

nr 37

mars 2003

årgång 10

Geologiskt forum

Geologiska Föreningens populärvetenskapliga tidskrift



Berggrunden på Utö	4
Personliga bergarter	16
Hollis Hedberg 100 år	24
Sediment som miljöarkiv	28

www.geologiskaforeningen.nu

Den svåra balansgången

Geologiskt forum står nu, på sitt tionde år, starkare än någonsin tack vare stöd från Sveriges geologiska undersökning och det nära samarbetet med *Geologins dag*. För att säkra en fortsättning är det dock tre villkor som måste uppfyllas. Det måste finnas läsare, det måste finnas skribenter och det måste finnas ekonomiskt stöd. Som nämnts ovan är det tredje villkoret uppfyllt. Glädjande nog är det dessutom många skribenter som vill bidra. Det är just nu ingen brist på material utan jag är snart i den angenäma situationen att jag kan välja och vraka bland manuskripten. En av fördelarna med detta är att jag, tillsammans med författarna, får tid att bearbeta intressanta artiklar för att bättre passa *Geologiskt forums* profil. Nästan alla som skriver i *Geologiskt forum* är aktiva forskare. Lyckligtvis skriver de flesta för att de är intresserade av att förmedla sin forskning till en större allmänhet. Några skriver för sina kolleger och slutligen ett fåtal skriver för att de blivit beordrade av arbetsgivare eller för sin egen merit. Detta betyder att kvalitet och svårighetsgrad kommer att variera väldeliga mellan olika artiklar. Jag inser, precis som för ett år sedan, att *alla* bidrag inte kommer att vara njutbara för *alla* läsare. Min ambition är dock att en majoritet av läsarna ska uppskatta det mesta i tidningen.

Vad *Geologiskt forum* egentligen saknar just nu är fler läsare (läs prenumeranter). Drygt 800 prenumeranter plus medlemmar är ett allt för litet tal för att en tidskrift som denna skall kunna överleva. Geologiska Föreningen, som förblir huvudansvarig för *Geologiskt forum*, och Föreningen *Geologins dag* önskar att fler upptäcker tidningen. Vi tror också att *Geologins dag* är ett viktigt dragplåster för att locka nya läsare. Dessa kommer troligen inte att vara verksamma geologer eller ens utbildade geovetare. Här föreligger möjligen en konflikt mellan vad skribenterna vill skriva om och vad läsarna vill läsa om. En hel del av det jag får in är inte särskilt tillgängligt för en bredare läsekrets. Samtidigt är jag medveten om att allt inte går att presentera på ett populärt sätt utan att det blir så urvattnat att det geologiskt intressanta försvinner. Dock, betydligt mer än vad många tror går att presentera i en populärvetenskaplig form. Vad jag själv skulle vilja se är fler rapporter från forskningsfronten. Det finns många svenska geovetare som publicerar banbrytande forskning i de mest ansedda vetenskapliga tidskrifterna. Dessa nya rön borde även publiceras i *Geologiskt forum*. Det vore populär vetenskap när den är som bäst.

Joakim Mansfeld



Omslagsbilden

Orkidéen Adam och Eva växer på kalkrika jordar. Den förekommer lokalt i Stockholms skärgård där den växer i stråk längs med urkalkstenslager i berggrunden. Urkalkstenen avlagrades för ca 1900 miljoner år sedan under perioder med lägre vulkanisk aktivitet. I Berslagen är urkalkstenen ofta associerad med malmer. Läs mer om hur Stockholms skärgårds äldsta bergarter bildades i artikeln om Utö på sidorna 4–15.

Bilden från Runmarö i Stockholms skärgård. Foto Joakim Mansfeld.



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

SGU

Sveriges geologiska undersökning

Ansvarig utgivare, redigering och layout: Joakim Mansfeld

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

Redaktionens adress:

GF:s redaktion, institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel 08-674 77 27, fax 08-16 44 24; gff@geo.su.se; www.geologiskaforeningen.nu

Geologiskt forum trycks helt i fyrfärg i ca 1500 ex. av Alfa Print AB, Sundbyberg

Distribution, prenumerationsärenden, adressändring och köp av tidigare nummer:

Swedish 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.

ISSN 1104-4721

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

Tidskriften ingår i det ordinarie medlemskapet i Geologiska Föreningen.

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

Lösnummerpris är 40 kr.

Hälsningar från Texas



Dessa rader skriver jag från Houston där jag just nu är gästprofessor vid Rice universitet. Under ett par månader har jag flytt från den havererande svenska universitetsvärlden. Jag kan försäkra att kontrasten är stor mellan detta väl fungerande meritokratiska, amerikanska universitet och våra svenska universitet just nu. Men det finns ljuspunkter i det svenska mörkret: Det går bra för Geologiska föreningen nu!

Redaktörsbytet och den ekonomiska översynen de senaste två åren har fallit väl ut. Båda våra tidningar lever och det finns anledning att vara försiktigt optimistisk vad gäller framtiden. En mycket viktig förändring är att från och med i

år står både Geologiska föreningen och föreningen Geologins dag bakom Geologiskt forum. Syftet med Geologiskt forum är ju bl.a. att nå ut till en bredare allmänhet. Ambitionerna är mycket lika de som ligger bakom tillkomsten av Geologins dag. En konkret förändring är att Erik Huss, projektledare för Geologins dag, nu arbetar kvartstid med bl.a. marknadsföring av Geologiskt forum. Arrangemanget ger många samordningsfördelar. Vinnarna för allt detta hoppas vi blir läsarna av Geologiskt forum och ämnet geologi.

En positiv upplevelse här vid Rice var när jag fann vår vetenskapliga tidskrift GFF bland de tidskrifter som biblioteket prenumererar på. I Sverige har vi haft en paradoxal situation där vårt forskningsråd finansierat utgivningen av GFF, men samtidigt värderat artiklar i tidningen mycket lågt vid anslagsfördelning. Argumentet har varit att man skall publicera sig "internationellt" och har fått till följd att flera mycket intressanta artiklar om svensk geologi blivit malplacerade i utländska tidningar. GFF är Sveriges internationella geologiska tidskrift, och forskningsrådet borde på alla fronter verka för att tidningen når toppkvalitet. Vid Rice och andra universitet världen över rankas GFF högt bland motsvarande tidskrifter. Ibland får jag brev från utländska forskare som vill publicera i GFF för att deras forskningsråd prioriterar internationell publicering. GFF har ju så gott rykte i deras land! Nu gäller det för mig att övertyga även vårt Vetenskapsråd om GFF's goda rykte.

När jag besökte NASA här i Houston såg jag en filmad intervju med ledaren för Apollo-projektet. Som motto för de mycket lyckade månfärderna hade han valt "Failure is not an option". Låt detta även bli Geologiska föreningens motto för framtiden!

Houston 27/2 2003

Birger Schmitz
Ordförande i Geologiska föreningen

Vulkanön som blev ett fritidsparadis – några glimtar från Utös allra tidigaste historia

Utös varierande och välbevarade berggrund och de mineralfyndigheter som brutits där har bidragit till att geologer intresserat sig för ön i mer än 200 år. Utö erbjuder fortfarande ett varierat utbud för den geologiintresserade. I artikeln berättas om hur Utös berggrund bildades och några av de intressantaste lokalerna presenteras. Lokaler som ger en inblick i Stockholms skärgårds och Bergslagens allra tidigaste historia. Artikeln avslutas med en exkursionsguide som gör det möjligt för den som vill att själv se spåren efter de geologiska händelser som beskrivs i artikeln.

AV INGMAR LUNDSTRÖM OCH HEMIN KOYI

Kanske har någon som gästade Utös vackra badklippor någon gång funderat över de påfrestningar öns berggrund måste ha utsatts för. Ön har ju inte bara befriats från ett kilometertjockt istäcke utan även stigit upp ur havet under de senaste 10 000 åren. Under de allra senaste 1000 åren har dessutom ett omfattande bergsbruk misshandlat berggrunden i talrika gruvhål och stenbrott.

Långt innan dessa processer avslutade sina attacker mot öns berggrund, skapades och omvandlades den av en serie radikalt annorlunda händelser. Detta skedde för bortemot 2 miljarder år sedan (d.v.s. för 2000 miljoner år sedan), och någonstans på södra halvklotet, där Skandinavien befann sig på den tiden. Ändå verkade samma processer som fortfarande är i full gång på andra håll på – och i – planeten jorden, men som vi nu knappast förväntar oss i Stockholms skärgård.

Det geologiska arkivet på Utö

Hur det hela gick till har avslöjats steg för steg av geologerna sedan de fått klart för sig att öns berggrund bevarat ett arkiv över de geologiska händelser som drabbade östra Mellansverige för 1900–1800 miljoner år sedan. Arkivhandlingarna består av bergarter som uppvisar för dessa processer karaktäristiska särdrag. För den invigde uppenbaras en rafflande historia om

havsnivåförändringar, våldsamma vulkanutbrott, jordbävningar, malmbildning och bergskedjebildningar i en tid långt innan växter eller djur hunnit lämna några spår efter sig på ön.

Det geologiska arkivet på Utö har bevarats så pass intakt eftersom ön ligger i ett större område med ganska väl bevarade bergarter. Det kan följas från Stockholms skärgård runt hela Bergslagen och kännetecknas av att dess bergarter undsluppit mycket av den långt kraftigare metamorfos och deformation som drabbat övriga delar av östra Svealands berggrund. Därför förekommer lika välbevarade bergarter som på Utö även på andra håll i skärgården och Bergslagen. Men det är nog bara på Utö som man kan se ett så brett urval av så informativa bergarter inom ett så lättillgängligt och så begränsat område.

Till geologernas förtjusning erbjuder dessutom öns blankpolerade moss- och lavfria strandhällar enastående observationsmöjligheter. Det betyder att det geologiska arkivets allra mest finstilta avsnitt kan avläsas relativt lätt. Konsten är bara att förstå vad texten egentligen handlar om.

Tack vare dessa lyckliga omständigheter har man bland bergarternas detaljer även funnit ett slags tidsaxel som visar i vilken ordningsföljd många av Utö-bergarterna bildats. Man har således kunnat avläsa de geologiska händelsernas ordningsföljd genom att med

hjälp av olika strukturer turordna de bergarter som registrerat dem.

Den bakomliggande principen är ungefär följande. De lager som bygger upp Norra Utös berggrund avlagrades en gång av sedimentära och vulkaniska processer som horisontella skikt på jordytan, varvid de yngre naturligtvis hamnade ovanpå de äldre. Efter avlagringen har skikten genom jordskorperörelser rests upp till vertikalt läge. När man i dag vandrar tvärs över dessa skikt, rör man sig därför i bergartspackens ursprungliga uppåt- eller neråtriktningar, d.v.s. mot yngre eller äldre skikt. Genom noggranna studier av Utös strandhällar har man kunnat visa att bergarternas ovansidor i de allra flesta fall vetter mot nordväst, d.v.s. att de i stort sett är avlagrade senare, ju längre åt nordväst de ligger.

Ett Bergslagen i miniatyr

På Norra Utö kan man alltså se hela den geologiska utveckling som kännetecknar större delen av Bergslagen och Östra Svealand, men då måste man ta en tur runt ön och titta på många lokaler. Denna utveckling kan sammanfattas som att en pågående sedimentation under djupt vatten avbröts av en vulkanisk episod som utspelade sig i grunt vatten eller rent av uppe på land. Dessa utvecklingsstadier har på Utö dokumenterat sig i tre olikartade avlagringstyper som beskrivs i det följande.

Den förvulkaniska fasens avlagringar

Den äldsta bergarten på Norra Utö ligger således längs öns sydöstra strand, t.ex. på Fårskärsudd (lokal 1, se karta sidan 15). Det är en sedimentär bergart som kallas gråvacka och består av ljusare och mörkare grå, decimetertjocka, jämntjocka skikt. De måste ursprungligen ha avlagrats under ganska lugnt d.v.s. vanligen djupt vatten, som sandiga, respektive leriga skikt. Hade vattnet varit oroligare, d.v.s. grundare, hade så vackra skikt knappast kunnat bevaras. I de mörkare skikten kan man ibland se mörka fläckar av mineralen granat, cordierit eller andalusit, som tillkommit när bergarten metamorfoserats, långt efter sedimentets avsättning. På många håll kan man dessutom se en struktur som just visar vilket som ursprungligen varit respektive skiktets ovansida. Skikten är nämligen vanligen uppdelade i en grovkornigare och en finkornigare del, som gradvis går över i varandra. Man brukar säga att sådana skikt är graderade (figur 1). De har avsatts ur s.k. slamströmmar



Figur 1. Gråvacka med storleksgraderad skiktning. Fårskär, ca 200 m SSV om lokal 1, koordinater 6540036/1645583.

(eng. turbidity currents) som rört sig över havsbotten. Eftersom det grövre sandmaterialet i en sådan uppslammad blandning av alla kornstorlekar sjönk till botten snabbare än det finkornigare lermaterialet, hamnade skiktens leriga delar ovanpå deras sandiga delar. Trots att skikten i dag på många håll är ganska veckade och tillskrynkade, så att deras ovansidor kan peka åt olika håll, visar en noggrann sammanställning av strukturerna att själva bergartsenhetens ovansida numera vetter åt nordväst.



Figur 2. Korsskiktad, konglomeratisk sandsten. St. Sillvik. Lokal 3.

Den vulkaniska huvudfasens avlagringar

Nästa bergartsenhet påträffas i ett stråk som i stort går parallellt med stranden, t.ex. längst in i Rävstavik (lokal 2 och 3, karta sidan 15). Det är visserligen också en sedimentär bergart, men dess utformning vittnar om att helt nya sedimentationsförhållanden inträtt. Eftersom detta satts i samband med uppvaknande vulkanism, brukar den grupperas tillsammans med de vulkaniska avlagringar som tillkom under den vulkaniska huvudfasen. Den ovan beskrivna, äldre enheten räknas därför till den förvulkaniska fasens avlagringar, se karta sidan 15.

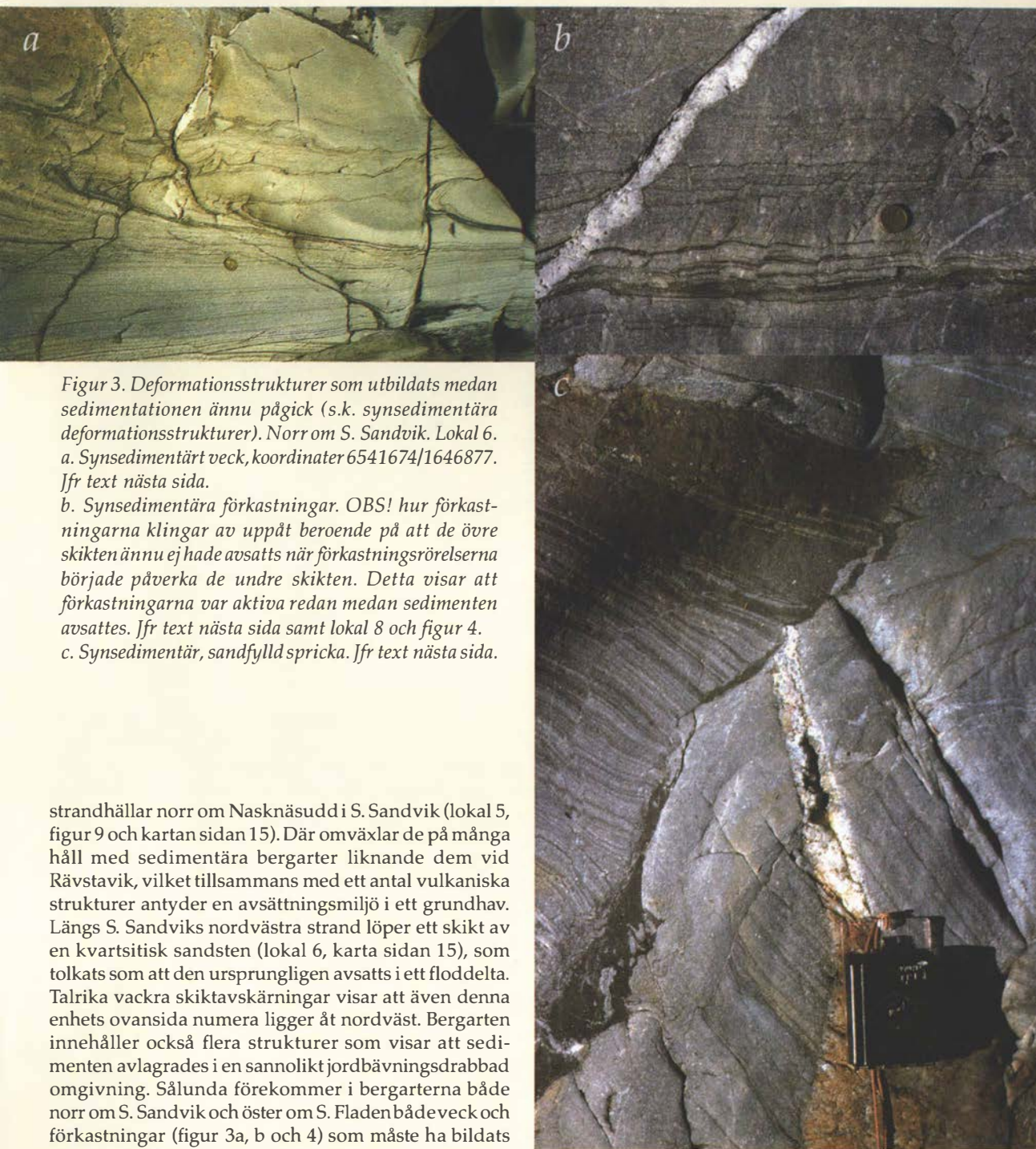
Bergarten i Rävstavik saknar de ursprungligen leriga skikt som kännetecknar Fårskärsbergarten ovan. Den består i stället nästan helt av ursprunglig sand och grus, d.v.s. den är i dag en sandsten med linser av konglomerat. Den är inte heller så uthålligt och regelbundet skiktad som Fårskärsbergarten, utan dess skikt förtjockas och tunnare ut över ganska små avstånd. På många håll kan man se hur vissa skikt klipper av andra (s.k. korsskiktning), vilket är ett mycket säkert tecken på att det klippande skiktet avlagrats efter det avklippta (figur 2). Det är speciellt sådana strukturer som visar att de yngre skikten i enheten återfinns nordväst om de äldre. Avsaknaden av sådana skikt som bildats ur lera, den oregelbundna skiktningen och de konglomeratiska, ursprungligen grusiga linserna, visar att denna bergart avsatts under ett mycket oroligare vatten än Fårskärsbergarten. Antagligen har den avlagrats betydligt närmare land, där strömmar och bränningar skapade en orolig sedimentationsmiljö.

Fårskärs- och Rävstaviksbergarterna visar alltså att havet med tiden grundades upp och att torra land möjligen inte var så långt borta. Denna landhöjning har antagits bero på att magma börjat pressa upp jordytan. Kanske har även andra, tektoniska, rörelser i jordskorpan medverkat.

De bergarter som nu beskrivits började bildas som sediment, d.v.s. de har transporterats och avlagrats väsentligen genom tyngdkraftens försorg. På Utö skedde detta huvudsakligen under vatten. Motsvarigheter återfinns endast i begränsad utsträckning i det egentliga Bergslagen.

En våldsamt vulkanism var däremot avgörande för den nästföljande enhetens utformning och den har talrika motsvarigheter i Bergslagen. Den gryende vulkanism som Rävstaviksbergarten förvarnade om, har här brutit fram på jordytan med våldsamma vulkanutbrott. Den äldsta vulkaniska bergarten finns över hela Nasknäsudd (lokal 4, karta sidan 15) och kan därifrån följas långt ner åt sydväst. Den har avsatts ur *pyroklastiska massflöden*. Sådana bildningar kan innehålla pimpstensbitar, vilket man även hittat rester av på Nasknäsudd. De avlagrades under ganska grunt vatten eller möjligen delvis på land eftersom enheten omges av bergarter liknande dem vid Rävstavik. Nasknäsuddsbergartens ålder har bestämts till ca 1904 miljoner år genom radiometrisk åldersbestämning med uran-blymetoden. Dess ålder markerar därför startskottet för vulkanismen och daterar därigenom också den nyss beskrivna uppgrundningen av avsättningsbassängerna.

Från denna nivå och uppåt (d.v.s. på dagens Utö från Nasknäsudd och åt nordväst), dominerar vulkaniska bergarter. Detta gäller både på Utö och i resten av Bergslagen. På Utö kan liknande bergarter ses på många

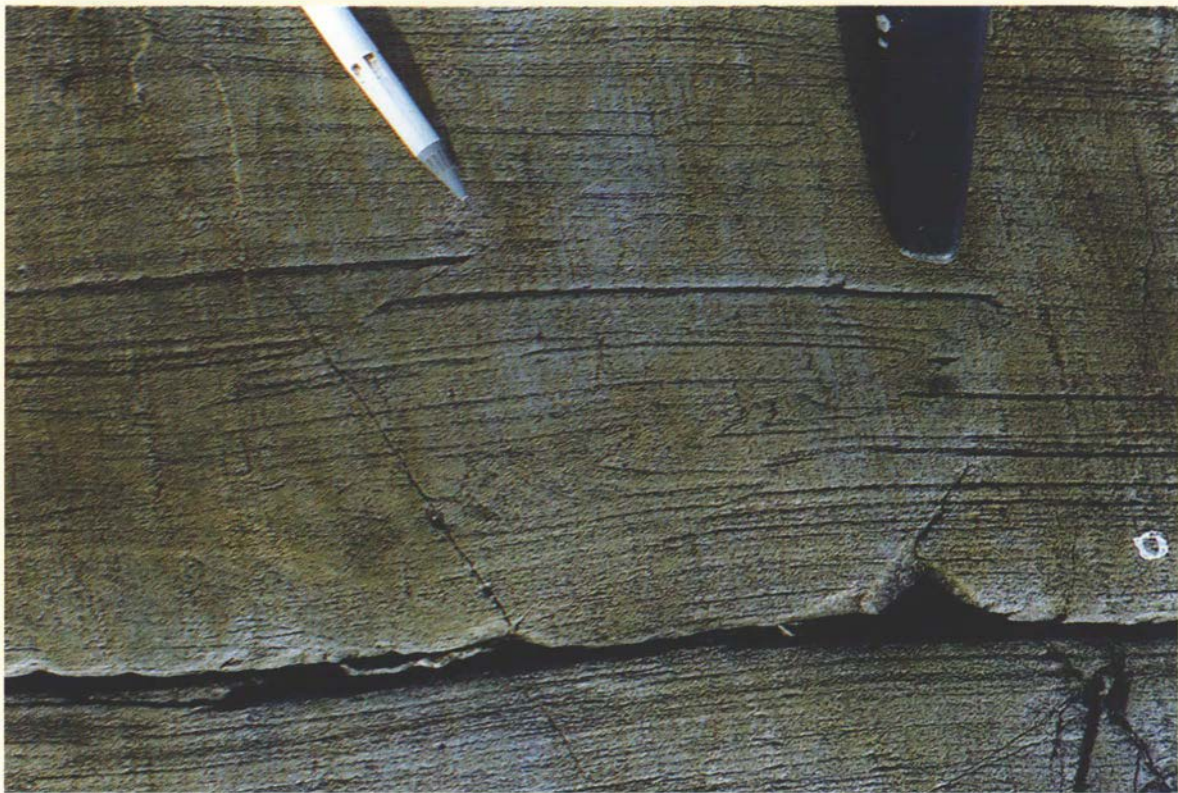


Figur 3. Deformationsstrukturer som utbildats medan sedimentationen ännu pågick (s.k. synsedimentära deformationsstrukturer). Norr om S. Sandvik. Lokal 6.
 a. Synsedimentärt veck, koordinater 6541674/1646877. Jfr text nästa sida.

b. Synsedimentära förkastningar. OBS! hur förkastningarna klingar av uppåt beroende på att de övre skikten ännu ej hade avsatts när förkastningsrörelserna började påverka de undre skikten. Detta visar att förkastningarna var aktiva redan medan sedimenten avsattes. Jfr text nästa sida samt lokal 8 och figur 4.

c. Synsedimentär, sandfylld spricka. Jfr text nästa sida.

strandhällar norr om Nasknäsudd i S. Sandvik (lokal 5, figur 9 och kartan sidan 15). Där omväxlar de på många håll med sedimentära bergarter liknande dem vid Rävstavig, vilket tillsammans med ett antal vulkaniska strukturer antyder en avsättningsmiljö i ett grundhav. Längs S. Sandviks nordvästra strand löper ett skikt av en kvartsitisk sandsten (lokal 6, karta sidan 15), som tolkats som att den ursprungligen avsatts i ett floddelta. Talrika vackra skiktavskärningar visar att även denna enhets ovansida numera ligger åt nordväst. Bergarten innehåller också flera strukturer som visar att sedimenten avlagrades i en sannolikt jordbävningsdrabbad omgivning. Sålunda förekommer i bergarterna både norr om S. Sandvik och öster om S. Fladen både veck och förkastningar (figur 3a, b och 4) som måste ha bildats genom störningar medan sedimentationen fortfarande pågick, men innan sedimenten hårdnat till bergarter. Både vecken och förkastningarna skärs nämligen av



Figur 4. Synsedimentära förkastningar. Strandhäll vid brygga öster om S. Fladen. Lokal 8. Jfr text nedan och figur 3b.

erosionsytor, ovanpå vilka nya, ostörda sediment avsatts. Veckningarna och förkastningarna måste därför ha skett före erosionen och den följande avlagringen. Detta visar att sedimentpacken blivit instabil och kommit i rörelse (rutschat) då dess underlag rubbats i samband med jordbävningar. På samma plats förekommer ytterligare en struktur som brukar tillskrivas jordbävningar. Sandstenens skiktning avbryts vinkelrätt av ett decimetertjockt, långsträckt parti av oskiktad sandsten, på vars andra sida samma sandstensskikt återkommer (figur 3c). Sådana strukturer brukar tolkas som sprickor, som öppnat sig i samband med jordbävningar och därefter fyllts med sand. De har kallats sandstensgångar (sandstone dykes på engelska).

Den vulkaniska avslutningsfasens avlagringar

Bergartsenheten vid Nasknäsudd och S. Sandvik saknar malmer eller är i varje fall mycket fattig på sådana, liksom dess motsvarigheter i Bergslagen. Det beror på

att den vulkanism som bildade dem var alldeles för våldsam och omgivningen för orolig för malmbildning. De tänkbara malmbildningsprocesserna i denna miljö verkar nämligen på eller strax under jordytan genom att malmbildande element långsamt avsätts från cirkulerande kemiska lösningar. För att dessa processer skall kunna bilda en någorlunda stor malm, måste de därför få verka ostört under mycket lång tid. De processer som skulle ha kunnat bilda malmer på Utö och i Bergslagen var helt enkelt för långsamma för att de skulle hinna ge något resultat under de korta pauserna mellan vulkanutbrotten.

På Utö finns i stället malmerna i de vackert kalkstensskiktade bergarter som sträcker sig från Krokarna och ner över gruvområdet (lokal 7, figur 5 och karta sidan 15). Förutom av skikt av kalksten och dolomit består dessa enheter av uthålliga skikt av ljus gråroda, finkorniga bergarter som sannolikt avsatts ur nerfallande vulkanaskor på ganska stort avstånd från sina vulkaniska centra. Dessa bergarter avlagrades under mycket lugnare förhållanden än de i den underlagrande enheten (Nasknäsudds- och S. Sandviksbergarterna). Då



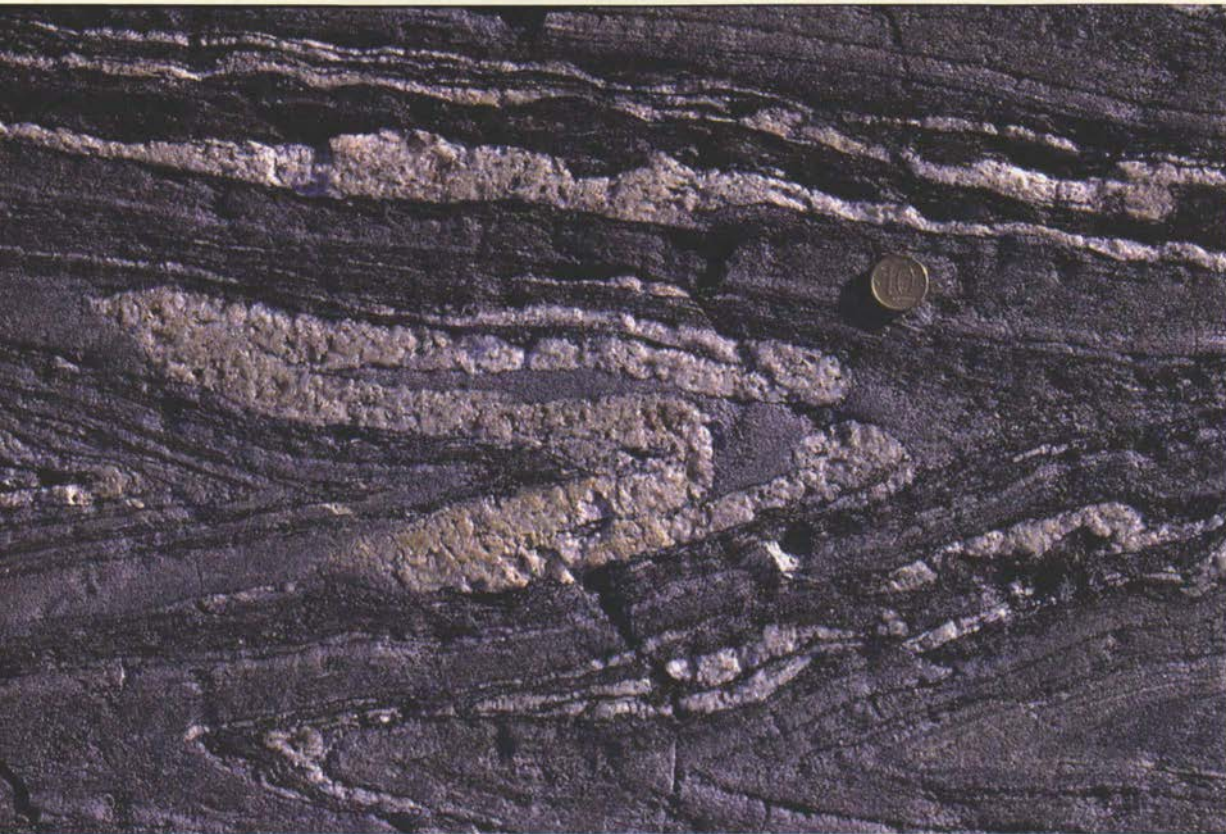
Figur 5. Veckad, kalkskiktad, vulkanisk ask-siltsten. Utö gamla soptipp. Lokal 7.

detta antagits avspegla vulkanismens avklingande och utslocknande, räknas dessa bergarter till den vulkaniska avslutningsfasens avlagringar, se karta sidan 15.

I sådana miljöer var det alltså tillräckligt lugnt för att de malmbildande processerna faktiskt skulle hinna åstadkomma några resultat. Liksom i Bergslagen återfinns därför såväl järnmalm som sulfidmalm mestadels i denna enhet. Järnmalmen på Utö är en kvartsbandad järnmalm, d.v.s. den består av skikt av malmmineralen hämatit och magnetit, omväxlande med skikt av kvarts. Denna skiktning visar att malmerna avlagrats på den dåvarande havsbotten, tillsammans med kalkstens- och askavlagringarna. Utös sulfidmalmer, vilka påträffats såväl i samband med järnmalmsutvinningen som i Silvergruvan, bildar däremot inga egentliga skikt utan uppträder som ådror och sprickfyllnader i både järnmalm och sidoberg. Det beror på att sulfidmalmen inte avsatts på havsbotten utan fyllt sprickor och hålrum en bit därunder. Sulfidmalmen består huvudsakligen av mineralen kopparkis, svavelkis, blyglans, zinkblände och magnetkis. Silvret bildade inte något eget mineral utan blandades in i blyglansen.

De malmförande, kalkskiktade bergarterna är vanligen intensivt veckade, vilket man kan se t.ex. i gruvöppningarna (dagbrotten) invid Vårdshuset (karta sidan 15, lokal 11, se även figur 5, lokal 7). Dagbrotten följer nämligen järnmalmslagren mycket noga, varigenom lagrens veckade form blir tydlig. Inga säkra strukturer som skulle kunna utvisa den ursprungliga uppåtriktningen är kända från denna enhet. Då enheten med malmer mot nordväst avgränsas av en kraftig skjuvningszon längs nordvästra stranden, kan man heller inte veta om bergarterna nordväst om denna enhet är ännu yngre, d.v.s. om lagerföljden är obruten tvärs över hela Utö. Det är dock säkert att det nordväst om deformationszonen, t.ex. på Ängsholmarna och St. Persholmen (lokal 10, karta sidan 15), förekommer bergarter som är snarlika, men inte identiska med de äldsta bergarterna från den förvulkaniska fasen på Utö, t.ex. den på Fårskär (lokal 1).

Praktiskt taget hela Norra Utös berggrund från Nasknäsudd i öster till den nordvästra stranden uppbyggs alltså av olika vulkaniska bergarter, (se karta sidan 15). De omgivande bergarterna i S. Sandviks-



Figur 6. Pilspetsveck, se text nästa sida. Strandhäll just väster om badplatsen norr om Edesnäs. Lokal 9.

området visar att de avsatts under ganska grunt vatten eller rent av på torra land på en orolig jordskorpa. Vi kan därför vara ganska säkra på att det redan för ca 1900 miljoner år sedan tidvis också fanns ett skärgårdslandskap i den dåvarande Utötrakten, då dock med talrika vulkanöar. Det skulle emellertid krävas många årmiljoner av geologisk bearbetning innan dåtidens föga inbjudande, vegetationsfria vulkanskärgård förädlats till dagens fritidsparadis!

Omvandlingar och veckningar

Den ovan nämnda bearbetningen bestod av omvandlingar (metamorfos) och veckningar, vilka huvudsakligen ägde rum några tiotal miljoner år efter bergarternas avsättning.

På Fårskärsudd innehåller bergarterna bl.a. mineralen granat, andalusit och cordierit. Dessa kan bara bildas när ett lerhaltigt sediment först hårdnat till bergart och sedan utsatts för förhöjda tryck och temp-

eraturer. Mineralen vittnar därför om de omvandlingar som skett. Trots omvandlingarna har åtskilliga drag från bergarternas allra första historia bevarats. På Utös nordvästra sida är förhållandena väsentligt annorlunda. De ursprungliga strukturerna är där inte alls lika väl bevarade och går man från St. Persholmens sydöstra till dess nordvästra sida (lokal 10, karta sidan 15), kan man se hur bergarterna mot nordväst alltmer lösts upp och blivit genomådrade av rödlätta granitådror, de har omvandlats till ådergnejser (*migmatiter*). Detta beror med all sannolikhet på att tryck och framför allt temperatur mot nordväst varit än högre, beroende på att man i riktning mot Mysingen och fastlandet närmar sig det kraftigare omvandlade området. Berggrunden har dessutom förskjutits längs brottzonen på Utös nordvästra sida så att bergarter som ursprungligen legat åtskilda här förts i än närmare kontakt med varandra.

Berggrunden drabbades av metamorfosen i samband med ett antal kraftiga deformationer och veckningar, som bl.a. förorsakade brantställningen av

bergartslagren. Hur bergarterna deformerats och ställts på högkant ser man också tydligt på Utö, där man kan se olika strukturer som vittnar om både plastisk (mjuk) och spröd (sönderbrytande) deformation.

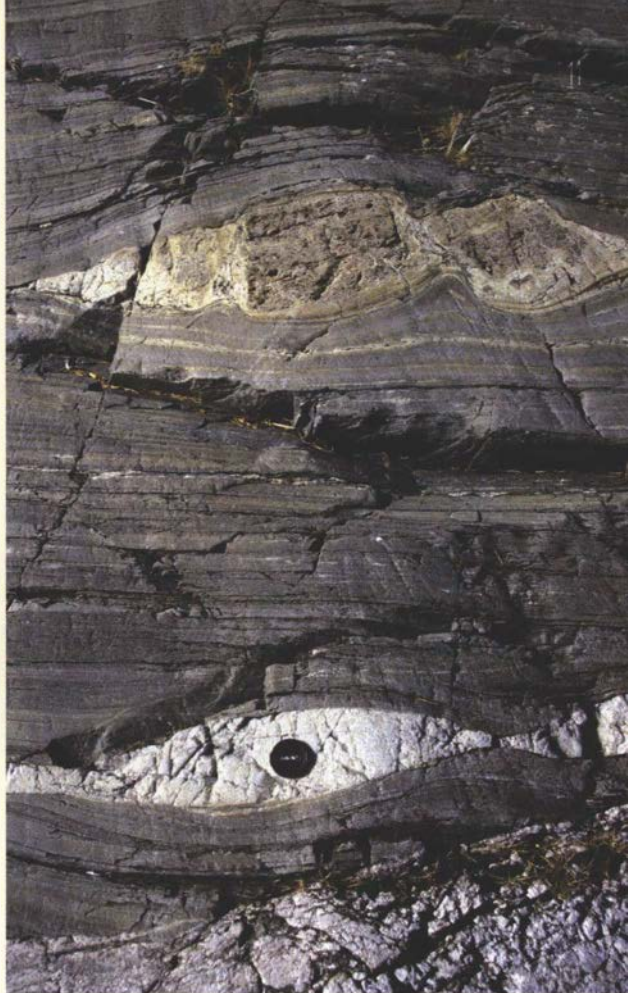
I både kalkstenen och migmatiterna kan man se såväl enkla som omveckade veck som bildats genom mjuk, plastisk deformation. När migmatiterna sammantrycktes eller skjuvades, veckades äldre veck på nytt till s.k. pilspetsformade veck (figur 6). När ett bergartspaket i stället drogs ut (töjdes), drogs de hårdare bergarterna isär till korvliknande kroppar, som brukar kallas boudiner. De omgivande, mjukare bergarterna flöt och veckades in mellan boudinerna, som vid boudinering av hårdare pegmatitgångar inneslutna i relativt mjukare migmatiter (figur 7). Normalt visar boudinernas form hur stor hårdhetsskillnaden mellan gången och den omgivande bergarten var. Om pegmatiten och dess omgivning var mycket olika hårda bildades boudiner med kantiga gränser, medan rundare gränser vittnar om en mindre hårdhetsskillnad. Var hårdhetsskillnaden tillräckligt liten fick boudinerna mer eller mindre sammanhängande svansar och kallas då med en engelsk term för "pinch-and-swell-strukturer" (knip-och-sväll-strukturer).

Talrika förkastningar visar att också spröda (sprickbildande) deformationer förekommit på Utö. Till skillnad från veck, vilka i regel uppkommer genom plastisk deformation under en längre period och vid hög temperatur, bildas förkastningar genom spröd deformation under relativt kort tid och vid lägre temperatur. Sådana förkastningar syns tydligt i de tunnskiktade sedimentbergarterna (figur 8).

Liksom vecken har förkastningarna på Utö bildats både under avsättningsperioden (sidan 8) och efteråt, när sedimenten kompakterats till bergarter. De sistnämnda förkastningarna har bildats i samband med utlösning av spänningar som byggts upp genom senare tektoniska rörelser (figur 8).

Slutet på historien

Flera vertikalstående gångar eller sprickfyllnader av pegmatit skär igenom Utös berggrund som raka skivor. Några sådana gångar kan ses i Nyköpingsgruvans öppning (lokal 11), alldeles invid Vårdshuset. Där kan man också se att dessa raka, ej veckade pegmatitgångar skär igenom intensivt veckade järnmalmslager. Veckningarna måste därför ha varit avslutade innan pegmatiterna kom på plats. En av Nyköpingsgruvans pegmatiter har nyligen åldersbestämts till ca 1821 miljoner år med hjälp av radiometrisk åldersbestämning. Tillsammans med åldersbestämningen på Nasknäsudden visar denna bestämning att den ovan beskrivna utvecklingen måste ha skett för mellan 1904 och 1821 miljoner år sedan. Det innebär att Utöbergarterna ger glimtar från ett ca 80 miljoner år långt



Figur 7. Gnejs med pegmatitboudiner (rosa) och knip-och-sväll-strukturer i kvartsgång (vit, under linsskyddet). Boudinens längsaxel ligger vinkelrätt mot bilden, vilken visar boudinen i tvärsnitt. Se text intill. Strandhäll på södra delen av St. Persholmen. Lokal 10.

geologiskt händelseförlopp, som avslutades med att pegmatiterna stelnade. Även pegmatiterna har emellertid drabbats av senare sprickbildningar som visar att de någon gång senare hamnat i en kallare och sprödare miljö.

Dessa pegmatiter, vilka utgör Utös yngsta bergarter, är rika på grundämnet litium och mineralet petalit. De bildades av omvandlingsprocesserna, som så att säga svettade eller smälte ut dem ur den äldre berggrunden. Pegmatiterna har på många håll visat sig anrikade på sådana element som sämst passar i de vanliga bergartsbildande mineralen. Dessa element anrikas därför i de granitiska restsältor som bildas i samband med metamorfosen.



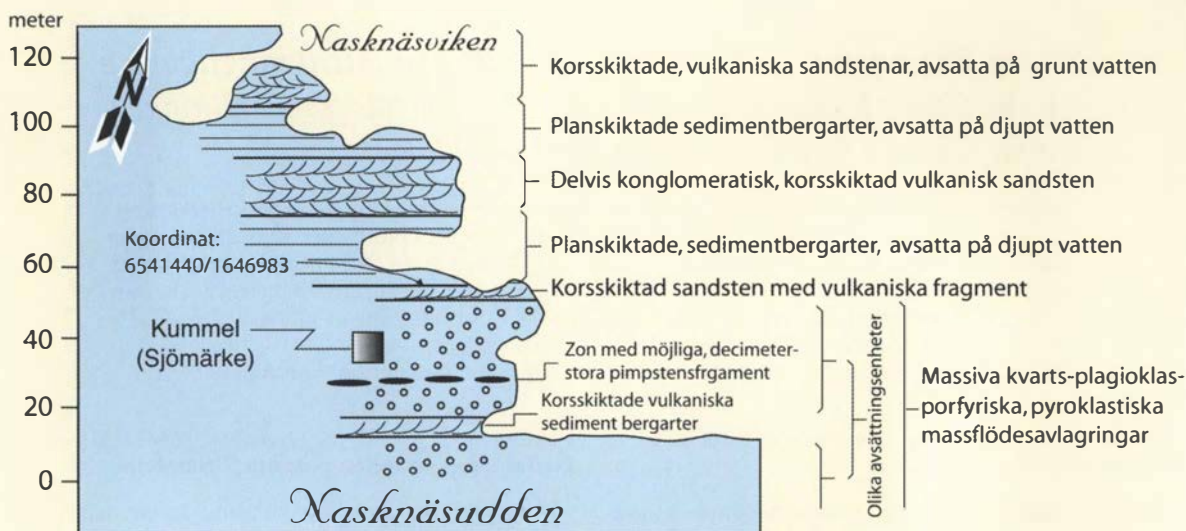
Figur 8. En normalförkastning i tunnskiktade sedimentbergarter. Strandhäll vid brygga öster om S. Fladen. Lokal 8, Jfr text sidan 8 samt figur 3b och 4.

För oss stängdes alltså Utös geologiska arkiv för ca 1820 miljoner år sedan. Vad som sedan hände kan vi bara spekulera om. Eftersom östra Svealands bergarter måste ha utsatts för temperaturer och tryck motsvarande åtskilliga kilometers bergövertäckning, bör en rejäl bergskedja en gång ha rest sig över området. Den måste sedan ha eroderats bort igen eftersom dess lägre delar, bestående bl.a. av Utöbergarterna, åter kommit i dagen. Grovarbetet i denna nedbrytning var sannolikt avklarat redan för mer än 1250 miljoner år sedan. Så gamla bergarter har nämligen avlagrats på bergsytor av ungefär samma ålder som den på Utö. Vad som för övrigt avlagrats på och åter eroderats bort från denna yta lär vi aldrig få någon säker kunskap om.

Långvarigt geovetenskapligt intresse

Utös berggrund erbjuder dagens forskare mycket av geovetenskapligt intresse. Men ön har faktiskt ett långt förflutet inom den vetenskapliga historien. Utö har sedan länge kunnat räkna många namnkunniga geologer bland sina besökare. Den mest exotiske var tveklöst Jozé Bonifácio de Andrada e Silva. Denne var väl utbildad i bl.a. geovetenskaper och sedan tio år

ledamot av den brasilianska vetenskapsakademien, när han i en uppsats år 1800 beskrev det på Utö nyfunna mineralet petalit. de Andrada var f.ö. en så framstående geolog att han småningom fick ge namn åt granatmineralet andradit. Hans mångsidighet framgår ytterligare av att han småningom blev Brasiliens statsminister. Utöpetalitens fulla vetenskapliga betydelse uppenbarades emellertid inte förrän 1817, när den då tjugofemåriga Berzelius-lärjungen J. A. Arfwedson hade till uppgift att analysera denna petalit för Berzelius' räkning. Han kunde dock omöjligen få sin analys att stämma. Arfwedson lär därför endast med tvekan och fylld av missmod ha framlagt sina skenbart orimliga resultat för sin läromästare. Denne var emellertid vidsynt nog att inse att man sannolikt upptäckt ett nytt grundämne och han var generös nog att ge Arfwedson hela äran för upptäckten. De kallade det nyupptäckta ämnet "lithion", motsvarande dagens litium. Utös berggrund har emellertid fortsatt att locka geologerna på många sätt. År 1910 hölls den vart fjärde år återkommande Internationella Geologiska Världskongressen i Stockholm. En av programpunkterna var naturligtvis ett besök på Utö, vars geologi beskrevs i en exkursionsguide, författad av dåvarande lektorn, sedermera professorn vid Kungl. Tekniska Högskolan i Stockholm, P. J. Holmquist. När geologerna samlades



Figur 9. Detaljkarta av exkursionslokal 5, S. Sandvik.

till världskongress i Köpenhamn 1960, besöktes återigen Utö, denna gång under ledning av professorn vid Stockholms Högskola Sven Gavelin och docenten vid Sveriges Geologiska Undersökning Per Henrik Lundegårdh. Tack vare de guideböcker som gavs ut vid dessa tillfällen kan man i dag få en god bild av geovetenskapens utveckling under i alla fall första halvan av det förra århundradet. Mellan och efter dessa spektakulära besök har öns berggrund dessutom kunnat behålla sin plats i åtminstone de svenska geologernas medvetande genom att den flitigt använts som övningsobjekt för geologistuderande från Uppsala och Stockholm. På Utö har de studerande kunnat få en första, pedagogiskt tydlig inblick i fältgeologins metoder och möjligheter. Goda populärgeologiska guideböcker, liksom talrika fackmannageologiska publikationer vittnar också om att ön har mycket att erbjuda såväl lekman- som yrkesgeologer.

Några geologiska facktermer

(kursiverade där de först uppträder i texten)

Axialplan: Ett tänkt symmetriplan genom ett vecks omböjningar.

Migmatit: En metamorf bergart som bildats ur en blandning av flera, olika mycket uppsmälta led. T. ex. en ådergnejs.

Pyroklastiska massflöden: Laviner av het och gasrik vulkaniska som kan rusa fram mycket snabbt över och täcka stora arealer.

Stort tack till Thomas Lundqvist, Ulf-Bertil Andersson, Johanna Ljung, Marika Lundin och Rolf Frankenberg för deras många synpunkter på och förbättringar av detta manuskript.

Litteratur i urval

- Enghag, P., 2000: Jordens grundämnen och deras upptäckt. Byggstenar för marken och vattnet – luften och livet. – Industrilitteratur.
- Johansson, Å., 2002: Att fånga tiden.... Åldersbestämning av mineral och bergarter. *Geologiskt forum* 35, 18–23.
- Koyi, H. & Lundström, I., 2003: Utö - en rest från jordens halvtid. *Forskning och Framsteg* 4/03, 42–46.
- Lundström, I., Allen, R. L., Persson, P.-O. & Ripa, M., 1998: Stratigraphies and depositional ages of Svecofennian, Palaeoproterozoic metavolcanic rocks in E. Svealand and Bergslagen, south central Sweden. *GFF* 120, 315–320.
- Löfgren, J., 1997: *Vandring i urtiden. Geologisk guide på Utö & Ålö. Utö turistbyrå.*
- Perhans, K.-E., 2001: *Berg och jord på Utö. Exkursionshandledning i naturgeografi. Eget förlag.*
- Stålhös, G., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Nynäs- hamn NO/SO. SGU Af138.

Ingmar Lundström är pensionerad SGU-geolog och har forskat på Bergslagens vulkaniska bergarter; ingmarg@privat.utfors.se
Hemin Koyi är universitetslektor vid Uppsala universitet; hemin.koyi@geo.uu.se

Exkursionsguide

Nedan följer förslag på ett antal någorlunda lättillgängliga och representativa lokaler som belyser den ovanstående framställningen. Jämför text och figurer, speciellt kartan till höger.

Lokalerna följer nedan i ungefär samma ordning som motsvarande företeelser beskrivs i texten. I stort belyser därför lokalerna successivt allt yngre geologiska händelser. Koordinaterna är angivna i Rikets nät och lokalerna kan lätt hittas på Gröna kartan (Topografiska kartan eller Terrängkartan) 9I (Nynäshamn) NO i skala 1:50000 eller på Gula kartan (Ekonomiska kartan eller Fastighetskartan) 9I/7i, j, 9I/8i, j i skala 1:10000. Koordinaterna är uppmätta med GPS på plats. Erfarenhetsmässigt innebär det att koordinatpunkten kan avvika några meter från det sanna läget. Undantagsvis kan avvikelser på något tiotal meter förekomma.

Lokal 1 koordinater 6540206/1645692
Fårskärsudd, högsta punkten

Veckade, djupvattenavsatta sedimentbergarter av gråvacketyper med uthålliga sandiga och leriga skikt som på många håll är graderade från sandiga bottenlager till leriga toppar. Utös äldsta bergart, figur 1.

Lokal 2 koordinater 6540420/1645681
Rävstavik, L. Sillvik. Strandhällar innanför den lilla kobben. (Ett lättare tillgängligt alternativ till lokal 3.)

Grusigt konglomerat med korsskiktning, d.v.s. skikt som skär av varandra och därigenom visar avlagringsriktningen.

Lokal 3 koordinater 6540665/1646263
St. Sillvik, strandhällarna närmast havet.
(Kan vara svår att nå vid kraftig sjöhävning. Alternativ är lokal 2)

Konglomeratiska lager med korsskiktning. Man ser här väsentligen samma saker som på lokal 2, men här ännu tydligare och bättre exponerade, figur 2.

Lokal 4 koordinater 6541400/1647200
Nasknäsudd, liten sprängning längst i nordost

Kvarts- och fältspatporfyrisk vulkanisk bergart. Kvarts- och fältspatströkornen är fragmenterade och bergarten innehåller sannolika mörka rester av pimpsten. Detta, liksom bergartens massiva, homogena karaktär, antyder att den en gång avlagrats av ett pyroklastiskt massflöde. Ett prov från denna lokal har åldersbestämts till 1904 miljoner år.

Lokal 5 koordinater 6541440/1647010
Strandhällar mellan Nasknäsudd och S. Sandvik, från ca 30 m söder om kumlet till ca 90 m norr därom

Växellagrande bäddar av vulkaniska bergarter enligt lokal 4 ovan och korsskiktade, kvartsitiska sandstenar, troligen bestående av material som vaskats fram ur de vulkaniska bergarterna. Se kartsnitt figur 9.

Lokal 6 koordinater 6541635/1646838
Hällar längs stranden norr om S. Sandvik

Korsskiktade, kvartsitiska sandstenar och vulkaniska bergarter. Flera veck som troligen bildats genom rörelser innan sanden hårdnat till sandsten. Förkastningar och sandfyllda sprickor som troligen bildats i samband med jordbävningar, figur 3. Se text sidan 8. Jfr lokal 8.

Lokal 7 koordinater 6540123/1644303
Hällar på Utö soptipp

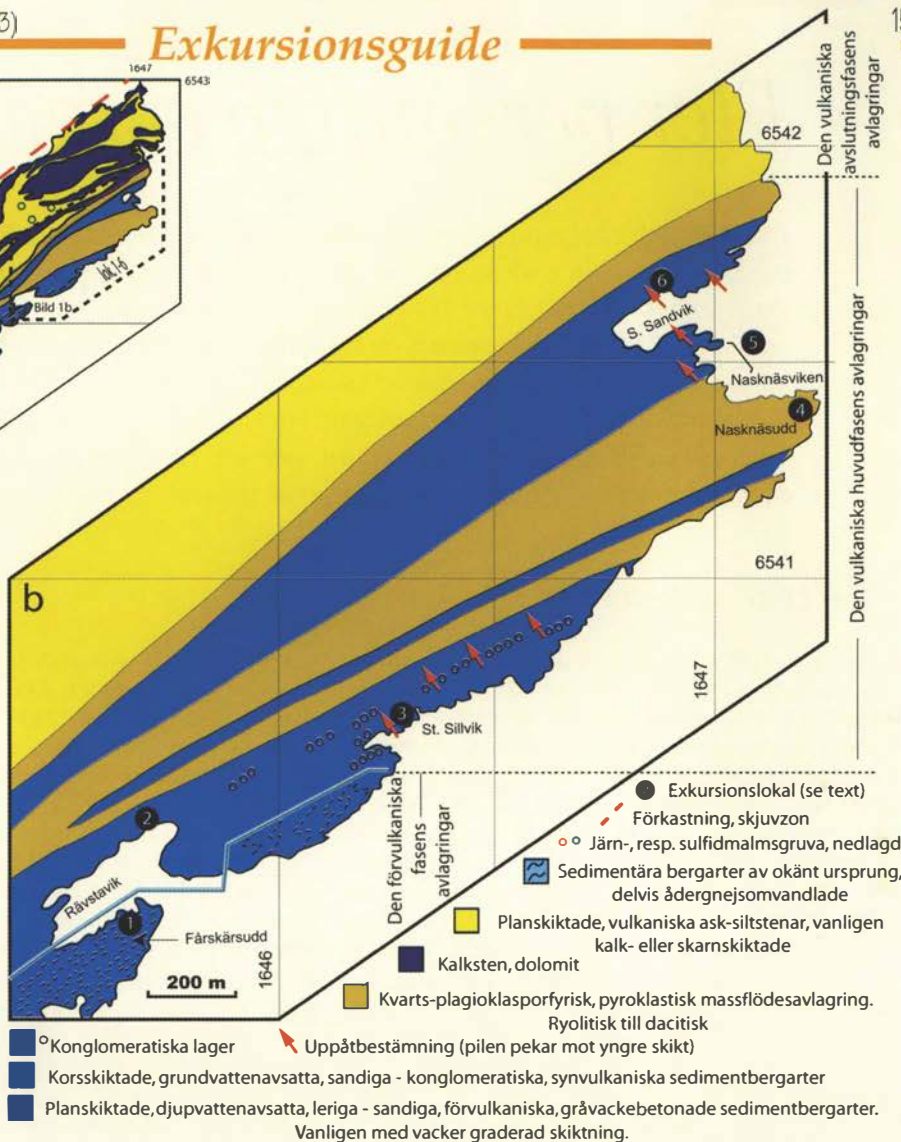
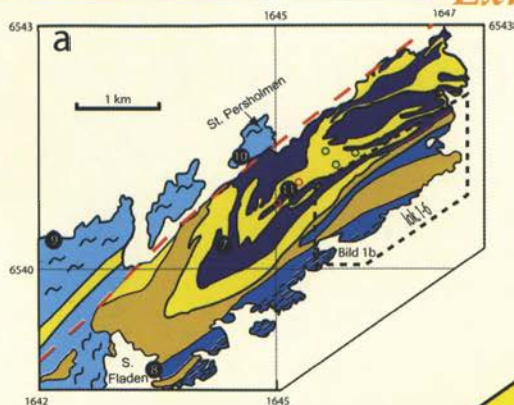
Vackert veckade kalkskiktade, vulkaniska siltstenar, figur 5. Denna bergart är den i särklass vanligaste värdbergarten för Utös och Bergslagens malmer.

Lokal 8 koordinater 6538775/1643370
Strandhäll vid brygga öster om S. Fladen

Efter att ha kompakterats till bergarter har de tunn-skiktade sedimenten utsatts för tektoniska krafter som skapade förkastningar i dem. Normalförkastningen i sandstenen i figur 8 är resultatet av en sådan spänning. På samma plats finns det även förkastningar som bildats innan bergarterna kompakterats. Dessa förkastningar har sannolikt bildats i samband med jordbävningar orsakade av vulkanutbrott. De måste i varje fall ha bildats medan sedimentationen fortfarande pågick, eftersom de klingar av uppåt i lagerföljden. Detta visar nämligen att förkastningsrörelsen hunnit påbörjas innan alla sedimentlagren avlagrats, d.v.s. att förkastningsrörelserna pågick samtidigt med sedimentationen. Jämför lokal 6 och figur 4.

Lokal 9 koordinater 6540372/1642192
Strandhäll just väster om badplatsen N. Edesnäs

Plastiska veckstrukturer som bevisar att bergarten genomgått totalt tre veckfaser. De första två veckfaserna har skapat ett så kallat pilspetsveck i migmatiten. Sådana strukturer bildas när ett veck med flackt lutande *axialplan* deformeras av ett annat vecksystem med vertikalt *axialplan*. Pilspetsvecket i figur 6 är i sin tur veckat (ej synligt i figuren), vilket visar att bergarten veckats en tredje gång.

**Lokal 10**

koordinater 6541272/1644392

St. Persholmen. Strandhällar på öns sydligaste del

I söder förekommer plansiktade sandstensartade sedimentbergarter, liknande dem på Fårskär (lokal 1). Antingen är detta samma enhet som på Fårskär, vilken här återkommer via veckat söder om kyrkan (se översiktskartan ovan), eller också är det en helt ny enhet. Närmare Mysingen i norr, upplöses bergarten till en ådergnejs genom att granit och pegmatit träng in som ådror i den.

Längst i SV förekommer både kantiga boudiner av pegmatit och rundade knip- och svällstrukturer av kvartsgångar. Båda strukturerna utbildades genom töjning. Dessa gångar har trängt in i en bergart (numera ombildad till gnejs) som vid deformationstillfället var relativt mjukare än både pegmatit- och kvartsgångarna. Eftersom bergartstyperna var olika hårda under töjningen, sträcktes

de olika mycket. Gnejsen drogs ut och förtunnades mer än de mycket hårdare pegmatitgångarna som brast till kantiga boudiner. Kvartsgångarna, som däremot bara var lite hårdare än gnejsen, drogs ut till knip- och svällstrukturer, figur 7.

Lokal 11

koordinater 6541028/1645212

Gångvägen över Nyköpingsgruvan

Vägen löper på en rak vägg eller mur av litiumrik pegmatit och en annan kan ses nere i dagbrottet, vars slingrande form avspeglar järnmalmslagrens veckning. Dessa pegmatiter, vilka åldersbestäms till ca 1820 miljoner år, utgör Utös yngsta bergarter. Veckningsrörelsen måste ha skett innan pegmatiterna kom på plats eftersom de ej berörs därav.

Prover av Utös järnmalmer m.fl. bergarter finns utställda utanför museet vid Vårdshuset, ca 100 m NNV om lokalen.

Fler personliga bergarter

Det är väl känt att mineral ofta får namn efter personer, men så är ju inte fallet med bergarter. En diskussion som startade för många år sedan berörde just detta fenomen. Författarna till denna text beslöt att gå till botten med saken och fann till att börja med elva olika bergarter som fått sitt namn efter mer eller mindre berömda personer. Ämnet var dock icke uttömt i och med detta; den första artiklen sporrade till ytterligare efterforskningar, och ytterligare 15 "personliga" bergarter har nu blivit uppspårade. Här berättas om personerna, alltifrån en romersk fältherre till en svensk prinsessa, bakom namnen.

AV DAN HOLTSTAM OCH ERIK F.F. STURKELL

Efterlysningen efter bergarter med direkt personamnsm-anaknytning (se *Geologiskt forum* nr. 32) och förnyade djupdykningar i litteraturen har resulterat i hela femton(!) ytterligare bergarter. Författarna har tacksamt tagit emot information från Ulf Hålenius vid Naturhistoriska riksmuseet, Stockholm, samt Guðmundur E. Sigvaldason vid det Nordiska Vulkanologiska Institutet och Kristján Jónasson vid Náttúrufræðistofnun Íslands, båda i Reykjavík. De "nya" bergarterna är astridit, baconit, blacolit, buchit, buchnerit, davit, glauberit, lemanit, lucullit, pallisit, penicatit, torricellit, ulrichit, valentinit och wernerit. Ingen av dem torde förekomma i modern vetenskaplig litteratur, d.v.s. de kan i hög grad betecknas som obsoleta.

Astridit

Astridit är en ådrig ultrabasisk bergart från Nya Guinea, som i huvudsak består av Cr-rik jadeit och likaledes Cr-rik spinell ("picotit"). Bergartsnamnet introducerades av Willems 1934 efter drottning Astrid av Belgien.

Astrid föddes 1905 som svensk prinsessa. Hon var dotter till prins Carl, Gustaf V:s bror. Det svenska kungahuset höll på den tiden fast vid regler och ceremoniel. Astrid och hennes systrar tillhörde en sidolinje, som inte stod i direkt arvsrätt till tronen, och det var troligen därför de var mer fria än vad den högdragna drottning Viktoria tillät för sina egna barns och barnbarns del. Astrid utbildade sig på riktigt, dels till barnsköterska, dels i hushållsskola. Efter henne och hennes systrar uppkallades *Prinsessornas kokbok* som var populär på sin tid. Hon var mycket vacker och gifte sig med kronprins Leopold av Belgien den 4 november 1926 vid en borgerlig vigsel i Rikssalen på Stockholms slott. Den kyrkliga ceremonin skulle äga rum i Bryssel.

När hon med pansarkryssaren Fylgia kom till Antwerpens hamn den 8 november 1926 sprang hon över landgången och kastade sig i armarna på Leopold, som rest hem i förväg. I det ögonblicket erövrade prinsessan Astrid hela sitt nya hemland. Hon blev, genom sitt rättframma och mänskliga sätt, omåttligt populär i både Belgien och Sverige.

Hennes svärfar kung Albert I var också populär, i motsats till sin företrädare Leopold II, som var illa känd för sin Kongopolitik. Albert hade som hobby att klättra i berg och han omkom 1934 vid en klätterolycka. Han efterträddes av Leopold III med drottning Astrid vid sin sida. Hon hade varit kronprinsessa i åtta år och fött tre barn, som hon uppfostrade väl, och som också bidrog till att göra henne än mer populär. Hon vinkade också till allmänheten på ett särskilt sätt, den så kallade Astridgesten. Astrid hade varit drottning i endast drygt ett år, när hon omkom i en automobilolycka nära Küsnacht i Schweiz den 29 augusti 1935. Att bergartsnamnet introducerades under hennes livstid ger en fingervisning om hur uppskattad hon var.

Baconit

Bergarten baconit är en basaltin (finkornig basalt) med talk, som namngavs av Pinkerton efter den engelske filosofen och vetenskapsmannen Roger Bacon, som också gick under tillnamnet *Doctor Mirabilis* ("beundransvärd lärare"). Hans födelseort är inte helt klarlagd men de två huvudalternativen är Ilchester i Somerset och Bisley i Gloucester. Födelseåret är inte heller säkert, man brukar ange ca 1220, eftersom Bacon 1267 yttrade att det nu var fyrtio år sedan han hade lärt sig alfabetet.

Roger Bacon studerade geometri, räknekonst, musik och astronomi som ung och utexaminerades omkring

1241 vid universitetet i Paris. Vid denna tid koncentrerade han sig på Aristoteles' idéer och visade ringa intresse för modern vetenskap. Hans vetenskapliga och matematiska intresse väcktes då han flyttade till universitetet i Oxford 1247. Bacon var mycket influerad av sin läromästare Robert Grosseteste, och i Oxford kom hans fortsatta arbete att domineras av språk, matematik och optik. Hans viktigaste bidrag inom matematiken var tillämpningen av geometri inom optiken. Han poängterade matematikens betydelse med citatet "matematiken är dörren och nyckeln till vetenskapen". Bacon genomförde även systematiska försök med linser och speglar. Det tycks som om han planerade sina experiment och tolkade resultaten på ett häpnadsväckande modernt sätt. Han lade stor vikt vid experiment, och anses ibland vara experimentalismens fader. Han beskrev dock många fler experiment än han utförde.

År 1257 sker en dramatisk vändning i Roger Bacons liv. Han drabbas av vad vi idag skulle kalla en depression eller "utbrändhet", talar om sig själv som bortglömd och nästan död. I detta hälsotillstånd lämnar han universitetet i Oxford och inträder som tiggarmunk i Franciskanerorden. År 1266 skrev Bacon vad som mycket liknar en modern forskningsansökan till påven Clemens IV. I denna "ansökan" föreslogs att göra en vetenskapsencyklopedi, som naturligtvis skulle koordineras av kyrkan. Påven, som inte var van att läsa dylika, missförstod Bacons förslag och trodde att encyklopedin redan förelåg som publikation och ville gärna se den. Detta var ett problem för Bacon, för påven är inte en person som man säger nej till. Han skrev snabbt samman böckerna *Opus maius* ("Det stora arbetet"), *Opus minus* ("Det mindre arbetet") och *Opus tertium* ("Det tredje arbetet"). Denna stora uppgift måste han utföra i lönndom, eftersom hans överordnade i Franciskanerorden å det kraftigaste motsattes sig denna typ av verksamhet. Bacon avsåg att visa för påven, att vetenskapen hade en viktig plats i den samtida världen. I *Opus maius* behandlar han ämnen såsom matematik, optik, alkemi, hur man tillverkar krut (han var den förste i Europa som beskrev detta) och astronomi. Han förebådade senare uppfinningar, t.ex. mikroskopet, teleskopet, flygmaskiner och ångfartyg.

Bacon studerade också astrologi och trodde att planeterna påverkade människans öde och tankar. Han kritiserade den julianska kalendern (vilken fortfarande skulle vara i bruk till den avlöstes av den gregorianska 1582). År 1268 dog Clemens IV och då ointetgjordes Bacons möjligheter att få sitt projekt genomfört. Dock påbörjade han nya stora bokprojekt, *Communia naturalium* ("Allmänna naturvetenskapliga principer") och *Communia mathematica* ("Allmänna matematiska principer"). Endast delar av dessa verk blev publicerade och troligen blev merparten aldrig ens skrivet. Bacon framförde flera kontroversiella teorier, bl a att jorden är



Drottning Astrid av Belgien, prinsessa av Sverige, Hon födde tre barn: Joséphine-Charlotte (född 1927, gift 1953 med nuvarande storhertigen Jean av Luxemburg), Baudouin (1930–93, kung av Belgien från 1951) och Albert (född 1934, kung av Belgien från 1993). Okänd fotograf, Kungliga Bibliotekets arkiv.

rund och att det är möjligt att göra en världsomsegling. Till slut tröttnade munkordens överhuvud Jerome av Ascoli på Roger Bacons ideer och klassade hans arbete som suspekta nymodigheter. Bacon fängslades 1278, och enligt vissa uppgifter var han inspärrad de följande 14 åren. Efter frigivningen började Bacon att arbeta med ett verk där han gick han hårt fram emot kristendomens korruption. Det blev publicerat ett år efter hans död 1292.

Blacolit

Blacolit är en serpentinitvarietet namngiven av Pinkerton 1811 efter den skotske kemisten Joseph Black (1728–1799). Han föddes i Bordeaux som en av femton i barnaskaran. Hans fader John var en nordirländsk vinhandlare verksam i Bordeaux, med skotsk bakgrund och en lång familjetradition inom vinhandeln. Vid tolv års ålder sändes Joseph att studera latin och grekiska i

Belfast, och fyra år senare (1744) blev han inskriven vid universitetet i Glasgow. Där ägnade han sig åt konststudier men efter fyra år lyckades fadern övertyga sin son om att studera något användbart, så han valde medicin. Vid denna tid var William Cullen professor i medicin vid universitetet och han hade året innan (1747) infört kemin vid Glasgows universitet. William Cullen såg att Joseph hade fallenhet för kemi och anställde honom som laboratorieassistent. År 1752 flyttade Joseph Black till Edinburgh för ytterligare studier inom medicin. Han återvände år 1756 till Glasgow som professor i anatomi och botanik och tog över som kemiföreläsare när William Cullen flyttade till Edinburgh. Året efter utnämndes Black till professor i medicin. Detta byte av professorsstolar var arrangerat av Black själv, eftersom han ansåg att anatomi och botanik inte var hans ämnen. Black blev kvar i Glasgow fram till 1766 då han efterträdde William Cullen som medicinprofessor i Edinburgh, en tjänst som han skulle behålla livet ut.

Under sin första period (1750–52) i Glasgow påbörjade han experiment med magnesiumkarbonat. Detta arbete ledde fram till upptäckten av koldioxid som Black kallade "fixed air". Vid utförandet använde han precisionsvågar för att mäta viktförändringarna hos magnesiumkarbonat som upphettades och reagerade med syror, vilket ledde till förgasning av CO_2 . När Black återvände till Glasgow 1756 intensifierades samarbetet med James Watt, vilket tycks ha stimulerat den senares arbete med latent värme och de första stegen inom kalorimetern (latent värme är det värme som tillföres en substans utan att temperaturen ändras, och som till exempel går åt till smältning). Det var Blacks kvantitativa tillvägagångssätt som möjliggjorde de nya upptäckterna. Han väntade otåligt på vintern så att han kunde börja med sina nedkylnings- och uppvärmningsexperiment med vatten och alkohol. Detta arbete ledde fram till ett helt nytt koncept för det latent värmets, vilket ledde Watt till stora förbättringar i konstruktionen av ångmaskinen.

Joseph Black var en omtyckt och kompetent lärare. När han flyttade till Edinburgh år 1766 följde många av hans studenter med. Han gav fem föreläsningar per vecka, från november till maj varje år. Till dessa föreläsningar kom studenter från hela Europa och Amerika. Hans arbete inom kemin var oavlönat, så han finansierade det med kursavgifter. Detta var också ett incitament för honom att ge attraktiva kurser.

Buchit

Bergarten buchit är en glasig sandsten bildad genom kontaktmetamorfos. Den förekommer i kontakter till intrusioner eller som brottstycken i intrusiva bergarter. Namnet introducerades troligen av Heinrich Möhl för att hedra geologen C. L. von Buch.

Friherre Christian Leopold von Buch (1774–1853) var vid sin död Tysklands ledande geolog. Alexander von Humboldt beskrev von Buch i *Kosmos* som "den största geologen i vår tid". Mellan åren 1790 till 1793 studerade von Buch vid Bergakademien i Freiberg för Abraham Gottlob Werner. År 1796 tillträdde han en tjänst som gruvinspektör, men tack vare att han kom från en välbeställd familj kunde han nästan omgående säga upp sig och ägna sig åt geologisk forskning på heltid. Väl befriad från förvärvsarbetets krav kunde han bege sig ut på ett flertal studieresor runt stora delar av Europa. Han påbörjade sina studier av Alperna 1797, vilka skulle inta en central roll i hans forskargärning. Året efter begav han sig till Italien och inledde sina vulkanologiska studier. I och med hans observationer av Vesuvius började han att tvivla på sin läromästares teorier om neptunismen (teorin om att allt berg bildas genom sedimentation). År 1799 studerade von Buch Vesuvius' lavor nära Torre del Greco och han hade svårt att särskilja mellan basalt och lava. Hans neptunistiska syn försvagades ytterligare när han konstaterade att pågående lavaflöden från Vesuvius påminde mycket om basalt. Under sina vulkanologiska studier sökte han förgäves efter det brännbara material, vilket Werner ansåg var nödvändigt för vulkanism.

Redan fyrtio år tidigare år 1763 hade den franske geologen Nicholas Desmarest genom fältstudier på Mont d'Or i Auvergneregionen (Massif Central) påvisa att pelarförklyftad basalt övergår i skoria mot toppen av ett lavaflöde. Denna observation, som visar att pelarförklyftad basalt är lava, torde vara ett av de viktigaste framstegen inom geologin. Desmarest presenterade sina revolutionerande upptäckter för den Franska akademien 1765, och 1768 publicerade han en osignerad artikel med titeln *Basalte d'Auvergne*. Trots att Desmarest hade presenterat avgörande bevis för att bergarten hade ett vulkaniskt ursprung, fortsatte kontroversen mellan plutonister och neptunister in i nästa århundrade. Desmarest, som var en framstående fältgeolog, sa alltid till sina kritiker: "gå och se själva".

År 1802 besökte von Buch Desmarests lokal i Auvergne och instämde att basalten var vulkanisk lava, men trots detta höll han fortfarande fast vid neptunismen. Han argumenterade att formationen kunde vara ett resultat av lokal smältning och att deposition av basalt skedde i en akvatisk miljö. År 1806 färdades von Buch till Skandinavien där han kunde påvisa ursprungslokalerna för många av de flyttblock som återfinns i norra Tyskland. Han reste längs en profil från Fredrikshald genom Sverige, vilken slutade i Åbo, och konstaterade att Sverige reste sig ur havet. Han gav ut en reseskildring om sin Skandinaviska resa, *Reise durch Norwegen und Lappland* (1810). Von Buch utvecklade "kraterbildningsteorin" med vilken han förklarade bildningen av den topografiska vulkanen; vulkanberg skapas genom upplyftning av jordskorpan på grund av



Pelarförklyftad basalt och dess bildningsmekanismer spelade en stor roll under striden mellan neptunisterna och plutonisterna. Dverghamar, Foss, Island. Foto Erik Sturkell.

inre elastiska krafter. Slutligen (1815) tog von Buch steget fullt ut och argumenterade för ett vulkanisk ursprung för oceaniska öar efter studier på Kanarie-öarna; med detta övergav han den neptunistiska tron, men han höll fast vid kraterbildningsteorin.

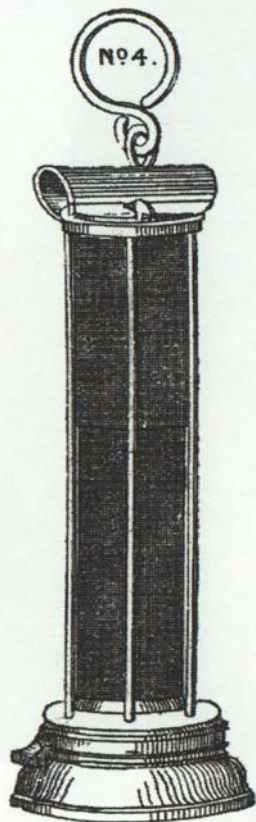
Buchnerit

Buchnerit är ett namn för en variant av lherzolit. Namnet introducerades år 1884 av Wadsworth för att hedra Otto Buchner. Buchnerit domineras av olivin, enstatit och aughit.

Buchner publicerade år 1863 ett verk om meteoriter och i det beskrev han en meteorit med liknande sammansättning. Christian Ludwig Otto Buchner (1828–1897) var lärare i realskolan i Giessen från 1856 till sin pensionering 1894. En kort biografi över Buchner är skriven av en bekant till honom, Karl Ebel, och listan över Buchners skrifter upptar $2\frac{1}{2}$ av sju sidor. Buchners vetenskapligt mest uppmärksammade skrifter handlade om mineralogi och meteoriter. Trots sitt omfattande författarskap efterlämnade Buchner aldrig undervisningen i realskolan, och en av hans rektorer talade om Buchners enastående goda relation till sina elever.

Davit

Davit är en benämning på alabastermarmor från Vulpino, Italien, införd av Pinkerton. Sir Humphrey Davy (1778–1829) var brittisk adelsman, poet och en av 1800-talets största kemister. Blott 24 år gammal blev han professor vid Royal Institution i London. Han insåg att strömmen från galvaniska element berodde på kemiska reaktioner i dem, och gjorde stora insatser inom elektrokemin. Genom elektrolys av olika salter lyckades han renframställa en rad tidigare nästan okända grundämnen: natrium, kalium, strontium och barium. Efter fruktlösa försök att sönderdela det som Scheele en gång benämnt "oxiderande saltsyra", kunde han 1810 påvisa existensen av ytterligare ett nytt grundämne, d.v.s. klor, och samtidigt slå fast att Lavoisiers idé att alla syror är syreföreningar inte var korrekt. Davy står som författare till många skrifter i vitt skilda ämnen, t.ex. en som behandlar flugfiske. Han konstruerade en säkerhetslampa, där oljelågan omges av ett fint nät av metalltråd vilken leder bort värme. Den kom till användning i stenkolsgruvorna, där risken för antändning av metangas i luften annars var stor med konventionella gruvlampor. Davys förhållande till Berzelius, en annan av tidens giganter inom kemin, var spännande, måhända delvis p.g.a. den förstnämndes omvittnade fåfänga.



Davylampa, en säkerhetslampa uppfunnen av Davy; användes i kolgruvor där vanliga gruvlampor kunde tänkas utgöra en explosionsrisk p.g.a. förekomst av gaser. (Ur arkiv E. Jonsson.)

Glauberit

Bergarten glauberit, som ej skall förväxlas med mineralet med samma namn, är en kvartsförande skiffer namngiven av Pinkerton. Johann Rudolf Glauber (1604–1668) var en mångsidig tysk alkemist verksam i Amsterdam, som trots sin vidskeplighet och benägenhet för hemlighetsmakeri, gjorde betydelsefulla upptäckter inom den experimentella och tillämpade kemin. Han framställde nya färgämnen och utvecklade metoder för glasberedning. Genom försök med då kända syror lyckades han syntetisera olika föreningar, främst klorider av metaller. Mest känd är han för framställningen av glaubersalt, hydrerat natriumsulfat, som är en biprodukt vid framställning av saltsyra från svavelsyra och stensalt (natriumklorid). Detta *sal mirabile* betraktades av samtiden som ett universal-läkemedel, och Glauber kunde göra stora förtjänster på det. Saltet förekommer även naturligt, och går då under mineralnamnet mirabilit.

Lehmanit

Lehmanit är en beteckning på en granitvarietet. Johann Gottlob Lehmann (1719–1767), var medicinare, kemist och geolog. Han studerade i Leipzig och Wittenberg där han promoverades 1741. Lehmann var verksam i Dresden fram till 1761, när han kallades till St. Petersburg som professor i kemi. Ett arbete av honom från 1756, *Versuch einer Geschichte von Flözgebirgen*, har haft stor betydelse för den vetenskapsgren som vi idag kallar historisk geologi, framförallt stratigrafi. Han fann att "flötsbergen", eller de horisontella bergen, bestod av skiktade, vattenavsatta sediment och ofta innehöll fossil efter djur och växter. Flertalet av dessa ansågs naturligtvis vara ett resultat av syndafloden. Dessa lager betraktade han som "sekundära" i den meningen att de bestod av partiklar som eroderats loss från mer primära bergarter. Lehmann framställde detaljerade beskrivningar av 30 olika "band" i som han fann i permiska bergartsled i Thüringen. Insikten att dessa bildats i en bestämd ordningsföljd i vattenmiljö var en fundamental upptäckt.

Lehmann spelade också en roll i förhistorien till upptäckten av grundämnet krom. Han besökte guld- och blygruvorna vid Beresov, Jekaterinburg, där han observerade ett rött mineral i anslutning till blymalmen. Detta mineral heter idag krokoit och är ett blykromat. ("Lehmannit" är för övrigt en idag bortglömd synonym till krokoit.) Han fann 1766 att det gav upphov till en smaragdgrön lösning vid behandling med saltsyra. Året därefter avled han när en uppvärmd kolv innehållande arsenik exploderade i hans laboratorium.

Lucullit

Lucullit är en bitumenförande svart kalksten, som ofta poleras för utsmyckningssyften, och ursprungligen togs från en ö i Nildalen och beskrevs av Plinius d.ä. i sin *Historia Naturalis*. Lucius Licinius Lucullus (117–56 f.Kr) var romersk fältherre och politiker, en av det adliga partiets ledargestalter samt konsul under året 74 f.Kr. Sin militära duglighet visade han främst som general i kriget mot kung Mithridates av Pontos. Han ledde även 69 ett fälttåg mot Armenien och dess konung Tigranes, vann en lysande seger och hemförde ett enormt krigsbyte till Rom. Intriger från politiska motståndares sida fördröjde dock hans officiella triumffirande till 63. Han vann uppskattning i erövrade områden för sin rättfärdighet och föresats att beskydda invånarna från utpressning och de romerska ämbetsmännens godtycke, men blev inte älskad av sina egna soldater p.g.a. sin aristokratiska framtoning. Lucullus var en intellektuell person som räknade Cicero bland sina vänner. Mest känd för eftervärlden är han dock för sin stora privatförmögenhet, som tillät ett förfinat sätt att leva, inkluderande många "lukulliska" måltider. De sista åren av sitt liv led han av sinnesjukdom.

Palisit

Palisit är en benämning på skiffer-kalksten föreslagen av Pinkerton. Bernard Palissy (ca 1510–1590) var en känd fransk keramiker och naturforskare. Efter att ha utbildat sig i grundläggande glasmåleri och emaljeringskonst ägnade han sexton år av sitt liv att försöka kopiera vit lasyr, vars produktionsprocess (möjligen kinesisk) var förborgad. Arbetet kröntes, trots en oförstående omgivning och ekonomiska svårigheter, till slut med framgång, och han fick mäktiga beskyddare och arbetsgivare i "renässansbarbaren" hertig Anne de Montmorency och Katarina av Medici. De s.k. Palissyfajanserna tillhör den europeiska keramikens mest fantastiska arbeten. Kändast är *figulines rustique*, "lantligt lergods", emaljerade kärl prydda med realistiska reliefavbildningar av reptiler m m, vilka blivit föremål för senare efterapningsförsök. Han uppförde även en stor grotta av keramik i samma stil, ursprungligen placerad i den kungliga trädgården vid Tuilerierna och idag tyvärr endast bevarad som fragment.

Palissy var även en mångsidig skriftställare som också ägnade sig åt föreläsningar och experiment inom ett brett spektrum av vetenskaper. Som ivrig hugenott drabbades mot slutet av sitt liv av förföljelse, fängslades och avled i Bastiljen.

Pencatit

Pencatit är en beteckning införd av Roth, på kristallin kalksten innehållande brucit och kalcit i ungefär lika proportioner. Greve Giuseppe Marzari-Pencati (1779–1836) var en italiensk geolog, som gjorde noggranna observationer av berggrunden i de norditalienska Öst-alperna. En viktig upptäckt var att i trakten av Predazzo (Val di Fiemme) förekom en triassisk rosa "granit" (= monzonit) som överlagra en kalkstenshorisont och uppvisade en tydlig kontaktrelation till densamma, och därmed rimligtvis måste vara av yngre datum. Detta stred mot den gängse neptunistiska (jfr wernerit nedan) uppfattningen att magmatiska bergarter var urgamla presedimentära bildningar, som endast kunde tänkas ha tillkommit i ett mycket tidigt stadium när det fanns tillräckligt med värme kvar från jordens skapelse. Marzari-Pencatis lokaler blev väl besökta av geologer från hela Europa, och hans upptäckt kan sägas ha bidragit till ett paradigmskifte inom den geologiska vetenskapen.

Torricellit

En bergart, som består av finkornig kvarts och hornblände, och är uppkallad efter den italienske naturvetaren Evangelista Torricelli (1608–1647). Torricelli föddes i Faenza (Emilia Romagna) och under sina tidiga år gick han i den lokala jesuitskolan. Där visade det sig

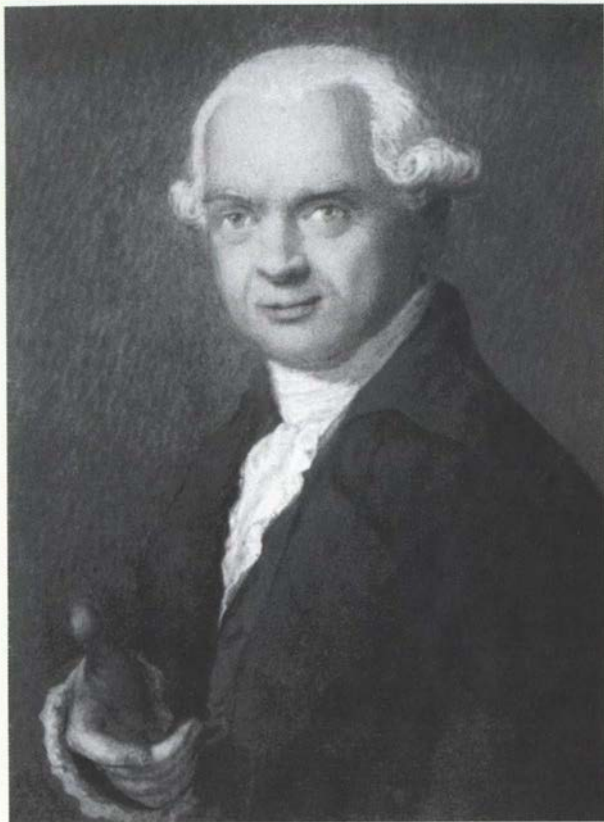
att han hade fallenhet för studier, och han sändes till Rom 1626 för att studera vid Sapienzauniversitetet. En av hans lärare var Castelli, en av Galileis gamla studenter. Genom honom blev Torricelli bekant med Galileis rörelselagar. Han lärde sig snabbt grundprinciperna och skrev en uppsats om rörelsebanor för projektiler. Denna blev basen för hans enda publicerade verk, *Opera geometrica* (1644). Han producerade emellertid flera manuskript och några av dessa har tryckts efter hans död. Castelli sände uppsatsen om rörelsebanor till Galilei tillsammans med en rekommendation för Torricelli. Det ledde till att Torricelli for till Florens, där han arbetade som Galileis privatsekreterare under de tre sista månaderna av mästarens liv. Efter Galileis död (1642) blev Torricelli erbjuden den vakanta tjänsten som hovmatematiker hos Ferdinando II av Toscana.

Torricelli var den förste som skapade ett varaktigt vakuum och upptäckte grundprinciperna för barometern. År 1643 föreslog han ett experiment, som han genomförde tillsammans med kollegan Vincenzo Viviani. De fyllde ett glasrör, vilket var tillslutet i den ena änden, med kvicksilver och vände den öppna änden ned i en behållare fylld med kvicksilver. Lufttrycket pressade då upp kvicksilvret 760 mm i glasröret. Torricelli observerade att kvicksilvernivån varierade med tiden och han kom till slutsatsen att vad han såg var variationer i lufttrycket. I och med detta var barometern uppfunnen. Tryckenheten torr är uppkallad efter Torricelli, där en torr är 1 mm Hg, vilket i SI-systemet motsvarar 133,322 Pa (Pascal eller N/m²).

Ulrichit

En varietet av tinguait-porfyr med stora fenokryster av sanidin, anortoklas, nefelin och ferrohornblände och mindre av olivin, ägirin-augit samt analcim i en grundmassa av sanidin, Na-rika amfiboler och pyroxener, har kallats ulrichit.

George Henry Frederick Ulrich (1830–1900) föddes som August Georg Heinrich Friedrich Ulrich i Zellerfelt, Övre Harz, Preussen. Han studerade vid Bergs-akademien i Clausthal. P.g.a. utbrott av revolution gick han sedan miste om ett erbjudande att bli gruvförman i Bolivia, och emigrerade istället till Australien, där han under några år försörjde sig som guldletare. Han fick därefter anställning som fältgeolog vid den geologiska undersökningen, och kom senare att inleda en karriär som akademisk lärare och forskare, bl.a. vid Melbourne University. 1875 besökte han för första gången Nya Zeeland, och 1887 utnämndes han till professor i bergsvetenskap och mineralogi vid University of Otago. Ulrich upptäckte alkalibergarterna vid Flagstaff Hill, Dunedin, och dog, som sig bör, i fält när han samlade in prover på denna plats. Mineralen ulrichit, $\text{CaCu}(\text{UO}_2)(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, hedrar samme man.



A.G. Werner, en av de mest inflytelserika geologerna någonsin. Han spelade en huvudroll i kontroversen om basalter var av vulkaniskt eller "akvatiskt" ursprung. Han utarbetade också ett system för mineralklassifikation, baserat främst på mineralens fysikaliska egenskaper och hur de mänskliga sinnen uppfattar dessa.

Valentinit

Valentinit är en beteckning på en glimmer- eller talkskiffervarietät, efter Basilius Valentinus, en benediktinermunk som lär ha levat på 1400-talet. Notera att mineralet valentinit, Sb_2O_3 , också är uppkallat efter honom. Han anses vara den främste kemisten vid slutet av den period när alkemin fortfarande var dominerande. Han beskriver för första gången i skrift en rad grundämnen, tex antimon, vismut och zink, samt andra kemikalier som blysocker (blyacetat) och saltsyra. Han står som författare till den första monografin om en metall, *Currus triumphalis antimonii* ("Antimonets triumfvagn"). Framställningen av olika preparat verkar främst ha haft medicinska syften. Somliga anser dock att någon Valentinus med dessa kunskaper aldrig existerat, då de avhandlingar som bär hans namn endast förekommer i editioner från ca 1600 och framåt. De kan ha skrivits av andra, mer sentida personer, enligt vissa teorier anhängare till Paracelsus' naturfilosofi.

Wernerit

Wernerit är en grovkornig, fältspat- och hornbländerik bergart vilket torde motsvara en diorit. Denna bergart är beskriven och namngiven 1811 av Pinkerton efter den tyske geologen Werner.

Abraham Gottlob Werner (1749–1817) betraktas som den tyska geologins fader. Han är bland annat känd som pionjär inom systematisk mineralklassifikation samt som neptunismens fader. Han föddes i Sachsen och var skolad i Bunzlau, Schlesien, och året 1764 började han att arbeta under sin far vid ett järnverk. Tanken var att han skulle följa i pappans fotspår och ta vid som inspektör på bruket. År 1769 övergav han den utstakade karriären och började studera geologi vid Bergsakademin i Freiberg och kompletterade med juridik och mineralogi i Leipzig år 1771. Vid 25 års ålder blev han utnämnd till inspektör och lärare vid Bergsakademin, och under de följande 40 åren skulle han bygga upp skolan till en av de ledande forskningsinstitutionerna i Europa.

Werner lade ner stor omsorg på undervisningen om lagerföljder och litologin hos sedimentära bergarter. Han beskrev att bergartssekvenser på jorden följde en väl definierad ordning. Dock var han ej särskilt berest, utan beskrev sekvensen i Sachsen och ansåg att denna var universellt tillämplig. Han lärde ut att bergarterna var utfällningar ur ett ursprungligt hav och att de hade en bestämd, global lagerordning. Vulkaner var ett anomalt fenomen, som troligen berodde på förbränning av kol i jorden. Bergarter som basalt, vilka andra geologer förklarade med en magmatisk modell, tillskrev Werner ett sedimentärt ursprung efter att han hade observerat att pelarförklyftad basalt alternerar med sandsten och andra sedimentära bergarter. Från denna observation tolkade han att basalten var bildad genom sedimentation i ett urhav och formade därefter den neptunistiska teorin. I och med detta startade han en av de större striderna inom det geologiska facket. Motståndarna var plutonisterna, som fann sin ledargestalt i skotten James Hutton. Den neptunistiska läran utvecklades framförallt av tyska geologer, vilka verkade i delar av Europa som saknade aktiv vulkanism. Trots att mycket av Werners teoretiska arbete följde fel spår var han en stor inspirationskälla för sina studenter, och mycket av den terminologi han introducerade är aktuell än idag.

Dan Holtstam är intendent på Sektionen för mineralogi, Naturhistoriska riksmuseet; dan.holtstam@nrm.se. Erik Sturkell är geofysiker på Veðurstofa Íslands (Íslands meteorologiska institut); erik@vedur.is

Kartor och publikationer tryckta 2002

Berggrundskartor

2D Tomelilla NO, skala 1:50 000, SGU Af 213
 10I Stockholm, skala 1:100 000, SGU Ba 60
 11I Uppsala NV, skala 1:50 000, SGU Af 210
 19E Östersund SO, skala 1:50 000, SGU Ai 207
 19E Östersund NV, skala 1:50 000, SGU Af 208
 22I Lycksele NV, skala 1:50 000, SGU Ai 164
 22I Lycksele NO, skala 1:50 000, SGU Ai 165
 22I Lycksele SV, skala 1:50 000, SGU Ai 166
 22I Lycksele SO, skala 1:50 000, SGU Ai 167
 23H Stensele NV, skala 1:50 000, SGU Ai 126
 23H Stensele NO, skala 1:50 000, SGU Ai 127
 23H Stensele SV, skala 1:50 000, SGU Ai 128
 23H Stensele SO, skala 1:50 000, SGU Ai 129
 24I Storavan NV, skala 1:50 000, SGU Ai 156
 24I Storavan SV, skala 1:50 000, SGU Ai 157
 24I Storavan NO, skala 1:50 000, SGU Ai 158
 24I Storavan SO, skala 1:50 000, SGU Ai 159
 Geological map of the Fennoscandian shield, skala 1:2 milj., Ov 26

Bergkvalitetskarta

10I Stockholm, skala 1:100 000, SGU Ba 60 Bk

Grundvattenkarta

Västernorrlands län, skala 1:250 000, SGU Ah 23

Kvartärgeologiska kartor

10J Värmdö NO/SO, skala 1:50 000, SGU Ae 133
 10J Värmdö SV / 9J Huvudskär NV, skala 1:50 000, SGU Ae 153
 11K Söderarm SV, skala 1:50 000, SGU Ae 130
 14G Ockelbo NO, skala 1:50 000, SGU Ak 30
 14G Ockelbo SO, skala 1:50 000, SGU Ak 31
 16G Ljusdal NV, skala 1:50 000, SGU Ak 26
 16G Ljusdal NO, skala 1:50 000, SGU Ak 27
 16G Ljusdal SV, skala 1:50 000, SGU Ak 28
 16G Ljusdal SO, skala 1:50 000, SGU Ak 29

Övriga publikationer

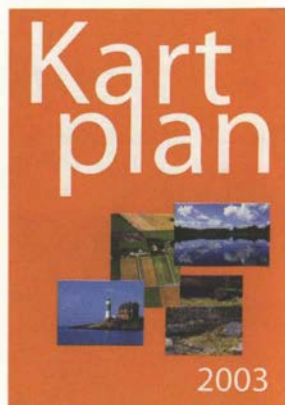
Economic geology research, SGU C 833

Radiometric dating results 5, SGU C 834

The post-tectonic breccias at Bjursås and Pellesberg as manifestations of post-Svecokarelian volcanism, SGU Rapporter och meddelanden 109

Regional berggrundsgelogisk undersökning. Sammanfattning av pågående undersökningar 2001, SGU Rapporter och meddelanden 110

Vittring av morän inom ett mindre område i Bergslagen, SGU Rapporter och meddelanden 111



Den nya kartplanen
kan beställas gratis
från Kundtjänst

SGU

Sveriges geologiska undersökning

Välkommen till Kundtjänst med frågor och beställningar.
 Sveriges geologiska undersökning, Kundtjänst, Box 670,
 751 28 Uppsala, Sverige
 Tel: 018-17 90 00, Fax: 018-17 93 70,
 E-post: kundservice@sgu.se

Hollis Dow Hedberg –

Oljegeologen, sedimentologen, stratigrafen

I år, 2003, är det 100 år sedan Hollis Hedberg föddes. Inom oljegeologin var han en av de främsta under 1900-talet och han var också en ledargestalt för utformningen av en internationell stratigrafisk nomenklatur och terminologi.

AV ERIK NORLING

All världens geologer, särskilt de som arbetar med fanerozoiska lagerföljder (från kambrium till nutid), måste vara medvetna om Hollis Hedbergs många stratigrafipublikationer, bl.a. International Stratigraphic Guide (1976). Inte oväntat kom hans sista publikation, som han fick se i tryck kort före sin bortgång, att handla om ett pionjärarbete inom oljegeologin och stratigrafin, nämligen den svenske bergsmannen Daniel Tilas arbete 1740 om stratigrafi och petroleumfynd vid Osmundsberg i Dalarna.

Barndoms- och studieår

Som framgår av efternamnet hade Hollis Hedberg svenska rötter. Farföräldrarna utvandrade från Dalarna till Amerika 1869. Då var Hollis far, Carl August Hedberg 4 år. Mellannamnet Dow härrör från modern, Zada Mary Dow, som hade skotsk-engelska föräldrar. Hollis Hedberg föddes den 29 maj 1903 i en liten bondgård i svenskbygdskommunen Falun i Kansas. Familjebanden var mycket starka och svenska traditioner lär ha präglat hans barndom. Som barn fick han lära sig att arbeta hårt. Redan som 8-åring gick han bakom hästen och plogade familjens åkertegar. Viktigt för familjen; far och mor, Hollis och hans syster och bror, var att musicera tillsammans och de hade ofta läsaftnar, då både föräldrarna och barnen läste böcker för varandra. 1909 började Hollis Hedberg studera vid Faluns elementarskola i Kansas och fortsatte sedan sina studier vid Falun Rural High School åren 1916–1920. Direkt efter gymnasieåren började han på University of Kansas i Lawrence. Han ursprungliga planer var att utbilda sig inom journalistiken, men tämligen snabbt tog

intresset för geologi överhanden. 1921 avled fadern och Hollis nödgades lämna universitetet för att ta över ledningen av arbetet på gården. Något år senare kunde han dock återvända till universitetet och lyckades förvånansvärt snabbt avlägga sin B.A.-examen (motsvarande fil.kand.) i geovetenskaper. Sitt första avlönade arbete hade han som geologassistent åren 1924–25 vid Kansas State Geological Survey. Sedan återvände han till akademiska studier, denna gång vid Cornell University, Ithaca, New York. Master of Science-examen avlade han 1926. Efter ansökan invaldes han samma år som medlem av American Association of Petroleum Geologists (AAPG). Under sin levnad kom Hollis Hedberg att publicera många arbeten i AAPG-bulletinen och han var också ledamot av och ledare för många av organisationens kommittéer.

Hollis Hedberg som oljegeolog

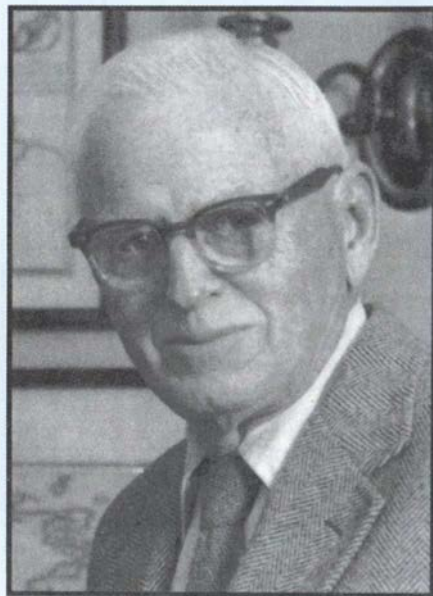
Hans första fasta anställning var för ett dotterbolag till Standard Oil Co. i Venezuela, vid namn Lago Petroleum Co. Här arbetade han som sedimentpetrograf på bolagets laboratorium i Maracaibo. 1928 publicerade han ett litostratigrafiskt arbete i vilket han betonar att inte bara fossil utan också litologiska jämförelser är ett gott redskap för korrelation och relativ datering av strata inom ibland tämligen stora arealer. Under sina första arbetsår i Venezuela kom Hollis att snabbt utvecklas till en skicklig oljegeolog med nyskapande idéer och kunnande om reservoirbergarter och moderbergarter för oljan. Detta trots att han ofta drabbades av malaria och dysenteri. I ett tidigt arbete (1931): Cretaceous limestones as petroleum source rock in NW Venezuela

hävdade han att cenoman-turon-kalkstenar är den huvudsakliga moderbergarten för de tertiära oljeförande avlagringarna i Maracaibo-området. Den tesen mötte mycket kritik från äldre oljegeologer, men har visat stå sig än idag. Sin blivande fru, Francis Murray, träffade han i Venezuela. De gifte sig 1932 och kom att få två söner och en dotter.

1934 återvände Hollis Hedberg till USA (Kalifornien) och arbetade på sin doktorsavhandling åren 1934–35. Bland vetenskapsmän som han inspirerades av kan främst nämnas foraminiferexperten och biostratigrafen Josef A. Cushman. 1935 återvände han till Venezuela, där han erbjudits en tjänst som chef för Gulf:s geologiska laboratorium. Ph.D.-graden tilldelades han 1937. Hans doktorsavhandling omfattar flera arbeten. I avhandlingen gör han en klar distinktion mellan tidsstratigrafiska enheter (etager=Stages), litostratigrafiska enheter (formationer), och zoner (faunazoner och mineralzoner). Detta formade basen till Hedbergs stratigrafiska klassifikation som han starkt kom att försvara och stödjande under resten av sitt liv. Under sina verksamhetsår i Venezuela gjorde Hollis Hedberg en imponerande karriär med höga befattningar inom oljeprospekteringen. Från 1939 till 1945 var han chefsgeolog med ansvar för alla geologiska operationer i östra Venezuela. Nämnas bör att de otaliga borrhningarna i Venezuela, av vilka Hedberg haft högsta ansvaret för ca 550, har producerat ca 150 milj fat olja.

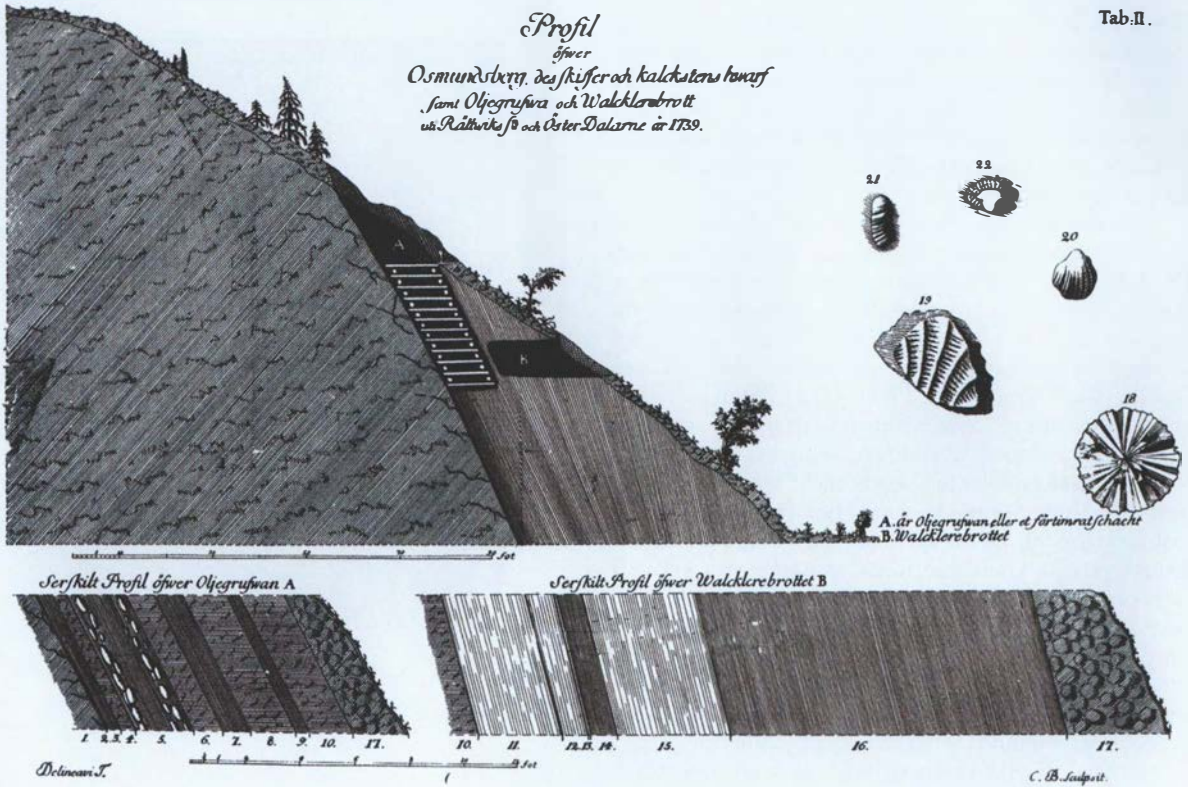
1946 utsåg Gulfbolaget Hollis Hedberg till högste chefsgeolog och ansvarig för oljegeologiska aktiviteter i alla länder (utom Venezuela och Kanada). Hans huvudkontor var då i New York. I sitt nya arbete intresserade sig Hollis speciellt för Afrika, där ingen olja vid den tiden hade påträffats. Efter ingående studier av all tänkbar litteratur om Afrika, kom han fram till att speciellt Västafrika borde ha en stor kolvätepotential, något som bekant senare bekräftats. 1951 utsågs han till vicepresident för Geological Society of America och året därpå till chefsgeolog och ansvarig för Gulf Oils alla geologiska aktiviteter världen över. Bl.a. på grund av vissa motsättningar inom oljeindustrin ansökte Hollis Hedberg om halvtidspensionering för att ägna resterande arbetstid åt forskning och undervisning som professor i geologi vid Princeton-universitetet, New Jersey. 1952 utsågs han till president för Geological Society of America.

Trots betungande administrativa åligganden gjorde Hollis Hedberg inte bara framstående insatser inom oljeindustrin. Som professor och vetenskapsman var han också synnerligen kreativ och produktiv. Under 1960-talet kom Hollis Hedberg att allt mera intressera sig för oceanernas geologi. Han och många andra geologer var skeptiska mot den amerikanska vetenskapsakademiens heta intresse för att satsa stora pengar på det s.k. Mohole-projektet, att borra ett djupt hål genom Moho, dvs gränslagren mellan jordens skorpa



Hollis Dow Hedberg (1903–1988). Från AAPG Bulletin 73(8), sid 1022 (1989).

och mantel (Mohorovicic-diskontinuiteten). Kostnaderna skulle bli skyhöga för bara ett borrhål. Med stöd av flera geovetare föreslog Hedberg i stället att Amerika skulle ägna sig åt en mera rimlig satsning på en regional-geofysisk och geologisk undersökning av oceanernas botten. Dispyten blev stor och långvarig. 1964 publicerade Hedberg tillsammans med Creighton Burk uppsatsen *Drilling the Ocean Crust*. Inte minst argumenten i den uppsatsen gjorde att Moho-borrhningen aldrig slutfördes. 1966 lyckades han övertyga Gulf att satsa på byggandet av ett fartyg för offshore-arbeten och utforskning av submarina sedimentationsbassänger. Fartyget R/V Gulfrex byggdes och kom att operera runt om i världen under åren 1967–1975. Sedan ersattes hon av R/V Hollis Hedberg, då för tiden världens modernaste fartyg för marin geofysik. Fartyget loggade över 200 000 sjömil innan hon togs ur bruk 1985. JOIDES Deep Sea Drilling Project, med Hollis Hedberg som en av initiativtagarna, utförde åren 1968–83 ett omfattande forskningsprogram med borrhningar i djuphavens sedimentlagerföljder och kristallina berggrund. Det stora projektet med fartyget Glomar Challenger visade sig bli mycket framgångsrikt (JOIDES står för Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling).



De många hedrande utmärkelserna

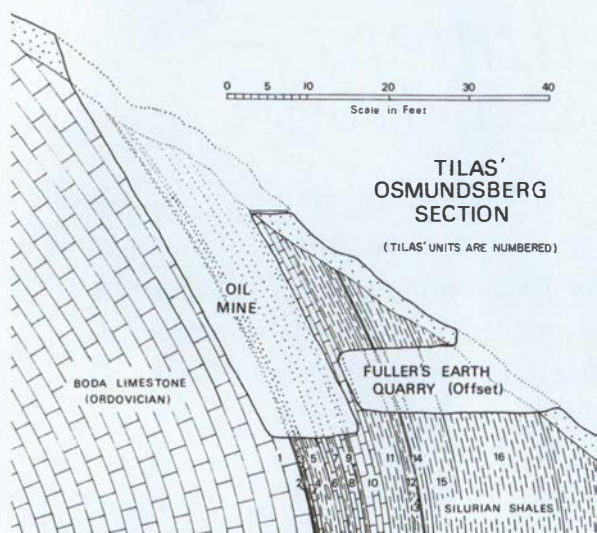
Få geologer världen över har hedrats med så många förnämna utmärkelser som Hollis Hedberg, och det med all rätt. Det skulle föra för långt att ingående redogöra för dem (och skälen till dem), men jag vill gärna ge en liten förteckning över ett tjugotal utmärkelser:

- 1941 Medalla de Honor av venezuelanska regeringen
- 1941 Hedersledamot av Venezuelas vetenskapsakademi
- 1957 Hedersledamot av Geological Society of London
- 1959 Hedersledamot av Asociacion Venesolana de Geologia
- 1960 Hedersledamot av Geologiska Föreningen i Stockholm
- 1963 AAPG Sidney Powers Medal
- 1963 University of Kansas Distinguished Service Award
- 1970 Geological Society's in London Award
- 1970 Hedersledamot av Danska vetenskapsakademien
- 1972 The AAPG President Award
- 1972 Princeton University Conference on Petroleum and Global Tectonic Award
- 1973 National Academy of Sciences Mary Clark Thomson Award
- 1973 AAPG Human Need Award
- 1975 Offshore Technology Conference Distinguished Achievement Award

- 1975 Geological Society of London's Wollaston Medal (samma medalj som William Smith, Father of British Geology, tilldelades år 1831).
- 1977 Doctor Honoris Causa vid Uppsala Universitet
- 1980 Geological Society of America's Penrose Medal (den högsta utmärkelse en amerikansk geolog kan få).
- 1981 AAPG Hedberg Research Conference in Galveston Award
- 1983 AGI Ian Campbell Medal
- 1983 Louisiana State University Hollis D. Hedberg Award in Energy
- 1987 AGI William Heroy Jr. Award.

Hollis Hedbergs intresse för vetenskapshistoria

Utöver sitt djupa engagemang i petroleumgeologi, sedimentologi, stratigrafi, submarin geologi, regional-geologi och mikropaleontologi, var Hollis Hedberg under hela sitt vuxna liv mycket intresserad av vetenskapshistoria. Han byggde upp ett omfattande bibliotek av gammal fin geolitteratur, liksom gamla kartor. På grund av sina rötter kom han också att intressera sig för



Motstående sida: Tilas teckning från 1740 av oljebrunn i Osmundsbergs västsluttning.

Ovan: Hollis Hedbergs teckning och geologiska tolkning. Från sidorna 5 och 15 i H. Hedberg (1988).

gamla svenska vetenskapsmän och deras geovetenskapliga alster. Bl.a. publicerade han 1969 "Influence of Torbern Bergman (1735-1784) on Stratigraphy" (Stockholm Contrib. in Geology 20, 19-47) och deltog i översättningen från svenska till engelska av flera arbeten.

Hollis Hedbergs intresse för gamla svenska vetenskapsmän gjorde att han då och då besökte Sverige. Han hade goda kontakter bl.a. med framlidna professorerna Per Thorslund, Gerhard Regnéll, Anders Martinsson och Gunnar Kautsky. Dr Christina Franzén-Bengtson bistod honom vid hans litteraturstudier på universitetsbiblioteket Carolina Rediviva i Uppsala. Personligen träffade jag honom först under hans 5 sista levnadsår, då han var i Sverige för arkivstudier för att få underlag till sin forskning om friherren, bergsvetenskapsmannen, heraldikern och genealogen Daniel Tilas (1712-1772). Vi korresponderade med varandra och träffades några gånger i Uppsala och Stockholm, främst för att han ville ha tips om källor och arkiv för sin forskning om Tilas, och andras äldre arbeten om Siljan-området geologi, men också med förfrågningar om betydelsen av gammalsvenska ord och uttryck. Han bad mig även bidra med ett kapitel om 1980-talets

kolväteprospekteringsarbeten i sin Tilas-bok. Det var ju då som både OPAB (Oljeprospektering AB), SGU och Vattenfall bedrev arbeten i Siljansringen, det senare initierat av geofysikprofessorn Thomas Gold, mannen bakom Deep Earth Gas Theory. Boken "The 1740 Description by Daniel Tilas of Stratigraphy and Petroleum Occurrence at Osmundberg in the Siljan Region of Central Sweden" publicerades av AAPG sommaren 1988. Under slutarbetet med boken var Hollis svag och sjuk, men han hann få se boken i tryck, kommentera den i brev till sina vänner, och sända några dedicerade exemplar.

Vid ett minnestal över Hollis Dow Hedberg, i samband med hans bortgång den 14 augusti 1988, framhölls att han tveklöst varit en av de största geologerna i vår tid. Av de 177 publicerade arbetena dominerade markant, som nämnts, stratigrafi- och oljegeologiska arbeten, men bland dem fanns också intressanta rent mikropaleontologiska, vetenskapshistoriska och biografiska arbeten. Han publicerade även arbeten om geofysisk och pollutionproblem.

Referenser

- Bergström, J., 1985: *Gas och Olja – Kosmiskt eller biologiskt ursprung?* Esselte Studium Uniskol, 48 s.
- Gold, Th. & Soter, S., 1982: Abiogenic methane and the origin of petroleum. *Energy Exploration and Exploitation* 1, 89-104.
- Gold, Th., 1985: The origin of natural gas and petroleum, and the prognosis for future supplies. *An. Revue of Energy* 10, 53-77.
- Hedberg, H., 1926: The effect of gravitational compaction on the structure of sedimentary rocks. *Amer. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 10, 1035-1072 (Hedbergs första publikation).
- Hedberg, H., 1951: Nature of time-stratigraphic units and geologic time units. *AAPG Bull.* 35, 1077-1081.
- Hedberg, H., 1965: Chronostratigraphy and biostratigraphy. *Geol. Mag.* 102, 451-461. London.
- Hedberg, H., 1976: *International Stratigraphic Guide*. 220 s. John Wiley & Sons. New York.
- Hedberg, H., 1988: *The 1740 Description by Daniel Tilas of Stratigraphy and Petroleum Occurrence at Osmundberg in the Siljan Region of Central Sweden*. 96 s. AAPG Foundation, Tulsa, Okla.
- Norling, E., 1988: *Current Hydrocarbon Exploration Activities in the Siljan Region*. 48-53 i Hedberg, H., 1988 (Se ovan).
- Pardo, G., 1989: Memorial. Hollis Dow Hedberg (1903-1988). *AAPG Bull.* 73(8), 1022-1025.
- Pardo, G., 1992: Hollis Dow Hedberg May 29, 1903 - August 14, 1988. *Biographical Memoirs. National Academy Press* 61, 214-244.
- Tilas, D., 1740: Mineral-Historia öfwer Osmunds-berget uti Rättwicks Sochn och Öster-Dalarne. *Swenska Wetenskaps-Academiens Handlingar* Vol. I.

Erik Norling är docent och pensionerad SGU-geolog. Numera verksam på Naturhistoriska riksmuseet, Stockholm; erik.norling@nrm.se

Marina sediment – ett verktyg i miljöövervakningen

Sediment avsatta i vatten lagrar tungmetaller och svårnedbrytbara organiska föreningar som härrör från olika former av utsläpp till miljön. Genom att studera variationen i koncentration av dessa ämnen kan den rådande och historiska belastningen på miljön dokumenteras. Sediment avsatta efter industrialiseringens genombrott har därför blivit ett av de främsta hjälpmedlen för att spåra mänsklighetens miljöpåverkan.

AV INGEMAR CATO

Tungmetaller och svårnedbrytbara organiska föreningar från olika former av utsläpp till sjöar, floder och havet lagras förr eller senare in i botten-sedimenten. Dessa har därför blivit ett av våra främsta verktyg i arbetet med att dokumentera och följa mänsklighetens påverkan på miljön. Särskilt användbara är sediment från lugna sedimentationsmiljöer med hög sedimentationshastighet, utmed kusterna, på kontinentalsockeln, i flodmynningar och sjöar. I Sverige, liksom i övriga världen, har därför sedimentkärnor framgångsrikt nyttjats till att historiskt dokumentera tillförseln av miljöfarliga ämnen. På samma sätt har sedimentprov från bottenytan utnyttjats för att spegla den aktuella miljöbelastningen och för att följa spridningen av utsläpp från industrier och samhällen (figur 1).

För att följa utvecklingen och tillförseln av miljögifter i den havsmiljö som ska övervakas används vanligen fasta sedimentstationer. Ytsedimentprov tas för analys från stationerna med jämna intervall. Intervall mellan provtagningarna bör vara tillräckligt långt så att vid varje ny provtagning den tidigare provtagna sedimentytan hunnit begravas med minst 10 mm färskt sediment. Genom att enbart ta ut det nysedimenterade materialet vid varje provtagningsomgång blir det möjligt att följa utvecklingen och ändringarna i belastningen av miljögifter på stationen ifråga. Med ett större antal stationer inom ett begränsat område, t.ex. en fjord, blir bedömningarna av miljöutvecklingen säkrare.

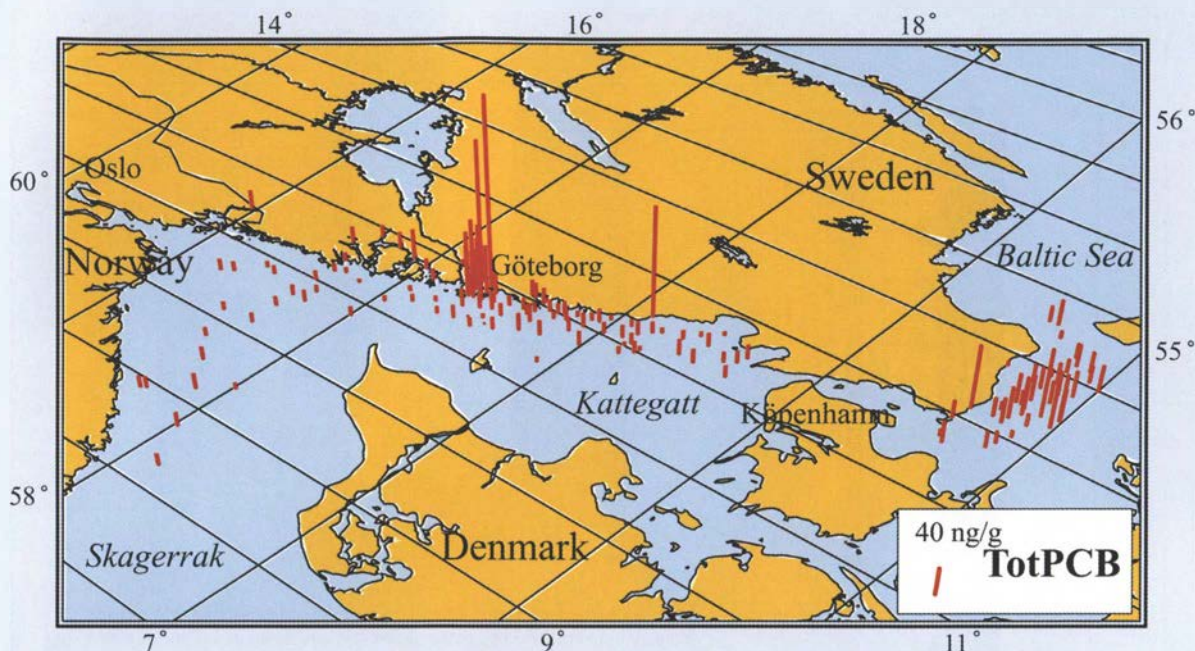
Koncentrationen av persistenta (långlivade) miljögifter i ytsedimenten, främst tungmetaller, jämförs ofta med ämnets naturliga bakgrund. Denna återfinns normalt djupare ned i sedimenten, och då i lager som avsatts under preindustriell tid. Vanligen återfinns sådana lager ca en halv meter ned i sedimentet. Genom att räkna ut kvoten mellan koncentrationen i ytsedimentet och den naturliga bakgrunden erhålls en anrikningsfaktor (F), som utgör ett mått på den recenta belastningen. Ju större anrikningsfaktor, desto mer har belastningen ökat sedan preindustriell tid, och ju mer förorenad är området.

Normalisering vid tolkning

Organiskt material har en mycket stor förmåga att koncentrera och binda flertalet tungmetaller och organiska miljögifter. Detta innebär att en hög koncentration av miljögifter i en del av en sedimentationsmiljö kan vara orsakad enbart av en hög organisk halt i sedimenten. Den organiska halten återspeglar i sin tur sedimentationsmiljön. Detta förhållande leder till att det kan vara vanskligt att tolka koncentrationsdata oberoende av den organiska halten i sedimenten, eftersom en halt i en viss miljö kan vara helt normal, medan samma koncentration i en annan miljö kan bero på förorening.

För att kunna bestämma belastningen i en sedimentationsmiljö måste man således ta hänsyn till effekten av den naturliga variationen som beror på variationer i halten organiskt material. Detta kan man göra genom den s.k. gradientmetoden, där gradienten utgör ett mått på sedimentationsmiljöns belastning. Metoden bygger på sedimentdata från ett antal prover med jämn fördelning över området. Man är således inte enbart hänvisad till prover tagna i utpräglade depositionsbottnar. Genom regressionsanalys erhålls gradienten för sambandet mellan ämnet ifråga och det organiska materialet (bindningsmediet). Ju brantare gradient desto högre grad av belastning (kontaminering) dvs. ju mer förorenad är den undersökta miljön (figur 2).

Den biogena komponenten i sedimentet utgörs av rester från organismer och växter i sedimentet, från pelagialen (vattenmassan) och från omgivande land. Det organiska materialet har i förhållande till partikelstrukturen en väsentligt lägre täthet och sjunker således långsammare till botten än oorganiska partiklar av samma storlek. Detta betyder att organiskt material i huvudsak avsätts i lugna och skyddade havsmiljöer där ler och finsilt (mjåla) sedimenterar. Sandiga områden är förhållandevis fattiga på organiskt material. Detta innebär att sedimentens koncentration av organiskt material även måste ses mot bakgrund av sedimentens kornstorleksfördelning och den rådande botten-dynamiken.



Figur 1. Koncentrationen av polyklorerade bifenylor (PCB) i Västerhavet och Sydkustens ytsediment (0-1 cm). Figuren visar att belastningen är högst utanför Göteborg.

Det organiska materialets ursprung

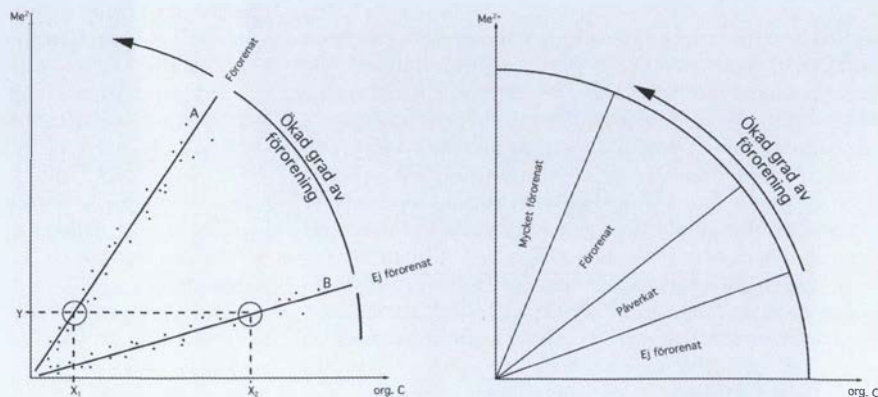
Ett oavbrutet och balanserat utbyte av kväve mellan organismer och deras omgivande miljöer är helt nödvändigt för liv i havet. I en marin miljö beror de många och varierande formerna av kväve på en mängd upptagnings- och återanvändningsprocesser, vilka utgör fundamentet till all marin proteinsyntes. Jämsides med motsvarande omvandlingar för organiskt kol, fosfor och svavel har de ett avgörande inflytande på produktiviteten i havet. Detta har inte minst visat sig genom de senare årens kraftiga algblomningar.

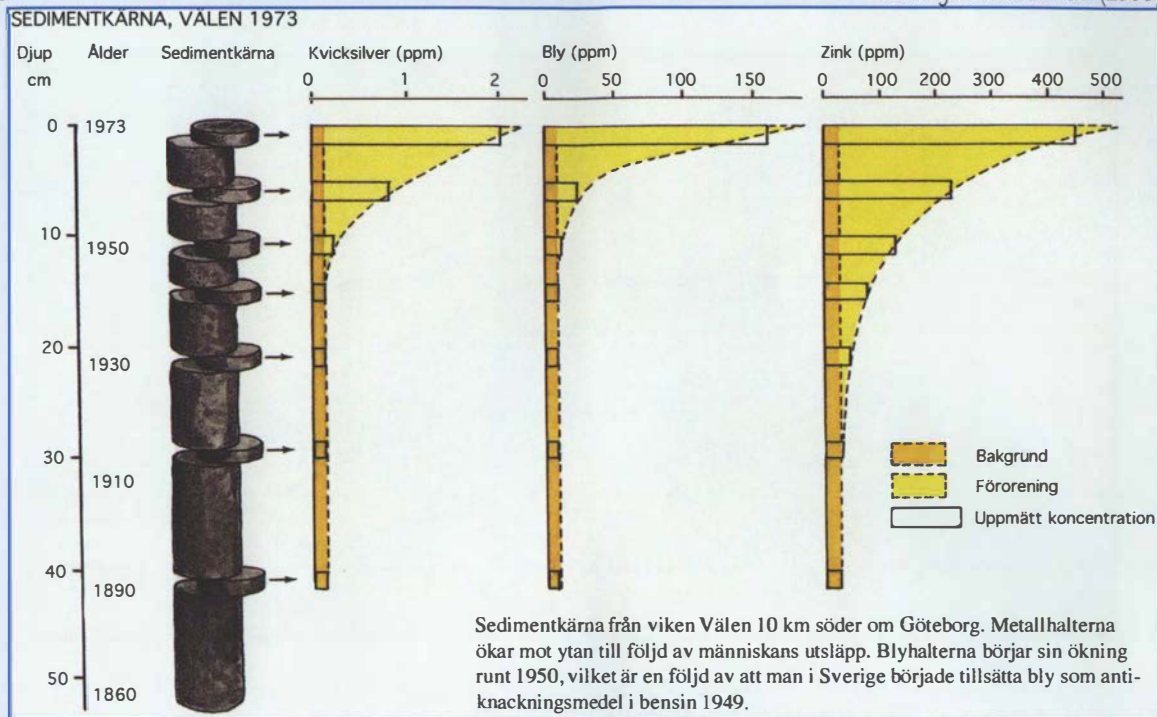
Kvävehalten i sedimenten är huvudsakligen relaterad till mängden av partikulärt organiskt material, dvs. kvävet

förekommer som ammoniumkväve eller organiskt bundet kväve.

Förhållandet mellan organiskt kol och kväve (C/N-kvoten) varierar avsevärt beroende på det organiska materialets ursprung och ålder. Till exempel har aminosyror en låg kvot medan olja har en hög kvot. C/N-kvoten är betydligt högre i sediment än i plankton, beroende på en snabbare förlust av kväve än kol under det organiska materialets nedbrytning. Till följd av nedbrytningen är kvoten också lägre i sedimentytan jämfört med djupare sedimentnivåer. Kvoten i terrestriskt organiskt material är högre än i marint organiskt material till följd av att det förra

Figur 2. Tungmetallbelastningen eller graden (gradienten) av kontaminering i sediment enligt Gradientmetoden (Cato 1989). Belastningen illustreras med lutningskoefficienten för sambandet mellan metallen ifråga och organiskt kol. Graden av kontaminering ökar med ökad lutningskoefficient.





Figur 3. Sedimenten utgör ett miljöhistoriskt arkiv. Metallhalterna ökar mot ytan till följd av människans utsläpp. För bly sker detta runt 1950 till följd av den numera förbjudna blyade bensinen. (Efter Cato m.fl. 1992).

materialet huvudsakligen består av cellulosa och ligniner (fattiga på kväve). C/N-kvoten i likåldrigt material kan därför användas för att bedöma det organiska materialets ursprung.

Studier av C/N-kvoten kan också påvisa ett ökat tillskott av närsalter genom olika former av utsläpp vilket kan leda till att den biologiska produktionen i havsområdet ökas – området eutrofieras (övergöds).

Sedimentationshastighet och bioturbation

Sedimentkärnor från lugna sedimentationsmiljöer utgör ett unikt historiskt arkiv. De översta millimetrarna av en sedimentkärna från ett sådant område består av det yngsta sedimenterade materialet, motsvarande de senaste årens deposition, medan djupare liggande sedimentlager motsvarar en svunnen tids deposition. Ju djupare liggande sedimentlager desto längre tillbaka i tiden deponerades materialet. Hur långt tillbaka i tiden en viss sedimentnivå representerar beror på den rådande sedimentationshastigheten på platsen. Under förutsättning att sedimentationen är mer eller mindre konstant och att omvandlingsprocesser inte nämnvärt påverkar materialet, vilket kan anses vara fallet med svårnedbrytbara ämnen, kan förändringar i tillförseln av sådana ämnen tidfästas bakåt

i tiden, dvs. förändringen i belastningen på miljön som en funktion av tiden kan avläsas (figur 3).

Vill man följa utvecklingen framåt i tiden inom ett begränsat område kan man prova ytsedimenten från en och samma plats med jämna intervall. Normalt brukar intervallet sättas till fem år, då underförstått att sedimentationshastigheten är 2 mm per år (ett normalt värde i våra omgivande kustvatten). Sedimentationshastigheten kan dock variera betydligt, varför denna helst bör bestämmas på varje provtagningsplats.

En annan viktig fysisk parameter att känna till på en sedimentstation är omblandningsfaktorn, dvs. hur mycket sedimentet blandas om till följd av grävande organismer (bioturbation) eller om annan typ av omblandning förekommer, t.ex. genom trålning, periodvis vågpåverkan etc. Denna faktor kan bestämmas genom aktivitetsanalys.

Sedimentationshastigheten i recenta sediment kan bestämmas genom flera metoder. I sediment som avsatts i syrefria miljöer, t.ex. i Byfjorden utanför Uddevalla och delar av Östersjön, utbildas årsvarv på motsvarande sätt som träden utbildar årsringar. Sedimentationshastigheten kan bestämmas genom att mäta årsvarvens mäktighet och justera denna för den naturliga kompaktionen av sedimentet.

En annan metod är att söka upp en "markör" som kan vara ett ämne, ett speciellt sedimentlager eller ett objekt som är mycket tidsspecifikt. En vanlig sådan metod är att bestämma nivån i sedimentet där den antropogena

(människt skapade) isotopen ^{137}Cs uppvisar en kraftig topp (figur 4). Normalt återfinns två sådana toppar som hänför sig till de atmosfäriska kärnvapensprängningarna 1961–1963 och en senare topp till följd av Tjernobylyolyckan 1986.

En tredje metod är att datera sedimentkärnan med hjälp av isotopen ^{210}Pb . I sediment härrör isotopen dels från atmosfärisk deposition, dels från radioaktivt sönderfall av radon i själva sedimentet. Genom att anta att tillförseln av atmosfäriskt ^{210}Pb varit konstant över tiden på provtagningsstationen (CRS-metoden) och genom att djupare ned i sedimentet bestämma mängden ^{210}Pb (bakgrunden) kan sedan åldern på ett antal sedimentnivåer och sedimentationshastigheten bestämmas genom att mäta koncentrationen av ^{210}Pb . Härvidlag utgår man från isotopens halveringstid på 22,3 år.

Med kunskap om bl.a. sedimentationshastigheten och bioturbationen kan sedan den minsta ändring i belastning (tillförsel av ett ämne) som är möjlig att detektera bestämmas för ett angivet provtagningsintervall. Detta är ett viktigt mått dels för att kunna tolka koncentrationsförändringar av persistenta ämnen vid upprepad miljökontroll av sediment, dels för att kunna optimera provtagningsintervallen vid sådana studier.

Bedömningsgrunder

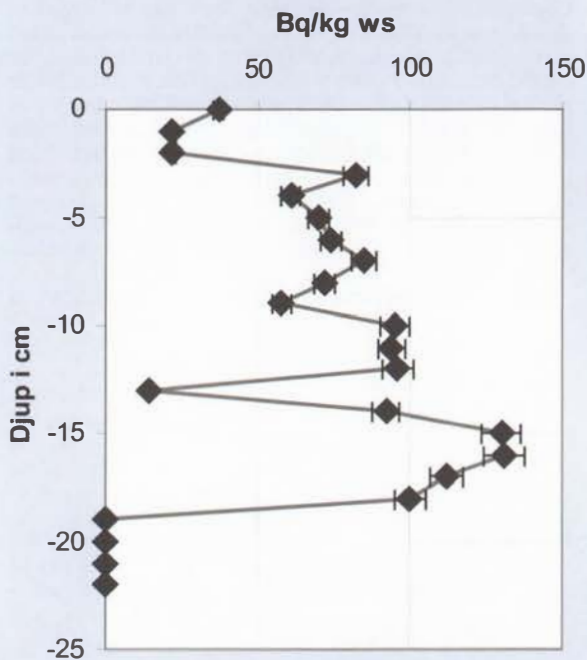
Grundämnen och många kemiska föreningar förekommer naturligt runt om i miljön, men förhöjda halter kan ha uppkommit till följd av naturliga anrikningsprocesser eller genom antropogen tillförsel. Det senare förknippas ofta, och också helt riktigt, med vårt moderna industrisamhälle, men har även förekommit långt före industrialismen. Ett av de äldsta kända exemplen är romarnas utvinning av bly för mer än 2000 år sedan. Deras primitiva smältverk gav upphov till en omfattande atmosfärisk spridning av bly, bl.a. upp till våra breddgrader, vilket nyligen dokumenterats i svenska sjösediment.

Många metaller är livsnödvändiga för organismer, t.ex. Fe, Cu, Co, Cr, Mn och Zn. Vid förhöjda halter kan dock giftverkan uppstå. Eftersom koncentrationerna varierar i olika miljöer kan man utgå ifrån att organismerna anpassats till den miljö de levit i under generationer. Detta innebär att vid val av bedömningsgrunder för naturliga ämnen måste man utgå från de naturliga bakgrundsvärden som fanns i miljön innan människan störde den. Dessa värden kan vara olika för olika regioner beroende på berggrund, sedimenttyper etc. Mot bakgrund av denna kunskap har man i flera länder, däribland i Sverige (NV 1999), utarbetat bedömningsgrunder, dvs. riktvärden för tillståndsklassificering av vatten, sediment och organismer.

Referenser

- Cato, I., 1989: Normalization of heavy metal data by the gradient method. *International Council for the Exploration of the Sea, ICES, C. M. 1989/E:2*, Annex 6 pp 88–108. Copenhagen.
- Cato, I., Kjellin, B. & Nordberg, K., 1992: Havets bottenar och sediment. I Sjöberg, B. (red.): *Hav och Kust. Sveriges nationalatlas 7*, 16–25. Bokförlaget Bra Böcker.

Cesium 137 i 10j-328 Möja Söderfjärd Prov.t.dat 020626 Mät.dat 020626



Figur 4. Genom att mäta aktiviteten för isotopen ^{137}Cs (cesium) kan sedimentationshastigheten bestämmas. Isotopen ^{137}Cs förekommer inte naturligt utan är en antropogent skapad produkt som uppkommer i samband med kärnklyvningsprocesser. Med beaktande av isotopens 30-åriga halveringstid kan man med hygglig sannolikhet utgå ifrån att allt ^{137}Cs som idag kan mätas i Östersjöns sediment härrör från Tjernobylyolyckan i april 1986. Isotopens nedre gräns för sitt uppträdande i sedimentlagerföljden utgör därmed en s.k. "markör" för året 1986. Baserat på vilket sedimentdjup detta sker och de antal år som förflutet mellan Tjernobylyolyckan och mätdatum kan sedimentationshastigheten beräknas. I detta fall till 12 mm/år.

Cato, I., 1997: Sedimentundersökningar längs Bohuskusten 1995 samt nuvarande trender i kustsedimentens miljö kvalitet - en rapport från fem kontrollprogram. *Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och Meddelanden 95*, 365 s.

Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet i kust och hav. *Naturvårdsverket Rapport 4914*, 134 s.

Ingemar Cato är geofysiker och maringeolog på Sveriges geologiska undersökning; ingemar.cato@sgu.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 15/5** (adress, fax och e-post, se sid. 2). Nästa nummer kommer i juni.

Årsmöte 2003

Geologiska Föreningens årsmöte går av stapeln torsdagen den 22 maj kl. 17.00 i Geohuset, Stockholms universitet. Vid mötet kommer Föreningens Wickmanpris inom områdena geokemi och isotopgeologi att utdelas. Priset går till Eric Welin för hans insatser vid grundandet av Laboratoriet för isotopgeologi vid Naturhistoriska riksmuseet, och Stefan Claesson för engagemanget i den isotopgeologiska forskningen i Sverige, bland annat genom grundandet av NORDSIM. Årsmötet avslutas kl. 19.00 med föredrag av pristagarna. Föredragen är ett samarrangemang med Geologklubben vid Stockholms universitet.

För mer information: www.geologiskaforeningen.nu

Geologiska Föreningens hemsida

www.geologiskaforeningen.nu

Geologiska Föreningen har sedan årsskiftet en ny hemsida. Förutom information om föreningen och dess historia finns här även en databas för sökning av artiklar i föreningens båda tidskrifter, *GFF* och *Geologiskt forum*. Främste ansvarig för hemsidan är just nu Geologiska Föreningens nye medarbetare Erik Huss. Medlemmar och övriga är varmt välkomna att komma med synpunkter på den nya hemsidan (erik.huss@nrm.se; gff@geo.su.se).

LIG och NORDSIM jubilerar

Laboratoriet för Isotopgeologi (LIG) vid Naturhistoriska riksmuseet fyller 30 år i år, och den nordiska jonmikrosonden NORDSIM fyller 10 år. I samband med att Wickmanpriset utdelas till LIG:s grundare, professor Eric Welin, och professor Stefan Claesson som tog initiativ till NORDSIM, kommer LIG att uppmärksamma dessa jubileer genom aktiviteter vid Laboratoriet. För mer information kontakta Åke Johansson (08-5195 40 34; ake.johansson@nrm.se).

Fortsatt samarbete om oceanbottnarna

Oceanborrningsprogrammet ODP (Ocean Drilling Program) för forskning om oceanbottnarna har sedan starten 1985 varit mycket framgångsrikt. Detta unika internationella samarbete inom geovetenskaperna har betytt mycket för såväl nya insikter om hur jorden

fungerar, som för svenska forskare. ODP avslutas den 30 september i år och Vetenskapsrådet har nu beslutat att Sverige skall gå med i uppföljningsprogrammet IODP (Integrated Ocean Drilling Program).

IODP skall pågå till år 2013 och omfattar två borrhingsfartyg som bekostas av USA respektive Japan. Ett europeiskt konsortium – i vilket Sverige ingår – skall bekosta flexibla borrhingsplattformar, bland annat för forskning i polarområdenas hav. Programmets budget är 150 miljoner dollar per år, av vilka Sverige står för 3 miljoner kronor. Deltagandet ger svenska forskare rätt att vara med på expeditionerna samt tillgång till borrhärlor och annat forskningsmaterial.

Forskning om oceanbottnarna är avgörande för kunskaper om miljöförändringar, naturkatastrofer, hur naturresurser skall nyttjas hållbart samt för insikt i de processer som styr det komplexa system som är jorden. Planerna inom IODP är att borra djupare ned än vad som tidigare har gjorts och på platser där man inte tidigare har kunnat borra.

(Forska nr 1 2003. Vetenskapsrådets tidning; viola.tomra@vr.se).

En prenumeration

på *Geologiskt forum* 2003 (nr 37–40) kostar 160 kr.

Gör så här: betala 160 kr till **Swedish Science Press** på postgiro 489 78 50-6 eller bankgiro 914-4601. Märk inbetalningskortet **Geologiskt forum 2003**.

Information angående äldre volymer av *Geologiskt forum* fås via redaktionen; gff@geo.su.se, eller beställs av Swedish Science Press (se sidan 2 för information).

Lösnummerpris för 2003 är 40 kr/nr.

Medlemskap i Geologiska Föreningen

kostar 400 kr/år inkluderande *Geologiskt forum* och den engelskspråkiga vetenskapliga tidskriften *GFF*. Studerande betalar dock endast 200 kr/år (under max. 4 år). Medlemskapenbart inkluderande *Geologiskt forum* kostar 250 kr/år.

Gör så här: betala medlemsavgiften till **Geologiska Föreningen** på postgiro 2108-9. Märk inbetalningskortet **Ny medlem (alt. ny studerandemedlem) i Geologiska Föreningen, avgift för 2003**.

Skriv tydligt namn och adress på inbetalningskortet, tack!

GEOLOGISKA FÖRENINGENS STYRELSE 2003

Birger Schmitz, ordf., Inst. för geovetenskap, Göteborgs universitet, Box 460, 405 30 Göteborg, tel. 031-773 49 02; birger@gvc.gu.se
Dan Holtstam, sekr., Sekt. för mineralogi, Naturhistoriska riksmuseet, Box 50007, 104 05 Stockholm, tel. 08-5195 40 76; dan.holtstam@nrm.se
Kajsa Hult, skattm., Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018-17 93 58; kajsa.hult@sgu.se
Joakim Mansfeld, red., Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel. 08-674 77 27; gff@geo.su.se
Ulf Quarfort, ledam., Inst. för geovetenskaper, Uppsala universitet, Villav. 16, 752 36 Uppsala, tel. 018-471 25 68; ulf.quarfort@natgeo.uu.se
Mats Rundgren, ledam., Kvartärgeologiska avd., Lunds universitet, Tornavägen 13, 223 63 Lund, tel. 046-222 78 56; mats.rundgren@geol.lu.se



den svenska föreningen för vetenskaplig, tillämpad och populär geologi

<http://www.geologiskaforeningen.nu>