åsar, beläget på Romeleåsens

nordöstra sluttning. Åsarna visar utsträckningen på ett spricksystem som fanns i den smältande landisens yttre delar. Längs kanalerna avsattes smältvattnet isälvs sediment i form av sand, grus och sten.

*Det slutgiltiga programmet kommer att finnas på hemsidorna [www.geologinsdag.nu](http://www.geologinsdag.nu)*

## Geologins dag i Göteborg

*Under temadagen Geologins Dag söndagen 28 september anordnas en rad korta geologiska exkursioner och demonstrationer i Göteborg. Alla som vill är välkomna till dessa!*

### **Busstur in i Götatunneln.**

Götatunnelns geotekniska problem och dess lösningar och spännande geologi.

### **En tur med Paddan upp i Säveån.**

Under resan presenteras den geologiska och historiska utvecklingen, skredrisker och föroreningar i mark.

### **Strandpromenad på Vrångö.**

En avspegling av vulkaniska och tektoniska processer i urberget.

### **Strandpromenad vid Lilleby-Björlanda.**

Berggrunden och istidens spår visas på en kort promenad.

### **Promenad kring Guldheden.**

Västsveriges berggrund – en föreläsning och promenad kring Guldheden.

### **Promenad vid Delsjön.**

Resultat från jord- och grundvattenundersökningar, bäckvattenmätningar och markens geokemi presenteras. Vi besöker Delsjökillan samt observationsplatser där grundvattnets kemiska sammansättning analyserats under många år.

### **Promenad vid Kvillebäcken och Ramberget.**

Exempel på miljögeologiska och byggnadsgeologiska problem och lösningar.

### **Går du i tankar kring energibrunn?**

Visning och föreläsning om markvärme (berg- och jordvärme) på Universeum där en stor bergvärmeanläggning demonstreras.

---

*Alla exkursioner, utom turen med Paddan, är gratis. Deltagarna tar sig själva till samlingsplatserna. Tid och plats för samling meddelas på [www.geologinsdag.nu](http://www.geologinsdag.nu) och på [www.sgu.se](http://www.sgu.se) Exkursionerna anordnas och leds gemensamt av SGU, SGI, Chalmers och Göteborgs universitet*

# Geologi i Sverige, idag

*De som läst igenom detta nummer av Geologiskt forum har förhoppningsvis fått en ökad insikt om geologins betydelse för oss själva och vår omgivning. Allt ifrån hur jorden och livet en gång skapades och utvecklades, till berget och jordens betydelse för vår hälsa och miljö.*

AV JOAKIM MANSFELD

Den allt för tidigt bortgångne astronomen Peter Nilson skrev om sin födelseort, den lilla småländska byn Möcklehult, i boken *Den gamla byn*. Peter Nilson var en stor popularisator inom naturvetenskap, och han hade som få en underbar förmåga att förmedla de oändliga avstånden och tidsrymderna vilka härskar i universum. Han skrev även gärna om geologiska ting, de enorma tidsrymderna har astronomin och geologin gemensamt. Vår planet har ju funnits till under en tredjedel av universums existens. Jorden är egentligen universums barnbarn.

Två mil från Möcklehult ligger den lantligt idylliska Fröderyds socken, för allmänheten kanske mest känd för Lina Sandell-Berg, författaren till psalmen *Tryggare kan ingen vara*. Det var i Fröderyds socken jag själv tog mina första steg i det geovetenskapliga forskarvärlden. Här gjorde jag mitt examensarbete, ett arbete som svälde och till slut även blev en del av min doktorsavhandling.

Fröderyd är något så pass ovanligt som en gammalt gruvsamhälle mitt i Sveriges södra bibelbälte. Här, och endast här, finns Smålands enda förekomster av urkalksten. Den bröts säkerligen redan i början av 1700-talet, troligen tidigare. I mitten av seklet började man dessutom bryta en magnetitrik gabbro för järnframställning. Strax därefter upptäcktes även silverrika sulfidmalmer utanför den lilla byn Årset. Det kanske var kalken, järnmalmen och silvermalmen som gjorde att Fröderydsborna fick upp ögonen för berggrundens dolda skatter, eller var det andra tecken i naturen de såg. Vi kommer nog aldrig att få veta det. Däremot vet vi att under 1760-talet anlätade några Fröderydsbönder professionella malmletare från Bergslagen. Resultatet var över förväntan. Kopparmalmer upptäcktes på många ställen runt om i socknen och gruvbrytning sattes igång i stort sett omedelbart. Fröderyds gruvhistoria är egentligen en berättelse som kräver sin egen artikel, så jag lämnar ämnet för denna gång.

## Från då till nu

Fröderyds berggrund bildades i en tid då jorden och Sverige såg mycket annorlunda ut. Vi måste gå tillbaka åtminstone 1850 miljoner år. Då fanns endast ett djupt hav där vi idag har södra Skandinavien. Många tiotals mil

därifrån låg närmaste land, den nybildade bergskedjan som så småningom fick namnet Bergslagen. Rörelser i jordens inre pressade havsbotten närmare och in under denna nya kontinent. Vattenrika djuphavssediment som pressades ned i jordens inre, värmdes upp och avgasades. Smälttemperaturen i manteln sänktes och nybildade magmor började bilda vulkaner. Vi vet att det fanns liv i detta hav, organiska rester går att finna i bergarterna runt sjön Nömmen och stromatoliter har hittats på flera ställen i Bergslagen. Bergarterna i Fröderyd bildades vid denna tid då magma från jordens mantel trängde upp och bildade havsbotten i en lokal bassäng. Malmerna bildades samtidigt då havsvatten cirkulerade runt i den varma och uppspruckna basalten och lakade ut koppar, zink, bly, guld och silver. Vid denna tid var Småland på sin höjd en kedja av branta vulkantoppar som stack upp ovanför havsytan. De toppar som fanns eroderades snabbt ned och bildade mäktiga lager av stenar, grus och sand vilka växellagrades med de vulkaniska utbrottsprodukterna.

De påskjutande krafterna i jordens inre fortsatte med oförminskad kraft och transporterade den nyskapade vulkankedjan allt närmare Bergslagenkontinenten. De nybildade och fortfarande varma vulkaniska bergarterna smälte delvis upp och bildade de stora granitmassiven, Smålandsgraniterna, vilka dominerar sydöstra Sverige. Nu hade Småland blivit en del av kontinenten, det ser vi genom att de mesta av de vulkaniska bergarterna som bildades vid den här tiden, för omkring 1800 miljoner år sedan, avlagrats på land ovanför havsytan. Efter bildandet av Smålandsgraniterna liknade geologin den man idag finner längs med sydvästra USA:s västkust, med stora förkastningszoner parallellt med kustlinjen. Efter att rörelserna i förkastningarna upphört var östra och centrala Småland en geologiskt lugn plats. Under de påföljande hundratals miljoner åren låg området troligen huvudsakligen under havsytan, men de enda spåren vi har av det är en miljard år gamla sediment i trakten av Nässjö. Vi vet dock att landet måste ha legat skyddat under långa tider eftersom det på vissa ställen i Småland endast har eroderats bort två kilometer berg under 1800 miljoner år. Det fanns säkert liv i dessa okända och namnlösa hav, men de har inte lämnat några spårefter sig. För omkring en miljard år sedan var det



som skulle bli sydvästra Skandinavien en geologiskt orolig plats. Bergarter som bildats där under en lång tid föstes samman och pressades ihop till en bergskedja då en okänd kontinent kolliderade med vår Baltiska sköld. Kollisionen kulminerade med att delar av jordskorpan pressades ned till ett djup av mer än 55 kilometer. Spåren efter dessa våldsamma krafter i Fröderydsområdet är smala förkastningszoner och diabasgångar som bildats då smälta från manteln trängt upp i sprickor genom jordskorpan.

Från 950 miljoner år sedan fram till 540 miljoner år sedan tog sydvästra Sveriges berggrund snabbhissen upp. Under denna tidsperiod transporterades sydvästra Sveriges jordskorpa 55 kilometer uppåt jämfört med sydöstra Sverige. Perioden efter 540 miljoner år, under den Fanerozoiska eran, är betydligt bättre känd än tidigare perioder. Vi ser spåren efter hav som kommit och dragit sig tillbaka, tillsammans med de mer eller mindre exotiska varelser som levt där. Småland med sitt högländ låg troligen ovanför havsytan under nästan hela perioden. Geologiskt var det en lugn period, men den numera rigida kalla jordskorpan i Skandinavien påverkades av händelserna som skapade centrala, västra och södra Europa. Landet steg och sjönk, sprack upp och tippades.

De senaste geologiska händelserna vi ser spår av är den senaste årmiljonens nedisningar. Den senaste inlandsisen, som ansvarar för praktiskt taget alla landformer och lösa avlagringar, försvann från området för 12 200 år sedan. Inlandsisen är inte den storahyvel vi tänkt tidigare, på flera ställen i Småland går det fortfarande att hitta djupvittrad berggrund, lämningar efter det tropiska klimat som rådde innan nutiden kyliga klimat inträdde.

De senaste tusen åren har människan klivit fram som den viktigaste berg- och jordartsförändrande faktorn. Vår jakt på malm, berg och sand, samt plats för våra vägar och hus har skapat stora hål i landskapet, men samtidigt givit oss ovärderliga titthål in i jorden och historien.

## Slutord

Geologin påverkar oss inom i stort sett livets alla områden. Den har också, som få andra naturvetenskaper, en direkt nyttoanknytning. Det kan gälla sådant som malmprospektering, grundvattenskydd eller tunnel- och husbyggnad. Geologin är också en forskningsintensiv vetenskap, och dessutom en ung sådan. Det var så sent som under 1960–70-tal som plattetektoniken slog igenom, och det är först med studier av andra himlakroppar vi har börjat förstå många av de processer som skapade jorden. Den biologiska revolutionen med dess ökade förståelse av de genetiska processerna har även gett oss ett verktyg att förstå livets ursprung och utveckling. Det här numret av *Geologiskt forum* innehåller artiklar skrivna av aktiva och ansedda forskare. Det är ingen lärobok med orubbliga statiska fakta utan en ögonblicksbild över vår nuvarande kunskapsnivå. Ett nummer som detta hade sett mycket annorlunda ut om den skrevs för tio år sedan, och om tio år från nu är det säkerligen andra aspekter av den mångfacetterade geovetenskapen som skulle beskrivas. Det är i detta ljus man också ska se *Geologiskt forum* och *Geologins dag*, inte som en faktamonter, utan som en inspirationskälla för framtiden.



Hökhults gruva i Fröderyds socken. Berggrunden och malmen bildade för mer än 1810 miljoner år sedan, jordarterna bildades från drygt 12 200 år sedan. Malmen upptäcktes 1765 och bröts under 1700 och 1800-talet. Undersöktes 1987 och beskrevs 1988. Foto Krister Sundblad.

## Litteratur

- Mansfeld, J., 1988: *Mineralogisk-mineralkemisk undersökning av Fredriksbergs, Karl XV:s, Hökhults och Kallsjö sulfid-mineraliseringar i Fröderyds socken, Småland*. Examensarbete, Geologiska institutionen, Stockholms universitet, 97 s.
- Nilson, P., 1997: *Den gamla byn*. Norstedts, 287 s.

Joakim Mansfeld är forskare i geokemi och isotopgeologi vid institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, och Geologiska Föreningens redaktör;  
joakim.mansfeld@geo.su.se

# GEONYTT

Under rubriken "Geonytt" uppläser *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 1/11 (adress, fax och e-post, se sid. 2). Nästa nummer kommer i december.

## Ny mineralutställning på Riksmuseet

Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm hälsar publiken välkommen till en ny utställning på temat mineral, *Skatter från jordens inre*, som öppnar den 1 oktober. Den upptar omkring 400 m<sup>2</sup> och ingår i museets uppsättning av mer långvariga s.k. basutställningar. Bland olika teman finner man bl.a. meteoriter, fluorescerande mineral, kristallformer och Långbanmineral. En del stationer har interaktiva inslag. Mer än 600 mineral, uppställda efter Strunz' system med 10 mineralklasser, ingår i en systematisk del. Åtskilliga av proverna har aldrig visats för allmänheten tidigare. Hjalmar Sjögrens unika mineralsamling finns också på plats i sina vitrinskåp från förrasekelskiftet. Utställningen är genomgående tvåspråkig – svenska och engelska. För öppettider m.m.: tel. 08-51954040; [www.nrm.se](http://www.nrm.se).

## 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**.

Äldre volymer av *Geologiskt forum* kan beställas via redaktionen; [gff@geo.su.se](mailto:gff@geo.su.se). Pris 20–40 kr/nr, 50–100 kr/årgång. Lösnummerpris för 2002 är 40 kr/nr.

## 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 till **Geologiska Föreningen** på postgiro 2108-9. Märk inbetalningskortet **Ny medlem (alt. ny studerandemedlem) i Geologiska Föreningen, avgift för 2002**.

*Skriv tydligt namn och adress på inbetalningskortet, tack!*

## STYRELSEN FÖR FÖRENINGEN GEOLOGISNS DAG 2002

### Typ av organisation

Amatörgeologiska sällskap  
 Byggnadsgeologiska sällskapet  
 Geologiska Föreningen  
 Geologiska studentföreningar  
 Industriföretag  
 KVA/Sveriges Nationalkommitté för Geologi  
 Naturhistoriska Riksmuseet  
 Naturvetareförbundet–Geologsektionen  
 Småföretag  
 Sveriges Bergmaterialindustri  
 Universitet och högskolor

### Ordinarie ledamot

Bengt Jansson (kassör); [jansson.08973647@telia.com](mailto:jansson.08973647@telia.com)  
 Kennert Röshoff; [kennert.roshoff@bergbyggkonsult.se](mailto:kennert.roshoff@bergbyggkonsult.se)  
 Birger Schmitz; [birger@marine-geology.gu.se](mailto:birger@marine-geology.gu.se)  
 Erik Jonsson; [erik.jonsson@geo.su.se](mailto:erik.jonsson@geo.su.se)  
 Monica Hammarström; [monica.hammarstrom@skb.se](mailto:monica.hammarstrom@skb.se)  
 [representanter utses i september]  
 Stefan Claesson (ordförande); [stefan.claesson@nrm.se](mailto:stefan.claesson@nrm.se)  
 Christer Åkerman; [christer.akerman@sgu.se](mailto:christer.akerman@sgu.se)  
 Karin Eriksson; [karin@naturforum.se](mailto:karin@naturforum.se)  
 Lars Hultkvist; [lars.hultkvist@gmf.a.se](mailto:lars.hultkvist@gmf.a.se)  
 Alasdair Skelton; [alsadair.skelton@geo.su.se](mailto:alsadair.skelton@geo.su.se)

### Suppleant

Jan Wennerstrand  
 Fredrik Bengtsson  
 Joakim Mansfeld (sekr.)  
 Ilka von Dalwigk  
 Christina Franzén-Bengtsson  
 Monica Beckholmen  
 Gunnar Eriksson  
 Riitta Lindström  
 Jaana Vuorinen Hode

## GEOLOGISKA FÖRENINGENS STYRELSE 2002 (<http://www.sgu.se/gff/gfstyr.htm>)

**Birger Schmitz**, ordf., Inst. för geovetenskap, Göteborgs universitet, Box 460, 405 30 Göteborg, tel. 031-7734902; [birger@gvc.gu.se](mailto:birger@gvc.gu.se)  
**Dan Holtstam**, sekr., Sekt. för mineralogi, Naturhistoriska riksmuseet, Box 50007, 104 05 Stockholm, tel. 08-51954076; [dan.holtstam@nrm.se](mailto:dan.holtstam@nrm.se)  
**Kajsa Hult**, skattm., Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018-179358; [kajsa.hult@sgu.se](mailto:kajsa.hult@sgu.se)  
**Joakim Mansfeld**, red., Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, Stockholm, tel. 08-6747727; [gff@geo.su.se](mailto:gff@geo.su.se)  
**Lars Holmer**, ledam., Inst. för geovetenskaper, Uppsala universitet, Norbyvägen 22, 752 36 Uppsala, tel. 018-4712761; [lars.holmer@pal.uu.se](mailto:lars.holmer@pal.uu.se)  
**Mats Rundgren**, ledam., Kvartärgeologiska avd., Lunds universitet, Tornavägen 13, 223 63 Lund, tel. 046-2227856; [mats.rundgren@geol.lu.se](mailto:mats.rundgren@geol.lu.se)  
**Claes Mellqvist**, ledam., Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018-179325; [claes.mellqvist@sgu.se](mailto:claes.mellqvist@sgu.se)

*Geologiskt forum* utges av *Geologiska Föreningen* (Sveriges riksförening för geologi), sedan 2001 med ekonomiskt stöd från SGU och i samarbete med följande föreningar:

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

*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.

### Redaktionsråd:

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

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



den svenska föreningen för vetenskaplig, tillämpad och populär geologi

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