

GEOLOGISKT FORUM

NR 57 MARS 2008
— ARGÅNG 15

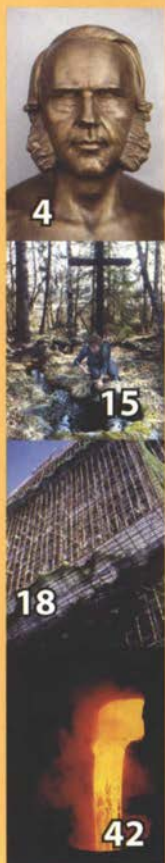
Nya krav när
städerna växer

150-årsjubileum för SGU

Jordens
föränderliga klimat

ETT TEMANUMMER SOM UPPMÄRKSAMMAR
INTERNATIONAL YEAR OF PLANET EARTH
INVIGNING I SVERIGE DEN 26 MAJ





NYHETER OCH REDAKTIONELLT

SGU firar jubileum / Många har medverkat till SGUs jubileumsbok.	SIDA 3
SGU 150 år.	4-5
33:e internationella geologkongressen i Oslo.	6-7
In Memoriam: Leif Carsrud.	56
Notiser / Kalendarium.	57
Recension: Svenska Fossil i ord och bild.	58
Recension: Strövtåg på Bohusläns sockertopp.	58-59
Sista ordet: Geovetenskapen fattas i skolan	59

TEMA: International Year of Planet Earth

Inledning International Year of Planet Earth, IYPE.	9-10
Livets källa. Gert Knutsson, Bo Olofsson.	11-15
Megastäder: Nya krav när städerna växer. Kennert Röshoff, Lars Persson.	16-19
Geologi i skolan. Martin Testorf, Solveig Mårtensson.	20
Geologins Dag i Klimpfjäll. Solveig Mårtensson.	21
Medicins geologi berör människor runt hela jorden. Olle Selinus.	22-24
En europeisk geokemisk atlas. Kaj Lax.	25
Livet på jorden. Stefan Bengtson.	26-29
Jordens ständigt föränderliga klimat. Svante Björck.	30-33
Jord – en viktig naturresurs. Gustav Sohlenius.	34-37
Människans behov av geologiska resurser. Annika Wasström, Pär Weihed.	38-43
Naturomvälvningar och naturrisker. Sven Laufeld.	44-46
Världshavets gåtor. Martin Jakobsson, Jan Backman.	47-49
Havets icke-levande resurser. Ingemar Cato.	50-53

ARTIKLAR & REPORTAGE

Gotlands geologi. Mikael Erlström, Lena Persson, Linda Wickström.	SIDA 54-55
---	---------------

Ansvärlig utgavare: Joakim Mansfeld
tel 08-674 77 27, e-post: gff@geo.su.se
Populärvetenskaplig redaktör: Anna Kim-Andersson
tel 036-440 01 20, e-post: anna@qi-media.se
För text, layout och bilder svarar redaktören där inget annat anges.

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

Omslagsbild: Ulf Lundgren från Övre Norrlands Guldgrävarklubb
tillsammans med Emelie Lundqvist och Johanna Åhman.
Foto: Annika Wasström.
Upplaga: 2 500 ex.
Tryckeri: Masala media.
Ordinarie lösnummerpris: 50 kr.

För annonser, distribution, prenumerationer, adressändring, köp av tidigare nummer samt reklamationer: kontakta redaktionen.

ISSN 1104-4721

Geologiskt forum ges ut av Geologiska Föreningen i samarbete med föreningen för Geologins Dag och med ekonomiskt stöd från Sveriges geologiska undersökning, SGU. Detta nummer också med stöd från Nationalkommittén för geologi, KVA.

Tidningen ingår i det ordinarie medlemskapet i Geologiska Föreningen. En helårsprenumeration på Geologiskt forum utan medlemskap kostar 160 kronor/år.
Ange namn, adress och e-postadress, vid betalning till vårt Plusgiro: 2108-9.

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

Varmt välkommen att kontakta tidningens redaktör Anna Kim-Andersson om du vill medverka i Geologiskt forum – hör av dig innan du sänder ditt manuskript. Författarna svarar själva för innehållet i sina artiklar.

Geologiska Föreningen
18 4 171

SGU firar jubileum

Sveriges geologiska undersökning, SGU,
firar 150 år i år.

I 150 år har SGU levererat kartor, rapporter och på senare tid även databaser, men också bidragit med kunskap i frågor om geologi och mineral – och aktivt verkat i olika samhällsfrågor som rör Sveriges geologi.

Under jubileumsåret 2008 kommer därför fokus att ligga på hur geologisk information och kunskap på olika sätt har bidragit till hur vårt samhälle vuxit fram – och även framöver kommer att utgöra en viktig del.

Några exempel på SGUs aktiviteter är utställningar på huvud-

kontoret i Uppsala och filialerna i Lund, Göteborg, Stockholm och Malå samt på Kungliga Vetenskapsakademien, profilannonser i utvald media och riktade seminarier och exkursioner för användarna av geologisk information.

Jubileet kommer även att uppmärksammas på den internationella geologkonferensen i Oslo i augusti (International Geological Congress, 33rd IGC) och på Geologins dag i september.

Mer information om jubileet och verkets historia finns på:
www.sgu.se



SGU har många uppgifter. I uppdraget ingår kartläggning men även förvaltning och spridning av kunskaper och information som rör jord, berggrund, grundvatten och havets botten. SGU har exempelvis även ansvar för miljökvalitetsmål som rör grundvatten och ballastförsörjning.

Många har medverkat till SGUs jubileumsbok



Sveriges geologiska undersökning
– 150 år i samhällets tjänst. Redaktör
Anna Kim-Andersson, frilansjournalist, och
redaktionssekreterare Tore Pässe,
1: statsgeolog vid SGU.

En berättelse om svenskt geologiskt pionjärartat arbete och en arbetsplats i ständig förändring, men inte minst en berättelse om människor!

I de offentliga arkiven finns ett rikt källmaterial. Liksom i många människors privata arkiv. Även berättelser direkt ur minnets bank ligger till grund för denna jubileumsbok som är en fin mosaik av bilder och berättelser genom tiden.

SGUs jubileumsbok går att köpa från och med den 28 april. Priset kommer att bli 150 kronor och boken säljs i första hand via SGUs kundservice.

SGU, tel: 018 -17 90 00
e-post: kundservice@sgu.se

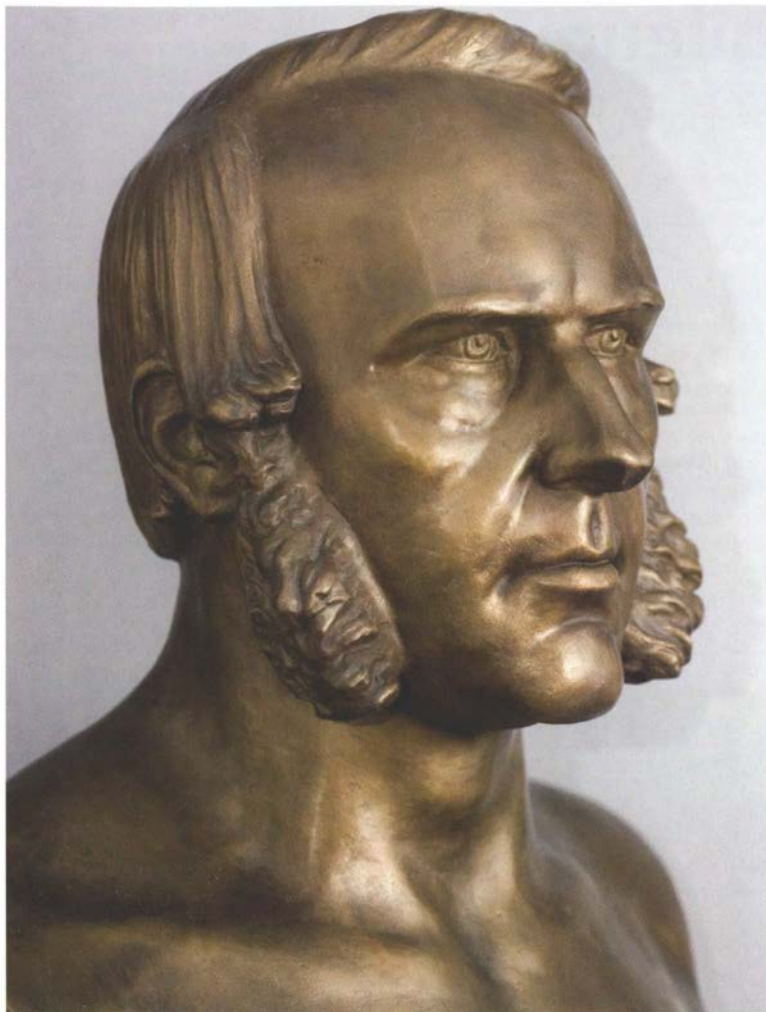
Projekt som sätter präge

De känns som kompisar numera. Axel Erdmann, Otto Torell, Naima Sahlbom och alla de andra dåtida eller samtida geologerna, kemisterna, teknikerna, fysikerna, kartriterskorna... Arbetet med SGUs jubileumsbok har spänt över ett par år, det har varit svindlande roligt, starkt berikande på ett personligt plan och svettigt mödosamt. Rent och skärt råjobb ibland. Intentionen har hela tiden varit att göra en lyhörd bok med bredd. I detta nummer av Geologiskt forum kan du läsa lite mer om SGUs jubileum och få ett smakprov på bokens innehåll. Läsarna får hålla till godo med det som blev! Många är att tacka för slutresultatet och av alla vill jag nämna Tore Pässe och Anders Damberg som båda, på olika sätt, med entusiasm och personlig styrka, men även stora kunskaper drivit arbetet framåt. Liksom alla de många andra personer som jag haft äran att få träffa, tala med, mejlas med och skriva till, gällande allt från bilder till texter, faktagranskning till layout eller korrektur. Ingen nämnd. Ingen glömd! Tack för att jag fick vara med Er och jobba!

Precis när det var dags att släppa taget om mastodontprojektet BOK var det dags att börja jobba med detta temanummer av Geologiskt forum. Tidningen är inte riktigt som vanligt eftersom vi vigt en stor del av utrymmet, och extra utrymme, åt artiklar som anknyter till det goda initiativet från FN: International Year of Planet Earth 2007–2009. Nationalkommittén för geologi vid Kungliga Vetenskapsakademien stöttar jubileet, liksom denna utgåva av Geologiskt forum och Olle Selinus har varit fantastiskt behjälplig som stödredaktör. Det har varit roligt att se tidningen växa fram.



/ Anna Kim-Andersson, populärvetenskaplig redaktör



Geologiläraren och sedermera professorn Axel Erdmann, 1814–1869, betraktades som sin tids ledande geolog och blev SGUs förste chef. Foto: Anders Damberg.

SGU 150 år

Den 26 april 1858 bildades Sveriges geologiska undersökning, SGU. Uppdraget var att kartlägga landets geologiska förhållanden. Därmed inleddes också ett unikt stycke svensk historia av betydelse för jordbruk, industri och vetenskap – ja, samhället och samhällsbygget i både bokstavlig och bildlig bemärkelse.

Hur ska man kortfattat beskriva en statlig myndighet som funnits i 150 år? Ska man berätta om verksamheten och det som producerats, eller ska man berätta om personerna som arbetat på SGU, eller om de geologiska idéer som anammats eller rent av fötts inom SGU, eller hur de geologiska fältet utökats från att från början omfatta berggrunds- och jordartsgeologi till att nu inbegripa geofysik, geokemi, hydrogeologi och maringeologi? Om detta och mycket annat berättas det om i en jubileumsbok som ges ut i samband med att SGU firar sin 150-årsdag i april i år.

Och det som producerats vid SGU talar på sätt och vis för sig självt. Den allra första kartan som

togs fram vid SGU är en kombinerad berggrunds- och jordartskarta från Västerås i skala 1:50 000. Och just de tryckta kartorna var länge den kanske viktigaste kunskapsbäraren.

Idag utvecklas digitala produktionslinjer där datorerna finns med redan i fält, all geologisk data lagras i digitala databaser och med hjälp av exempelvis geografiska informationssystem kan geologin åskådliggöras flexibelt och flerdimensionellt efter användarnas behov, bland annat med avseende på geografiskt urval och skala, på ett helt annat sätt än tidigare. I boken ges en inblick i hur kartarbetet, från fältarbetet till tryckeriet, ändrats under 150 år.

Utvecklingen av tryckta kartor

spelar fortfarande en viktig roll, men är bara ett av många sätt att göra den geologiska kunskapen tillgänglig – i samhällets tjänst.

Uppdraget som från början kort och gott var att kartlägga landets geologiska förhållanden har under årens lopp förändrats och utvecklats. SGUs utveckling och betydelse i samhället återspeglas kanske bäst i antalet anställda. Under SGUs första 50 år översteg den fasta personalstyrkan aldrig elva personer. Vid andra världskrigets slut arbetade cirka 60 personer vid SGU. Främst på grund av samhällets ökande behov av malmer och mineral påbörjades vid denna tid en mycket stark expansion av SGU. När SGU 1982



delades i en myndighetsdel och ett statligt bolag (SGAB) var den totala personalstyrkan uppe i 800 personer, varav 500 arbetade med prospektering i en eller annan form. Idag jobbar 285 personer vid SGU.

Axel Erdmann, SGUs förste chef är starkt sammanvävd med berättelsen om SGUs start och första år. En kunnig och hängiven geolog som såg som sin livsuppgift att bygga upp verket och fullfölja dess uppgifter. Många geologer, både karismatiska och kompetenta, har arbetat vid SGU sedan dess. Några som blivit kända långt utanför geologins inre kretsar är SGU-cheferna Otto Torell, den vetenskapliga polarforskningens grundare, och Johan Gunnar

Andersson, kanske mer känd som Kina-Gunnar. Eller varför inte Hjalmar Lundbohm, som efter en tid som geolog vid SGU kom att fortsätta sitt värv i norr, vid Luos-savaara Kirunavaara AB, LKAB, där han också kom att engagera sig i byggandet och utvecklingen av Kiruna stad och samhälle.

Oavsett alla personer, händelser och skildringar: 150 år i samhällets tjänst är en tung merit! Dagens SGU tar med sig erfarenheterna och vänder blicken mot framtiden – SGU planerar för en ny period i samhällets tjänst. Även om detta kan man läsa i jubileumsboken.

/ Tore Pässe och Anna Kim-Andersson, redaktionssekreterare resp. bokredaktör:

Övre bilden, till vänster: Geologen Edvard Erdmann, 1840–1932, var son till Axel Erdmann och kom att bli en trotjänare vid SGU. Foto: SGUs arkiv. **Till höger:** Att välja vad som skulle vara med, eller inte skulle vara med, var ett tufft jobb för redaktionen i arbetet med jubileumsboken. Denna härliga bild är en av alla de som fick väljas bort. På fotot syns geologen Jan Lundqvist, C-F Glimberg och Erik Bengtsson, på kartbladet Säter. Foto: G. Lundqvist, 1944. **Nedre bilden, till vänster:** Dag Fredriksson tar prov i en mosse. Foto: SGUs arkiv. **Till höger:** Redan från 1906 har SGUs anställda fått utföra externa uppdrag, bland annat malmgeologiska undersökningar. SGU-geologen Felix Tegengren var en av dem som fältsarbetade i Tärna socken 1917, för övrigt samma år som SGUs första egna inmutningar kom att läggas i detta område.

5 snabba frågor om världskongressen

Tusentals geologer på Oslos gator och torg!
Vart fjärde år anordnas en bred internationell geologisk kongress av samfundet *International Geological Congress*. År 1910 var det Stockholm som var värd. År 1960 var det Köpenhamn och i sommar är det Oslos tur.



Arne Bjørlykke är ordförande för IGC, han är också professor och var tidigare administrerande direktör (generaldirektör) vid Norges geologiska undersökning.
Foto: Halfdan Carstens.

1. Vad betyder det för Norge och Norden att få vara arrangörer för 33rd IGC?

– Detta är en unik möjlighet att visa upp nordisk geovetenskap för en internationell publik. Genom utvecklingen av kongressprogrammet kan vi få fram problemställningar som är av stor vikt för oss i Norden. I Norden är vi också besjälade av att nå ut med geologin i samhällets tjänst och vi har i dagsprogrammet infört plenumsdagar, som vänder sig till icke-geologer och som även är en uppdatering för geovetare, om forskningen, vid sidan av deras egna specialiteter. I samband med kongressen ordnas ett stort antal geologiska exkursioner till de nordiska länderna, men även Ryssland och Baltikum. Vi får

chans att visa spännande nordisk geologi och diskutera geologiska problemställningar tillsammans med internationellt ledande experter.

2. Vilka är tre starkaste skälen, enligt dig, till att så många nordiska geologer som möjligt absolut bör delta?

– Världens ledande geovetare samlas i Norden och det är en unik händelse som man faktiskt kan dra nytta av. När kongressen för fyra år sedan gick av stapeln i Florens deltog så många som 2 000 italienska geovetare och jag hoppas på en motsvarande uppslutning här, att de nordiska geovetarna ska ta chansen och komma!

Genom att delta på konferensen

kan vi hävda vikten av nordisk geokunskap i ett internationellt perspektiv. Detta har betydelse för "impact" i den internationella forskningsmiljön och leder till att fler geologer kommer att välja nordiska länder för sina "sabbaticals" (*Reds. anm.* tid då man tar tjänstledigt för att arbeta med sin forskning vid universitet i annat land) och postdoktorandstudier.

Att delta för nätverkets skull är också viktigt. Det är alltid lättare att kontakta andra forskare om man har mötts tidigare i ett socialt och fackligt sammanhang. IGC är en stor mötesplats och ämnemässigt den bredaste kongressen inom geovetenskapens område idag.

3. Hur gör ni för att sprida budskapet om betydelsen av geovetenskaplig kunskap i samhället – i media och gentemot beslutsfattare och allmänheten?

– Vi arbetar mycket med att plenumsdagarna ska ha starkt samhällsperspektiv. Varje plenumsdag kommer att ha ett tema som: klimat, livets utveckling, naturrisker, grundvatten och miljö, mineralresurser, energi och Jorden i universum. På eftermiddagarna inbiter vi politiker, samhällsekonomer, journalister och andra som deltar i samhällsdebatten. Vi planerar också runda-bordet-diskussioner och presskonferenser varje dag. En nyhet för i år är att utvalda föredrag och diskussioner kommer att gå att följa via Internet, så kallad "webcasting".

4. Vad ser du som organisationskommitténs ordförande fram emot mest, gällande kongressen?

– Jag är rädd att jag kommer att vara så upptagen med praktiska göromål att jag inte får uppleva särskilt mycket av programmet, men det är lunchföredrag varje dag som jag rent fackligt ser fram emot. Kongressen kommer också att betyda mycket för det globala samarbetet och vi passar bland annat

på att inviga den globala databasen OneGeology.

Vi arbetar också för att främja ett starkare samarbete mellan de internationella organisationerna IUGS och IGC i geovetenskapliga frågor. Det är viktigt att vi som geologer uppfattar oss som en del av geovetenskapen och att vi söker kunskap om naturen som helhet. "Cross over science" eller tvärvetenskap på svenska, är ett utmärkt sätt att snabbt nå vetenskapliga framgångar. Därför har vi också använt namnet World

Geoscience Congress för att visa att IGC är en bred plattform – inte bara för geologer.

5. Vad får kongressen för vetenskaplig betydelse?

– Vi hoppas på och förväntar oss en stark interaktion mellan specialister. För att se sammanhang i naturen måste man ha tillgång till toppkvalitetsdata och det oavsett från vilken geovetenskaplig nisch datan kommer ifrån. Detta gör IGC till en intressant och nödvändig mötesplats.

"Nu tar vi chansen"

De vetenskapliga förberedelserna för den geologiska världskongressen leds från Sverige.



Berggrundsgeologen och prof. em. David Gee, Uppsala universitet, är ordförande för 33rd IGC:s vetenskapliga kommitté och tidigare ordförande för bland annat European Union of Geosciences samt ESF:s EUROPROBE programme.

Den geologiska världskongressen i Oslo är ett ypperligt tillfälle för Nordens geovetare att marknadsföra och lyfta fram betydelsen av geovetenskaplig kunskap – högt på världens agenda! Detta säger prof. em. David Gee som är ordförande för kongressens vetenskapliga kommitté. Han berättar om förberedelser som pågått i flera år och som allt mer

håller på att kulminera, för att få de bästa geovetarna världen över till Norden och Oslo.

– Hittills har vi fått in cirka 6 000 vetenskapliga sammandrag (*abstracts*) från forskare som kommer att delta, berättar han och tillägger att det är 50 år tills Norden får chans att vara värd för en geologisk världskongress igen, så det gäller att ta vara på chansen!

– Det är inte tillräckligt att vi som geovetare förstår budskapet att geovetenskaplig kunskap är en grundsten i arbete för hållbar utveckling. Vi måste också kommunicera budskapet till resten av världen!

Jordens samhällen behöver geokunskapen för att kunna hantera energi- och mineralfrågorna, vattenförsörjningen eller förstörelsen för vår levande miljö – där naturkatastrofer, klimatförändringar och jordens starkt växande befolkning utgör potentiella hot. Framgång, välbstånd och fattigdomsbekämpning är frågor som bygger på geovetenskap och en god geoutbildning i skolan.

– Kongressen täcker ämnesmässigt hela spektrat inom geovetenskapens alla områden och fokuserar på nyss nämnda frågor. Vi satsar också på att få maximal geoeponering i media, säger David Gee.

Från Afghanistan till Yemen

Geovetare från ett sjuttiotal länder, från jordens alla hörn, kommer att besöka den 33:e internationella geologkongressen i Oslo i sommar. Intresset för kongressen är stort.

– Hittills har vår hemsida där all information om kongressen finns (www.33igc.org) haft mer än 150 000 besök. Rekordet för besök på en och samma dag är 5 000, berättar projektkoordinator Asgeir Knudsen.

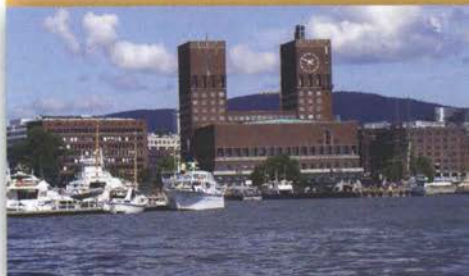
Att ro i land en internationell kongress av den här storleken är ett gigantiskt projekt.

Geovetare från hela Norden deltar i förberedelsearbetet. Bara i organisationskommittén och den vetenskapliga kommittén, är ett trettio-tal personer involverade, utöver två heltidsanställda personer där den ene är projektkoordinatorn och den andre är kongressens generalsekreterare Anders Solheim.

Platsen för kongressen är Norway Convention Center i Lilleström. Ett antal happenings och kvällsaktiviteter kommer att gå av stapeln inne i centrala Oslo. I samband med kongressen ordnas också ett flertal både kortare och längre exkursioner.

Totalt har kongressen en budget på drygt 60 miljoner norska kronor. Finanseringen sker med hjälp av anmälningsavgifter men framför allt genom ett tiotal företagssponsorer som ser nödvändigheten och mervärdet i att stötta en nordisk kongress – som driver budskapet om att geovetenskaplig kunskap är grunden för hållbar utveckling.

Mer att läsa på www.33igc.org.



Oslo är en vacker sommarstad!
Foto: Liselotte Sivertsen Carlson.

Aura Energy is an Australian Stock Exchange listed mineral explorer with a portfolio of quality projects in Sweden, Africa and Australia which range from advanced resource definition stage to greenfields exploration.

Senior Exploration Geologist

Dynamic group with exciting projects globally is looking for a Senior Geologist with exploration experience to manage and execute their Swedish Exploration programme. This role will require spending some time in the company's office/residence in the Östersund area to manage projects in this region.

Reporting to the Exploration Manager, this independent and hands-on position is responsible for managing and executing exploration programmes on the company's portfolio of projects in Sweden, including:

- Development of exploration targets
- Supervision of drilling programmes and other exploration work, field staff and contractors
- Ensuring that safety and environmental standards are met
- Maintaining good relations with local landowners and local authoritys
- Pro-actively managing all logistical requirements of the exploration programme
- Provide management to exploration programs and personnel/contractors
- Plan and implement the programs needed, to successfully bring the program to a conclusion
- Build Aura's portfolio of projects
- Interpret and evaluate geochemical/geological results
- Provide technical reports when required

This role interacts with and influences a variety of people including company directors, consultants, government, land owners and joint venture partners.

The role will suit a Geologist with 8+ years experience with at least 3 years exploration experience. You should have a high level of professionalism.

Additionally you should have:

- A degree in Geology and possibly post graduate experience
- Experience in mineral exploration and hands-on experience with a range of exploration methods including drilling and sampling methods.
- Excellent communication skills including being fluent in English
- Computer skills in programs such as GIS, (Mapinfo), Discover and MS office would be preferable

The culture of this organisation best suits an individual who is flexible, proactive, responds well to working independently and has the ability to communicate at all levels.

This is an excellent opportunity to work alongside a success orientated management team with extensive global mineral exploration experience and a track record of exploration success.

Applications with CV no later than 15th april:

Stephen.mccaughey@auraenergy.com



Årsmöte i Geologsektionen av Naturvetareförbundet

Välkommen till en geologisk exkursion kombinerat med årsmötesförhandlingar.

Temat för mötet är Geologi i praktiken – geologi i samhället

Datum 4 April

Tid kl 10-14

Plats Geovetarcentrum i Göteborg

Sista anmälan 31 mars.

I deltagaravgiften ingår bussexkursion och ett lättare lunchpaket. Bussen avgår från Geovetarcentrum. Icke-medlem 150 kr. Medlem 100 kr. Studentmedlem 50 kr.

Mer information:

Läs även mer på Naturvetareförbundets hemsida www.naturvetareforbundet.se

Eller kontakta Magnus Hellqvist e-post: mhq@du.se Otto Pile, e-post: Otto.Pile@sgu.se

VÄLKOMMEN TILL ETT TEMANUMMER SOM UPPMÄRKSAMMAR FN:s INTERNATIONAL YEAR OF PLANET EARTH – PLANETEN JORDENS ÅR

Geovetenskapen är central i dagens och ännu mer i framtidens samhällen. Dagens aktuella debatt i medier tar ofta upp frågor som på ett eller annat sätt har geovetenskaplig bäring. Sådana frågor rör naturresurser, energi, risker, miljö, hälsa samt klimatförändringar, vilka har nationell, europeisk eller global betydelse – och är avgörande för vår framtid!

Jordens resurser, deras utnyttjande och bevarande, tillhör de grundläggande geovetenskapliga frågeställningarna. Mineral och metaller liksom energirävaror är viktiga för människans välfärd. Geologiska processer förändrar successivt vår planet och ett förändrat klimat påskyndar dessa. Ökat vattenflöde ger som följd översvämningar, ras, skred, men också spridning av föroreningar med försämrad vattenkvalitet.

Kunskapen om Sveriges geologi ute i samhället är ofta inte särskilt hög. Vårt behov av naturresurser är oomtvistligt, men kopplingen till svensk geologi och behovet av detaljerad undersökning och forskning står ej helt klar. Naturresurserna är fundament för vår tillvaro och civilisation men tillräcklig kunskap finns inte ens om de naturresurser som idag används nationellt. Hur många vet exempelvis att Sverige faktiskt är Europas största producent av järn och guld? (se Annika Wasströms och Pär Weiheds artikel på sidan 38). Ras, skred och översvämningar behandlas ofta utan koppling till geologiska förutsättningar och material-egenskaper. I samband med olika miljöproblem satsas det på reparerande åtgärder, medan de grundläggande förebyggande orsakerna, som berör geovetenskapen, ej beaktas.

Runt Indiska Oceanen har man installerat varnings-system för tsunamis, men först efter att 230 000 människor omkom i tsunamin den 26 december 2004. Geovetare världen över känner frustration över att deras kunskap om Jorden, som skulle kunna rädda många liv tyvärr inte utnyttjas fullt ut av beslutsfattare.

Tsunamin var en katastrofal händelse. Men även i mer vardagsnära situationer finns det många exempel som visar att Jordens samhällen – och Sverige – vinner på att vi sprider geovetenskapen och satsar på att utveckla kunskapen!

LARS PERSSON och OLLE SELINUS, Nationalkommittén för Geologi, Kungliga Vetenskapsakademien.

Artiklarna i detta temanummer berör

- Livets källa – grundvatten
- Megastäder
- Geologi i skolan och Geologins Dag
- Medicinsk geologi
- Geokemiska kartläggningar
- Livet på Jorden
- Jordens ständigt föränderliga klimat
- Jord - en viktig naturresurs
- Människans behov av geologiska resurser
- Naturomvälvningar och naturrisker
- Världshavets gåtor
- Havets icke-förnyelsebara resurser

Utsikt över en dalgliaciär, Mt. Rainier, USA.
Foto: Tanya Alexander.

International Year of Planet Earth, IYPE

Firande världen över! År 2008 är huvudåret då 191 länder inom ramen för FN sätter fokus på: Geovetenskapen i människans tjänst. I Sverige stöttas initiativet av Nationalkommittén för geologi vid Kungliga Vetenskapsakademien.

FNs generalförsamling beslutade i december 2006 att 2008 skulle bli International Year of Planet Earth, det vill säga året för Planeten Jorden. År 2007 ägnades åt förberedelser, 2008 är huvudåret med ett stort antal internationella aktiviteter och 2009 blir ett avslutningsår. Syftet är att internationellt sprida kunskap om geovetenskapens betydelse inom planering, miljö, infrastruktur och naturresurshantering på alla nivåer i samhället – från beslutsfattare till allmänhet och skolor. Året syftar till att bättre använda kunskapen hos världens 400 000 geologer och geovetare. Detta antyds även genom jubileumsårets undertitel: Geovetenskapen i människans tjänst.

International Year of Planet Earth har politiskt stöd från 191 medlemsländer i FN. Mycket av arbetet sker genom de olika ländernas nationalkommittéer för geologi, så även i Sverige. Året är ett gemensamt initiativ av UNESCO och Internationella Geologunionen, IUGS. Initiativet har också stöd från uttillräckande tolv internationella organisationer och 26 associerade internationella organisationer från alla kontinenter, omfattande alla stora geovetenskapliga områden.

Forskning och information

International Year of Planet Earth, IYPE, har två stora programområden: ett vetenskapligt program och ett program som syftar till att nå ut med information.



H.M. Konung Carl XVI Gustaf är beskyddare av International Year of Planet Earth och kommer att inviga IYPE i Sverige den 26 maj. Invigningen sker i Beijersalen, Kungliga Vetenskapsakademien kl 11.00.

Det vetenskapliga programmet består av tio olika områden som är viktiga över hela jordklotet: hälsa, klimat, grundvatten, havet, jordar, jordens inre, städer, naturkatastrofer, naturresurser och livet. Det första området, hälsa, leds för övrigt från Sverige. Broschyrer för alla områden har publicerats och de finns för nedladdning via webbplatsen www.yearofplanetearth.org

Informationsprogrammets syfte är att sprida kunskap om geovetenskapens betydelse i samhället till beslutsfattare, massmedia, allmänhet och skolor. Det finns förslag om att skriva böcker och göra TV-program.

Högtidlig invigning

International Year of Planet Earth öppnades officiellt vid UNESCOs högkvarter i Paris i februari 2008. Ett stort antal aktiviteter kommer framöver att äga rum över hela jorden. I Sverige sker den officiella öppningen måndagen den 26 maj, under en seminariedag vänd mot media och allmänhet, hos Kungliga Vetenskapsakademien.

Planerade aktiviteter i Sverige

- Invigning av året 2008 på Kungliga Vetenskapsakademien.
- Specialnummer av Geologiskt forum som ges ut i en större upplaga vänd mot riksdagsledamöter, beslutsfattare, massmedia och allmänhet.
- Ett symposium organiserat av Kungliga Vetenskapsakademien 2009.
- Samverkan med Geologins dag i Sverige 2008–2009.
- Aktiviteter med Geologiska Föreningen.
- Samverkan med amatörgeologiska organisationer i Sverige.
- Samverkan med Geografilärarnas Förening.
- Kontakter med massmedia.

Välkommen till detta specialnummer av Geologiskt forum som uppmärksammar IYPE och innehåller artiklar om de tio temaområdena med inriktning mot internationella men även svenska förhållanden.



KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIEN
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Mer att läsa på www.yearofplanetearth.org samt <http://www.snkg.kva.se/planetenjorden.html>

Livets källa

Grundvattnet, det vatten som kommer från berg och jord, är en livsviktig resurs på Jorden. Grundvatten är möjligheternas vatten, men ibland en bristvara – och hoten mot dess kvalitet är många.

TEXT / BILD Gert Knutsson och Bo Olofsson

Vatten från jord och berg svarar för människornas vattenförsörjning i nästan hälften av Sveriges tätorter och praktiskt taget all gles- och fritidsbebyggelse. I många andra länder är grundvatten den helt dominerande resursen för vattenförsörjning. Grundvatten är också av stor betydelse för livsmedelsindustrin, som kylvatten och vid luftkonditionering samt inom jordbruket. Bevattning har blivit allt vanligare i södra Sverige och i områden med små ytvattentillgångar är grundvatten den viktigaste resursen, exempelvis på Kristianstadsslätten och på Bjärehalvön. En del naturliga växtsamhällen är helt beroende av utläckande, mineralrikt, kallt grundvatten i källor såsom rikkärr med orkidéer. Vissa alger och mikroorganismer liksom larver av natt- och bäcksländor trivs endast i källvatten med relativt konstant flöde och temperatur. Det är därför viktigt att för den biologiska mångfalden bevara sådana miljöer, så kallade nyckelbiotoper – liksom givetvis att skydda våra dricksvattenresurser mot förorening!

Grundvattnets bildning, sammansättning, magasinering och strömning är direkt kopplat till de geologiska förhållandena, varför det vetenskapliga ämnet benämns hydrogeologi.

Grundvatten kallas det vatten, som helt fyller porer, sprickor och hålrum i jord och berg, det vill säga den vattenmättade zonen, och vars portryck är högre eller lika med atmosfärstrycket. Markvatten är det vatten, som finns i den vattenomättade zonen närmast markytan och i växternas rotzon.

Grundvattenytan utgör gränsen mellan den omättade och mättade zonen och kan nivåbestämmas i en källa, en brunn, i ett öppet perforerat rör eller i ett borrhål. Flera grundvattenytor på olika nivåer kan förekomma i ett område med växlande geologi. Grundvattenytan fluktuerar under året med hänsyn till nederbörd, temperatur och vegetationsförhållanden. Grundvattennivån är i regel högst på våren efter snösmältningen och lägst på förhösten i Syd- och Mellansverige, då nederbörden ofta är riklig men förbrukas helt av vegetationen. I Norrland med långvarig vinter och tjälad mark är dock grundvattennivån ofta lägst på senvintern, eftersom grunden inte tillförs något vatten under vintern. Storleken på nivåfluktuationerna beror på grundvattenmagasinets storlek – från några decimeter i stora grusavlagringar till flera meter i bildningar med små grundvattenmagasin som i de vanligaste geologis-

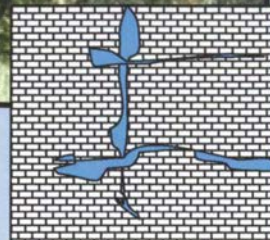
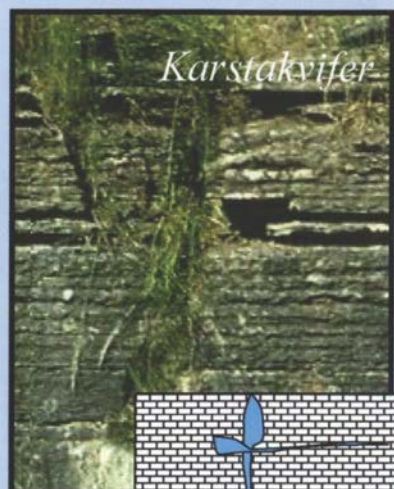
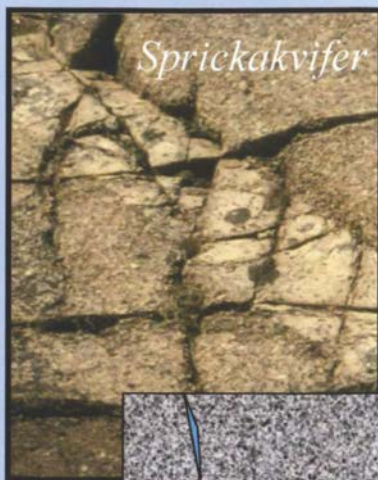
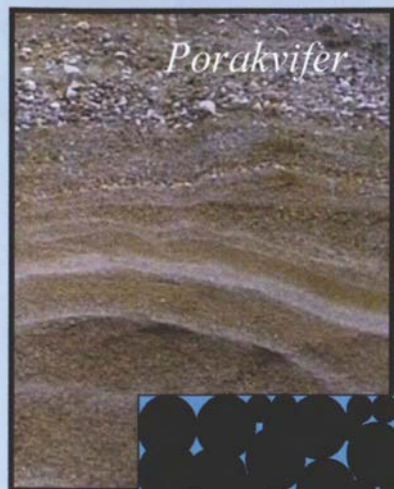


En källa uppstår vid ett distinkt utflöde av grundvatten ur jord eller berg. Kraftigt flödande källa i grov morän vid Tandsjövålen, Rogen, Härjedalen. Foto: Gert Knutsson.

ka bildningarna: sprickigt berg och morän (landisens direkta avlagring). Skillnaderna är också stora under längre tid, till exempel kan en serie av torra år i en viss del av landet ge mycket låga nivåer och uttorkning av källor.

Problem med vattenbrist, främst i enskilda brunnar, kan därför uppstå såväl vid olika tider under året som under olika år beroende på var i landet man bor. De förväntade framtida klimatförändringarna kommer också att påverka grundvattennivåerna och tillgången på grundvatten i olika delar av landet.

Grundvatten utgör sålunda den underjordiska delen av vattnets kretslopp i naturen, vilket drivs av solenergin och tyngdkraften. Nettonederbörden, det vill säga det vatten som inte avdunstar infiltreras i de flesta svenska jord- och bergarter vid normal väderlek, men under vissa förhållanden kan en del vatten rinna



Bilder och principskisser över olika akvifertyper med utgångspunkt hur grundvattnet rör sig och magasinerar i olika geologiska bildningar. Kombinationer av de olika huvudtyperna är relativt vanliga. Illustration: Bo Olofsson.

av längs markytan. Det infiltrerade vattnet når så småningom ned till grundvattenytan och bildar grundvatten, så kallad direkt grundvattenbildning till skillnad från indirekt grundvattenbildning, då vatten läcker in från angränsande vattendrag och sjöar. Konstgjord grundvattenbildning innebär att ytvatten pumpas upp och får infiltrera i en sand- eller grusavlagring. Den metoden är vanlig för att förstärka tillgångarna för kommunal vattenförsörjning, om den naturliga grundvattenbildningen är för ringa.

Hur mycket grundvatten kan då bildas på naturlig väg under olika förutsättningar? Nettonederbörden är avgörande för hur mycket vatten som är tillgängligt, och då den växlar från över 650 millimeter per år i det inre av Halland till endast 150-200 i sydöstra Sverige är sålunda de regionala skillnaderna stora inom endast några tiotal mil. De lokala förutsättningarna för infiltration växlar också från mycket genomsläppliga sand- och grusavlagringar över i ytan måttligt genomsläppliga moränjordar till täta lerlager och sprickfattiga hållområden. Högsta värden på grundvattenbildning har ytliga, genomsläppliga magasin, medan värdena avtar mot djupet, allteftersom grundvattnet strömmar ut i lokala lågpunkter. Grundvattenbildningens storlek kan till exempel i östra delen av landet vara 200-300 millimeter per år i en ytlig sandavlagring, 150-200 i en sandig morän, 150 i en mäktig grusås, 15 i sandstenen under grusåsen och 5 i graniten därunder på 400-500 meters djup.

Grundvattnets förekomst – grundvattentillgångar

Grundvattnets bildning är enligt ovan beroende av samspelet mellan klimat, topografi, vegetation, geologi och hydrologi inom ett terrängområde. Grundvattnets

förekomst är däremot nästan helt kopplat till de geologiska förhållandena, nämligen hur vattnet kan uppträda, strömma och magasinerar i jord och berg. Ett lämpligt sätt att klassificera grundvattenförekomster är att utgå från hur grundvatten kan utvinnas i användbar mängd från de geologiska bildningarna genom att dela in dem i så kallade akvifertyper.

I *porakviferer* förekommer grundvattnet i primärt bildade hålrum mellan partiklarna. De största grundvattentillgångarna i landet finns i mäktiga avlagringar bildade vid inlandsisens avsmältning, främst rullstensåsar och deltan, som består av sand och grus med hög vattengenomsläpplighet. De är av regional betydelse och utgör basen för vattenförsörjningen av många medelstora och flera större tätorter som Uppsala, Västerås, Örebro, Eskilstuna, Gävle, Umeå, Karlstad och Kalmar. Ofta är uttagsmöjligheterna mycket goda (flera hundra liter per sekund i en enda brunn!), men den naturliga grundvattenbildningen är i regel för liten för stora uttag, varför tillgången måste förstärkas med konstgjord grundvattenbildning.

Porakviferer förekommer även som porös sand- eller kalksten. Ett exempel är glaukonitsandstenen, som ligger under Kristianstadsslättens kritkalksten och som ger grundvatten för hela regionens vattenförsörjning. Den vanligaste typen av porakvifer i landet är utbildad i den jordart, som täcker tre fjärdedelar av landytan, nämligen moränen. Den har låg vattengenomsläpplighet och grundvattnet räcker oftast endast till vattenförsörjningen av enstaka gårdar eller möjligen byar.

I *sprickakviferer* förekommer grundvattnet i bergets sprickor och krosszoner. Vattengenomsläppligheten är som regel låg eller mycket låg men skiljer sig mellan olika bergartstyper beroende på hur spricksystem och

sprickzoner är utbildade. Graniter har ofta regelbundna sprickor som är gynnsamma för vattenflödet men för större uttag krävs att borrhunnen kan lokaliseras till en sprick- eller krosszon. Åtskilliga mindre tätorter får sin vattenförsörjning genom sådana brunnar. Gnejser och basiska bergarter ("grönstenar") har i regel betydligt sämre brunnskapacitet än graniter.

Karstakviferer innebär att grundvattnet förekommer i hålrum, som skapats genom upplösning och erosion. De har begränsad utbredning främst i kalkstensområden. Stora vattenmängder kan transporteras genom dylika system från slukhål i tillrinningsområdet till stora källor. Karstområden finns i fjällkedjan, på Gotland, där Lummelundagrottorna är välkända turistmål, på Öland och Listerlandet i Blekinge samt i Skåne och Västergötland.

Hur strömmar grundvattnet?

Grundvattnets rörelse, det vill säga dess strömning, bestäms i första hand av gravitationen, där vattenmolekyler strävar att röra sig från en högre nivå mot en lägre. En topografiskt varierande terräng kan därför generellt indelas i inströmnings- och utströmningsområden, där lokala lågpunkter i terrängen oftast utgör utströmningsområden i form av källor, våtmarker, vattendrag eller sjöar. I ett kuperat område kan sålunda grundvattenströmningen vara mycket varierande beträffande såväl hastighet som flödesriktning. I ett flackt och geologiskt homogent landskap strömmar grundvattnet, ofta långsamt, mot avlägset belägna lågpunkter såsom sjöar eller hav. I kristallint berg är strömningen till stor del beroende av sprickornas typ, frekvens, orientering, mineralfyllnad och lokal bergspänning. Att bestämma grundvattenströmningens storlek och riktning är av stor betydelse såväl för utvinning av grundvatten som för bedömning av föroreningstransport.

Vad bestämmer grundvattnets sammansättning?

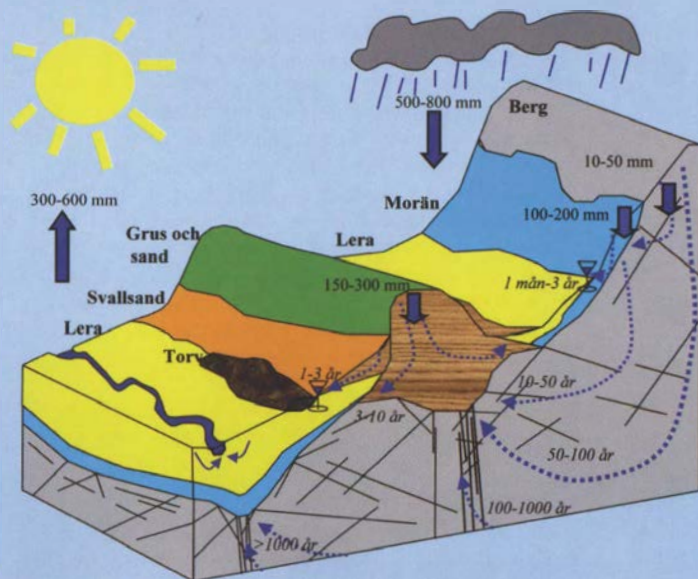
Generellt bestäms grundvattnets naturliga beskaffenhet av nederbördens sammansättning och de kemiska biologiska processer, som äger rum i markens ytligaste skikt samt i grunden. Vattnets sammansättning utgör sålunda komplexa kemiska system, som varierar såväl i tid som rum. Ett enstaka vattenprov kan därför sällan ge generell information om grundvattnet som helhet utan representerar endast den enskilda provtagningspunkten och -djupet vid den aktuella provtidpunkten. Vid infiltration av nederbörden genom det översta markskiktet påverkas vattenkemin högst påtagligt, framförallt genom biologisk aktivitet, varigenom syre konsumeras och vatten och koldioxid bildas. De processer, som är dominerande vid vattnets fortsatta nedträngning, är huvudsakligen jonbyte, vittring av markpartiklarna samt redoxprocesser. Ett grundvatten i Sverige är sålunda oftast syrefattigt och, till följd av kolsyrevittring, vanligtvis av kalcium-vätekarbonatkaraktär. De processer som sedan uppkommer i grundvattenzonen är i regel likartade som i markvattenzonen men betydligt långsammare.

Hoten mot grundvattnet

Mänskliga aktiviteter såsom byggnad, grundvattenuttag och föroreningsspridning påverkar starkt grundvattnets tillgänglighet och beskaffenhet. Även naturliga geologiska förhållanden gör ibland grundvattnet olämpligt att användas för olika ändamål.

Grundvatten och byggnad

Byggnad innebär ofta stor påverkan på grundvattenförhållandena, (nivåer, mängder och beskaffenhet), vilket inte minst visats vid anläggningen av Hallandsåstunneln. Men redan under 1960- och 1970-talen medförde undermarksbyggnad i Stockholm och Göteborg betydande grundvattensänkningar, varigenom skador



Modell över grundvattnets bildning, in- och utströmning (källor markerade som dricksglas) samt vattnets ålder i en typisk svensk dalgång under högsta kustlinjen. Illustration: Bo Olofsson.



Konstgjord grundvattenbildning utförs om det naturligt bildade grundvattnet inte räcker till för till exempel kommunal vattenförsörjning. Ytvatten av god beskaffenhet pumpas då upp i en sand- eller grusavlagring, där det infiltrerar, renas och bildar grundvatten. Foto: SGU, Anders Damberg.

uppstod på mark, vegetation, ledningar och byggnader. Effektiva tätningsåtgärder, bland annat genom injektering av cement i bergsprickor, är idag ett krav vid undermarksbyggnad i tätort. Det är dock inte alltid kostnadsmässigt rimligt att helt förhindra inläckage, varför en effektiv grundvattenkontroll med möjligheter att kompensera för grundvattenförluster genom konstgjord infiltration av vatten i jordlager och berg istället kan övervägas. Undermarksbyggnad kräver sålunda goda geologiska/hydrogeologiska kunskaper vid planering och genomförande för att minimera såväl byggkostnader som miljöpåverkan. Grundvattenfrågorna kan bli avgörande för tillåtlighet och åtgärder, såsom byggnad av slutförvar för radioaktivt avfall samt anläggande av gruvor och stora bergtäkter.

Grundvatten av god kvalitet

Ett av de 16 miljömål som Riksdagen antagit behandlar *Grundvatten av god kvalitet* för vilket Sveriges geologiska undersökning, SGU, har huvudansvaret. De i Sverige vanligaste kvalitetsproblemen i brunnar är höga järn- och manganhalter, aggressivt vatten till följd av låga pH-värden och låga halter av kalcium- och magnesiumjoner, förhöjda kloridhalter i vissa delar av landet, förhöjd fluoridhalt i bergborrade brunnar,

lokalt förhöjda halter av näringsämnen samt förhöjda halter av radon och uran. Lokalt kan även rester från bekämpningsmedel och tungmetaller, såväl från industriella processer som naturligt förekommande, utgöra allvarliga kvalitetsproblem. Tillgången på grundvatten kan hotas av exploatering av mark för byggande, industri och infrastruktur.

Radon och uran

Sverige har i internationell jämförelse regionvis hög halt av radon och uran i dricksvatten beroende dels på den sura kristallina berggrundens halt av radioaktiva mineral, dels på att grundvattnet vid enskild vattenförsörjning ofta erhålls från bergborrade brunnar. Rikstäckande och regionala undersökningar visar exempelvis att i Stockholms län får mer än hälften av alla bergborrade brunnar anmärkning för förhöjda radonhalter (>100 Bq/l) och mer än var tionde brunn skulle klassas som otjänlig (>1 000 Bq/l) till följd av radonhalten. I Västmanlands län är radonproblemet betydligt större (23 procent >1 000 Bq/l) och i vissa lokala områden (granit, pegmatit och porfyrområden i Bohuslän, Bergslagen och Norrlands inland) kan höga radonhalter påträffas i uppemot 50 procent av brunnarna. Även om det generellt finns ett samband mellan radon- och uranhalt gäller detta inte alltid för den enskilda brunnen utan många brunnar har förhöjda radonhalter trots att uranhalt är låg. Förhöjda uranhalter är oftast inget strålningsproblem utan ett toxikologiskt problem – som antas leda till njurskador.

Salt grundvatten

Salt grundvatten är ett annat utbrett problem, som främst förekommer i kustområdena och bland annat i Mälardalen och Vänerområdet. Cirka 20-25 procent av de bergborrade brunnarna har där en naturligt förhöjd salthalt, främst på grund av relict salt (eller fossilt salt), då dessa områden periodvis varit täckta av salta eller bräckt hav efter senaste nedisningsperioden. Alltför stora grundvattenuttag leder ofta till ökade salthalter.

Varje år sprids stora mängder vägsalt, huvudsakligen i Syd- och Mellansverige, cirka 5-15 kilo per meter saltad väg och år. Även om vägsalt kan betraktas som en tämligen harmlös förorening finns många exempel på att för vattenförsörjningen betydelsefulla akviferer påverkats kraftigt, varvid såväl större grundvattentäkter som enskilda brunnar skadats. Vid förhöjda salthalter, särskilt om grundvattnet även är naturligt aggressivt, ökar ledningskorrosionen kraftigt, varvid bland annat förhöjda kopparhalter kan uppkomma i hushållsvattnet. Förhöjda salthalter i brunnar till följd av vägsaltning visar dessutom på en strömningsförbindelse mellan väg och brunn, varigenom även andra, mindre harmlösa föroreningar kan ta samma väg, om än fördröjda i marksystemet.

Kortslutning i systemen

Inom många områden med enskild avloppshantering och ringa jordlager kan en kortslutning uppstå,

som leder till förhöjda kvävehalter och ibland sjukdomsalstrande mikrober i dricksvattnet. Förhöjda kvävehalter, främst i form av nitrat eller ammonium, förekommer även till följd av växtnäringssläckage i jordbruksområden och ger då i första hand problem för jordbrunnar. Kraftigt förhöjda kvävehalter är ett utbrett problem främst i södra Sverige och allra mest i Skånes jordbrukslandskap. Äldre avfallsdeponier och gödselstackar kan utgöra lokala föroreningskällor. Även bekämpningsmedel inom jordbruket, såsom pesticider, har påträffats i grundvatten, främst i Skåne och på Gotland.

Tungmetaller

Tungmetaller, såsom arsenik och bly, kan lokalt förekomma i grundvatten. Arsenik betraktas i många länder, främst i Asien och Sydamerika, som ett av de största naturliga hoten mot mänsklig hälsa. I Bangladesh är en betydande del av befolkningen drabbad, kanske den största förgiftningskatastrofen i modern tid, främst till följd av en med biståndsmedel finansierad övergång från grävda till borrarade brunnar. I Sverige är dock arsenikhalterna generellt låga utom i vissa brunnar där berggrunden är rik på arsenik, främst inom gruvområden i Skelleftefältet samt lokalt i bland annat Bergslagen och Mälardalen. Naturligt förhöjda zink- och blyhalter kan även förekomma lokalt, ofta i samband med sprickmineraliseringar. I Småland antas även föroreningar från glasbruk kunna leda till förhöjningar av bly i grundvatten. I samband med vägsaltning kan även tillförsel av natrium leda till dispergering av lerkolloider, varigenom bly adsorberat på lerpartiklar kan tillföras grundvattnet.

Naturupplevelser av grundvatten – källor!

Alltsedan forntiden har människorna fascinerats av vattnet från underjorden, trott på källvattnets helande kraft och offrat till källan – 6 000 mynt har påträffats i landets största offerkälla, Barnabrunnarna vid Tolg norr om Växjö! Tron på källvattnets hälsoegenskaper ledde till utvecklingen av livet vid hälsokällor och kurorter under 1700- och 1800-talen (flera hundra brunnsorter) och till försäljningen av käll- och mineralvatten på flaska. Efter en nedgång i kurortsliv och hälsovatten på flaska under 1900-talet har dessa företeelser nu fått en stark renässans i Spa- och flaskvattenkulturen. Men den största upplevelsen av grundvatten får man av en trolsk källa omgiven av gullpudra mitt i barrskogen, en källbäck som plötsligt tränger fram i en sluttning eller ett blankt "öga" ute på en norrländsk myr- eller moränmark. Källorna och källmiljöerna har också inspirerat till såväl konstnärligt och litterärt skapande som komponerandet av skön musik.



Källor har haft – och har ännu – stor betydelse i alla kulturer, främst för att de oftast ger ett bra och friskt dricksvatten men också som dopkällor, heliga källor, hälsokällor och önskekällor. Korskällan på en halvö i Svegsjön, Härjedalen. Foto: Bo Yman.

LÄSTIPS

- Knutsson, G. & Morfeldt, C-O 2002: *Grundvatten teori och tillämpning*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
 Källakademin 2006: *Källor i Sverige*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
 Olofsson, B., Jacks, G., Knutsson, G., Thunvik, R., 2001: *Grundvatten i hårt berg - en analys av kunskapsläget. Kunskapsläget på kärnavfallsområdet*, KASAM 2001. SOU 2001:35
 Selinus, O (ed) m fl 2005: *Essentials of Medical Geology. Impacts of the Natural Environment on Public Health*. Elsevier Academic Press
 SNA, Sveriges Nationalatlas 2003: *Berg och jord*. 3:e upplagan, ISBN : 91-87760-50-9

GERT KNUTSSON är professor emeritus och BO OLOFSSON är professor, båda vid institutionen för Mark- och vattenteknik, Kungliga Tekniska högskolan.

Megastäder: Nya krav

År 2030 kommer 60 procent av jordens befolkning att bo i en stad snarare än på landsbygden. Urbaniseringen erbjuder utveckling, men i takt med att städerna breder ut sig över nya markområden dyker också allehanda problem upp – städerna är stora, sårbara system.

I framtidens samhällen ställs nya krav på infrastrukturen samt energi-, vatten- och livsmedelsförsörjning. Geologisk kunskap kommer att behövas på många olika sätt.

bor i städer. År 2030 kan det vara upp till 60 procent som gör dito. En megastad definieras normalt som ett tätortsområde med mer än fem eller tio miljoner invånare. Definitionen varierar. Bland de befolkningskoncentrationer som har mer än 20 miljoner invånare finns Tokyo, Mexico City, Seoul, New York, Bombay, Delhi och Sao Paulo, medan bland de som har mer än 15 miljoner invånare finns Osaka-Kobe-Kyoto, Shanghai, Los Angeles, Kairo, Manila, Karachi, Djakarta, Kanton och Calcutta. I dessa fall inräknas då ett stort antal förstäder. Det finns sålunda endast ett fåtal i Europa och definitivt inga i Norden och den fortsatta utvecklingen visar på absolut störst tillväxt i framförallt Asien och Afrika.

Urbaniseringen erbjuder utveckling, tillväxt, innovation, kreativitet och kulturell mångsidighet. Samtidigt medföljer ett flertal problem. Städerna breder ut sig över områden som tidigare kan ha varit bra odlingsmarker. Därmed minskar odlingsarealen vilket kan bidra till matbrist. Det är vanligt att grönytorna minskar vid stadsförtätning. Fler människor flyttar in till städerna än det finns bostäder och arbetsplatser. Städerna blir i ökad omfattning sårbara system, eftersom inflyttningen kan medföra sociala och miljömässiga problem ledande till segregering. Många av de nya invånarna bosätter sig i kåkstäder. De byggs ofta på ej idealiskt placerade områden. Det kan dessutom konstateras att totalt sett är ett flertal städer i sin helhet lokaliserade på sådana platser att de lätt kan utsättas för geologiska processer som vulkanism, seismik,

TEXT Kennert Röshoff och Lars Persson

Urbaniseringen är sedan länge ett faktum i världen. 30 procent av världens befolkning bodde 1950 i städer, år 2000 var det 47 procent och 2008 kommer det att vara 3,3 miljarder människor, det vill säga mer än hälften av jordens befolkning, som

när städerna växer

ras, skred och översvämningar, det vill säga på klart olämpliga platser. Möjligheterna att flytta städer eller delar av städer är små och varningar från geovetare tas ej på fullt allvar – det har ju inte hänt något på lång tid. Vid urbanisering ökar trafiken och därmed ökar riskerna totalt för luftföroreningar. Befolkningen ställer krav på energi och vatten av god kvalitet. I sin tur produceras mängder av avloppsvatten men även avfall som ska hanteras och deponeras.

London och kanske Paris är de enda städerna i Europa, exklusive Ryssland, som uppfyller kriteriet att vara megastäder. I underliggande hierarki återfinns de olika nationernas huvudstäder, till exempel Stockholm, Köpenhamn och Oslo. Utöver detta finns städer som betraktas som "specialiserade". Inom de finansiella och kulturella sektorerna kan nämnas Zürich, Frankfurt, Milano, Barcelona med flera. Inom Europa finns en inre cirkel av stora städer med London, Paris, Amsterdam som centrum omgivna av huvudstadsregioner inom 500-700 kilometers avstånd som omkring år 2010 kommer att vara förbundna med snabba tågförbindelser. Köpenhamnsregionen ligger inom detta avstånd. Det är fullt möjligt att Öresundsregionen utvecklas till en megastad.

Även om de nordiska länderna hittills inte kan uppvisa några egentliga megastäder så är de problem som följer med en omfattande urbanisering också giltiga här. Miljöproblemen är omfattande och rör hälsa, avfallshantering, ren luft och rent vatten. En

strukturerad planering av natur- och energiresurser är nödvändig. Frågor om markanvändning är centrala för utveckling av infrastruktur, byggverksamhet och industriell aktivitet. Man kan nu tydligt se att man i tätortsområden försöker bygga eller det finns tankegångar att bygga på höjden, även att lägga vägar, järnvägar och spårvägar upphöjt. Eftersom det endast finns begränsade ytor för expansion kommer underjordsbyggandet av nödvändighet att kraftigt öka. Vår berggrund kommer att i allt högre grad utnyttjas för transporter, förräds- och lagringsutrymmen, parkeringsplatser och garage men kanske även till kontor och bostäder. Det är redan en verklighet i många andra länder.

Det finns ett flertal exempel på avslutade, pågående och planerade infrastrukturprojekt i Sverige som ansluter till befolkningskoncentrationernas expansion. Som exempel kan i Stockholm nämnas Södra och Norra länken, yttre Tvärleden, Citybanan, tvärspårsvägsutbyggnaden och neddragningen av kablar i tunnlar i berggrunden. I Göteborg kan nämnas Götatunneln, Nord- och Västlänken, Ringen med mera och i Malmöregionen den stora satsningen avseende Citytunneln med anslutning till Öresundsbron. Dessa tre regioner; Skåne-Öresund, Stockholm-Mälardalen och Göteborgsområdet kommer att få allt större betydelse i framtiden.

Genom satsningar inom Stockholmsregionen har man genom snabba tågförbindelser länkat samman



städerna i Mälardalen med Stockholm och Arlanda flygplats. Detta har medfört att familjer kan flytta till ytterregionen men ändå ha pendelavstånd till kontoret i City. Satsning pågår i närregionen till City med byggandet av Citybanan för att öka pendeltågstrafiken. Stockholms central och station Odenplan blir två stora stationer med nya pendeltågsstationer sammanbyggda med bland annat tunnelbanan. Storstockholms lokaltrafik (SL) planerar nya tvärbanor Slussen-Salt-sjöbaden och Alvik-Solna samt en ny tunnelbana från Odenplan till Karolinska Sjukhuset. Ytterligare en byggetapp på Ringen har påbörjats med Norra Länken, där det norra vägnätet till stora delar läggs i berg-tunnlar.

Bergbyggandet är för övrigt av tradition stark i de nordiska länderna. I Sverige med en stabil berggrund är möjligheterna obegränsade. Detta har även utgjort basen för utvecklingen av världsledande teknologier inom sprängmedelsframställning, ventilationsteknik, bergmaskinteknik för borrhning i berg och bergförstärkning. Sverige har flera större gruvbolag och gruvindustrin har genom metodutveckling och mekanisering med framgång klarat konkurrensen från låglöneländer. Dock har bergbyggande under de senaste 10-15 åren stadigt minskat i Sverige med resultat av förlorad teknisk kompetens hos entreprenörerna. Detta visar sig idag ödesdigert för de stora satsningar som nu måste göras för de planerade infrastrukturprojekten. Det fattas åtminstone 200 bergtekniker.

Urbant undermarksbyggande ställer mycket stora krav på tekniskt kunnande och erfarenheter för projektering och genomförande. Hänsyn måste tas till de geologiska, hydrogeologiska och bergtekniska förutsättningarna på plats, men minst lika viktiga parametrar är de störningar och konfliktpunkter som uppstår dels med befintliga anläggningar under mark, till exempel tunnelbanan i Stockholm, och dels med den intakta gatu- och boendemiljön. Lager och förordningar ska följas och uppfyllas så att negativ påverkan på tredje man minimeras, såsom vibrationer från sprängningsarbetet.

Urbant byggande ställer också stora krav på geovetenskapliga undersökningar för ökad kunskap om geologi och materialegenskaper på djupet, resurser och risker, varvid 3- och 4-dimensionellt modellbyggande blir viktiga redskap. Kunskapen om materialet blir allt viktigare i perspektivet byggande men även användande där konceptet rätt material till rätt ändamål gäller. Tunneltekniskt har normalt borrhning och sprängning nyttjats, men även så kallade tunnelborrmaskiner (TBM) används för att minimera vibrationer i känslig miljö. Behovet av ny teknik är stort inom områden för markundersökningar och bergschaktning så att man bättre kan göra prognoser av bergets egenskaper och därmed effektivare och med bättre precision genomföra ett tunnelbygge. Detta resulterar i lägre totala kostnader och minimering av negativa konsekvenser för berörda boende och fastighetsägare. Vertikala schakt har tagits fram genom sågning. Ny



FOTO: LARS PERSSON

Hongkong är en speciell administrativ region i Kina, söder om provinsen Guangdong. Drygt sju miljoner invånare bor på en yta om 1 095 kvadratkilometer (jämför med Sveriges yta som är mer än 400 000 kvadratkilometer). Sedan 1945 har 48 kvadratkilometer havsbotten torrlagts för att frigöra mer mark för bostäder, transporter och industrier. Hongkongs areal kommer att utökas ytterligare under kommande år. Källa: Natinonalencyklopedin, 2006.

teknik och hjälpmedel introduceras successivt såsom exempelvis laserscanning av bergytter, vilket också ger nya möjligheter till tolkning.

KENNERT RÖSHOFF är docent i bergmekanik, **BergByggKon-**sult AB. **LARS PERSSON** är fil.dr. Eur.geol. och ordförande i Svenska Nationalkommittén för geologi.

Stockholms geokemiska signatur

Wolfram, guld och antimon. Ny miljökartläggning visar Stockholms geokemiska signatur.

TEXT / BILD Madelen Andersson

Geokemi är kunskapen om förekomst och distribution av kemiska element på jorden. Den geologiska miljön är en källa till bland annat metaller. Befolkningstillväxt och industrialisering har lett till att mängden tillförda metaller som cirkulerar i teknosfären ökar kraftigt. Tätortsgenomskanning fokuserar på de urbana systemen i samhället. Statistisk bearbetning av kemiska analysdata avslöjar vilka metaller och metalloider som har antropogen (människlig) prägel i en tätort. Det innebär att den naturliga variation av metallhalter som beror av geologiska, kemiska, biogeokemiska och fysikaliska processer överstigs av metalltillskott som människan orsakat.

En nyligen genomförd miljökartläggning i Stockholm (2007) visar en bild av aktuell metallstatus och illustrerar elementens förekomst och halter i olika provmedier. Miljökartorna baseras på kemiska analyser av yttlig jord, underliggande morän och sediment samt näck- och husmossa. Provtagningspunkter har skett i urban miljö (tätort) samt rural miljö (tätortsnära) och bland annat har belastningskoefficient (medianhalt urbant/medianhalt ruralt) beräknats för elementen.

Wolfram, guld och antimon har hög belastnings-

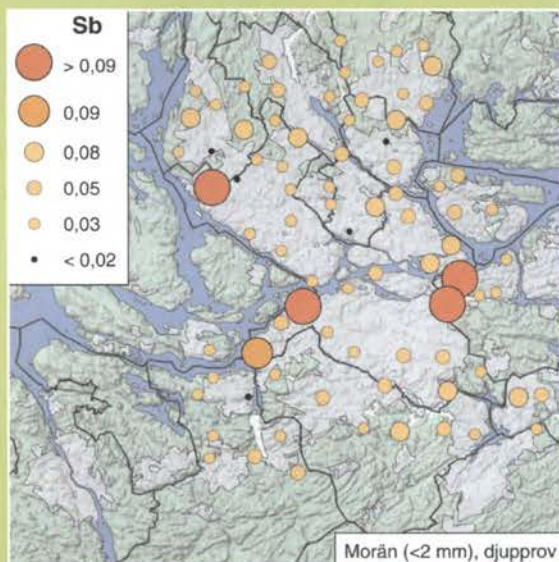
koefficient i Stockholms yttliga jord. Dessa tre kan därför sägas vara huvudstadens geokemiska signatur. I Göteborg är det sedan tidigare beräknat att belastningen är högst av koppar, zink och nickel och i Västerås är det koppar och wolfram som ger signaturen.

Antropogen (människlig) anrikning av metaller avslöjas också av kvoten mellan yttlig jord och underliggande jord. Element med kvot över 1 har antropogen karaktär men är kvoten mindre än 1 har elementen geogen karaktär. Även vid en sådan beräkning är det antimon och wolfram som är mest anrikade i markens yttliga lager i Stockholm. Mer att läsa om Stockholms geokemiska signatur i rapporten från SGU, se nedan.

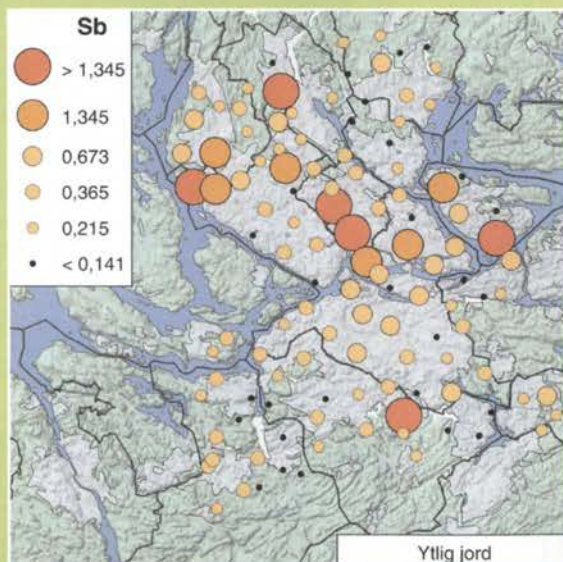
MADELEN ANDERSSON är statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning.

REFERENSER

Andersson, M., Jelinek, C., Ohlsson, S.-Å., Selinus, O., 2007: *Geokemiska kartan, Markgeokemi. Metaller i morän och andra sediment Östra Mälardalen med Stockholm*. Sveriges geologiska undersökning K77, 157 s.



Antimon är ett av de ämnen som karaktäriserar Stockholm geokemiskt. Kartorna ovan visar metalloiden antimon (Sb) förekomst (mg/kg) i morän och i yttlig jord. Den geologiska variationen av elementet representeras av moränkartan, medan kartan över antimon i yttlig jord visar en belastning främst orsakad av antropogena föroreningar. Antimonfördelningen i yttlig jord är främst relaterad till trafikerad miljö och till förbränning av sopor och skrot. Antimon har använts i hundratals år i produkter som skönhetsmedel, medicinska salvor och legeringar. Andra användningsområden finns inom glasindustrin och halvledartekniken och antimon ingår också i bromsbelägg och i flamskyddsmedel för elektronik, plaster och textil. Antimon är känt som en vanlig förorening i spillvatten från tätorter.



NYSATSNING INFÖR GEOLOGINS DAG

I år infaller Geologins Dag lördagen den 13 september. En rejäl nysatsning ska underlätta för lärare att uppmärksamma Geologins Dag i skolan. Och på ett åttiotial platser i hela Sverige bjuds besökare traditionsenligt på nya tipsfrågor, föredrag och prova-på-övningar.



Guldvaskning på Geologins Dag i Boliden. Foto Annika Wasström.

Med Planet Earth som sällskap väntas Geologins Dag 2008 bli extra intensiv. Nya arrangörer är välkomna – här finns inget maxantal. Tidigare arrangörer är välkomna tillbaka, ni kommer att känna igen er trots flera nyheter. En flirt med kommunbiblioteken lockade förra året nära tio procent av biblioteken att bli arrangörer på Geologins Dag med bokbord, tipsrunda och bildspel. En ytterligare ökning väntas i år samtidigt som Geologins Dag nu producerar material för att lärare ska kunna ge sina elever en minnesvärd upplevelse av geologi. Något som skolans egna resurser inte alltid räcker till för.

Förra året engagerade Geologins Dag cirka 450 arrangörer/funktionärer och besökarna var fler än 10 000 personer. Arrangemangen är spridda över hela landet och Geologins Dag infaller en lördag i september varje år sedan år 2001. Det lyckade konceptet har även spritt sig till våra grannländer. Arrangörens uppgift på Geologins Dag är att bjuda in allmänheten och visa hur roligt, viktigt och intressant geologi är. Till hjälp får du massor av material och stöd av föreningen bakom Geologins Dag.

Mer att läsa på www.geologinsdag.nu.

Kontaktperson är Martin Testorf, tel 0709-42 90 11.

BEHOV AV MER GEOLOGI I GYMNASIESKOLAN!

Alla som är engagerade i natur-, miljö- och resursfrågor i vårt land behöver en dos med geologisk grundkunskap! Geografilärarnas Riksförening verkar för att främja geologiundervisningen i gymnasieskolan.

Alla läsare av Geologiskt forum är nog överens om att geologi bör komma in mer i undervisningen i skolan, oavsett vad som händer med gymnasiets läroplan de närmaste åren. I Geologiskt forum nr 55 framhöll Magnus Hellqvist att naturvetarlärare och geografilärare är en resurs, men också att lärarna måste få stöd.

I de nationella styrdokumenterna för geografi i grundskolan och gymnasieskolan framträder kunskapsområden som landskapsbildning och förändring, naturresurs-hushållning och miljöpåverkan. Att en grund i geologi behövs för en sådan undervisning borde vara självklart och det framgår också tydligt i de läromedel som används i skolgeografien.

Geografilärarnas Riksförening betonar i alla sammanhang att geografi är ett tvärvetenskapligt ämne. En utbildning/fortbildning för skolans geografilärare måste innefatta såväl geovetenskapligt som samhällsvetenskapligt anknuten ämnesteorier. Geografifämnets bredd har också understrukits i anslutning till läroplans- och kursplanearbete och vid uppvaktningar på utbildningsdepartementet.

För stimulans och stöd behövs fortbildning i alla

tänkbara former och Geogilärarnas Riksförening följer flera spår för att främja kunskaper och förståelse i geologi och visa hur nödvändigt det är med sådana insikter för att arbeta med resurs- och miljöfrågor. Under de senaste åtta åren har föreningen ökat antalet fortbildningstillfällen med inriktning på geologi. Riksföreningens kretsar har hållit studiedagar och ordnat geografiseminarier med geologiska teman och i Västerbottensfjällen har föreningen arrangerat Geologins Dag med fokus på Kaledonidernas geologi i teori och praktik, med sammantaget över 1 000 deltagare genom åren. Riksföreningens kvartalstidskrift Geografiska Notiser är ett annat forum för bred lärarfortbildning.

*/ SOLVEIG
MÅRTENS-
SON, docent, ti-
digare mångårig
studierektor
i geografi
vid Lunds
universitet
och under 26
år redaktör för
ämnestidskrif-
ten Geografiska
Notiser.*



Geologins Dag i Klimpfjäll

Geografilärarnas Riksförening har varje år sedan 2001 varit värd för Geologins Dag i Klimpfjäll.

Geologins Dag kan genomföras på många sätt. Till Klimpfjäll, som ligger i sydligaste Lapplands glesbygd, långt från större tätorter kommer hundratalet deltagare varje år, däribland många lärare. År 2003 deltog även en gymnasieklass från kusten. År 2007 hölls två arrangemang, med olika inriktning. Det är geografiläraren Annica Grundström, ordförande i Geografilärarnas Riksförening som sedan 2001 lagt ner ett mycket omfattande arbete med att årligen arrangera Geologins Dag i Klimpfjäll. Medverkade 2001 gjorde bland annat professor Reinhard Greiling, Heidelberg, som hade etablerat en forskningsstation i området (med stöd från Villhelmina kommun) samt det geologiska museet Villa Heidelberg.

Officiellt är det Geografilärarnas Riksförening som har varit värd för Geologins Dag i Klimpfjäll. Dagarna har genomförts på svenska och engelska i samverkan med Ruprecht-Karls-Universität i Heidelberg fram till och med 2006 och universitetet i Karlsruhe från 2007. Allt sedan starten har dagarna haft olika teman (se nedan) och alltid innehållit vetenskapliga föreläsningar om aktuella forskningsrön med anknytning till fjällkedjans geologi och presentationer av nya metoder – samt på eftermiddagar en konkretiserande halvdags-exkursion eller fältarbete.

Ansvarig för geologidagarnas vetenskapliga innehåll har varit ovan nämnde Reinhard Greiling, professor i strukturgeologi och tektonisk fysik, som tillsammans med tyska kolleger hållit många föreläsningar och varit ledare för exkursionerna. Även professorer och andra disputerade forskare vid svenska universitet (såsom Stockholms universitet, Umeå universitet och Uppsala universitet) har föreläst. Årligen har också den ansvarige för Mineraljakten deltagit, liksom andra representanter från Sveriges geologiska undersökning.

Dagarna har haft följande teman

- 2001. Fjällens geologi – vetenskap och tillämpning. Föreläsningar och exkursion till det tidigare gruvområdet vid Stekenjokk.
- 2002. Natursten i Sverige – fjällens bergarter och deras användning. Föredrag på museet i Klimpfjäll och exkursion till mylonitbrottet vid Stalon.
- 2003. The Snowball Earth. Inledande genomgång (med forskare från fyra länder) av de senaste rönen om kontinentaldrift och jordens klimat och därefter exkursion till Trappstegsforsen med 600 miljoner år gamla istidsavlagringar.

- 2004. Istid på en öbåge. Föreläsningar och besök vid sedimentbergsartssekvens påverkad av havsnivåförändringar under senordovicium.
- 2005. Sprickor i fjällberggrunden, spår efter jordbävningar? Föredrag och exkursion till Stekenjokk. Demonstration av georadar och EMR-mätningar.
- 2006. Plattektionik och fjällens naturresurser. Föredrag och fältarbete. Presentation av den senaste 3D-tekniken med satellitbilder och höjddata.
- 2007. Geologins Dag i Klimpfjäll firade Linné 300 år med programmet Fjällens bergarter – en naturresurs – även för växtriket. Karlsruhe universitet samarbetade med Västerbottens Botaniska förening och Skogsstyrelsens projekt Vilhelmina Model Forest. Geologins Dag i Ammarnäs: Aktuell geologisk forskning vid Vindelälvens forskningsstation inom Ammarnäsområdet.

Andra arrangemang inom Riksföreningen

År 2001 genomfördes en fyradagars geologisk och kvartärgeologisk sommarexkursion längs Vildmarksvägen med närmare 30 deltagare från hela landet med inledande föreläsningar av professor Greiling och med närstudier i bland annat Bjurälvens karstlandskap och vid Stekenjokk, Stalon och Trappstegsforsen.

Flerdagsseminarierna på riksnivå vartannat år har vanligen geovetenskapliga inslag. År 2008 blir temat expansionen i Öresundsregionen och Citytunnels chefsgeolog ska medverka med en föreläsning.

Riksföreningens sju regionala kretsar ordnar exkursioner och temakvällar runt om i landet. Bland annat kan nämnas en heldagsexkursion i Mellanskåne 2006, ledd av professor Per Sandgren vid Geologiska institutionen i Lund.

Riksföreningens kvartalstidskrift Geografiska Notiser innehåller i de flesta nummer artiklar och/eller recensioner med inriktning på geologi, kvartärgeologi, hydrologi eller meteorologi, naturresurshushållning eller vattenfrågor, generellt eller med regional anknytning. Den informerar också ofta om universitetskurser och föreläsningar av intresse för geografilärare, exempelvis i geovetenskap. Riksföreningens hemsida www.geografiforaget.se ger ännu bättre möjlighet att sprida sådan aktuell information.

/ SOLVEIG MÅRTENSSON

"Medicinsk geologi berör människor

Myten om den rena naturen måste spräckas. Geologiska förutsättningar påverkar människors och djurs hälsa i mycket större utsträckning än vad många tror – på gott och ont – och det är inte alltid lätt att se sambanden.

TEXT Olle Selinus

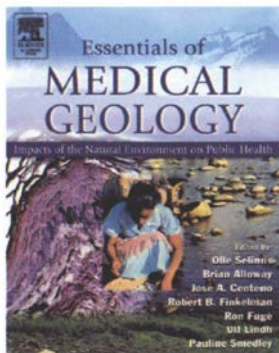
Många människor går i villfarelsen att den orörda naturen är det renaste vi har, att mineralvatten på flaska är bättre än kranvatten, att vi inte behöver tillsätta näringsämnen för att få bättre grödor etc. Men faktum är att det långt ifrån är på detta sätt. Vi lever i naturen, vi är beroende av naturen för vårt vatten, våra näringsämnen, våra grödor men naturen styr också det vi ofta får i oss. Naturen, eller vår geologi, varierar avsevärt från ett ställe till ett annat. Innehållet av olika ämnen varierar också kraftigt vilket är långt ifrån känt bland allmänheten. Vi är beroende för vår överlevnad av vad som förekommer naturligt men problemet är att naturen kan innehålla för höga halter av ämnen och metaller som leder till förgiftningar och även för lite av nödvändiga näringsämnen som leder till bristsjukdomar. Otillräcklig tillförsel av mineral, spårämnen och spårelement liksom felbalanserad diet leder till störningar av hälsan. Detta kan medföra såväl brist- som förgiftningssjukdomar.

Metallförekomst i ogynnsam form eller koncentration i berggrund och jordar kan vara en direkt risk för djurs och människors hälsa och vara den bakomliggande orsaken till uppkomst av såväl brist- som förgiftningssjukdomar av metaller och andra essentiella element. Vi måste använda denna kunskap för att

kunna fatta rätt beslut både på lokal och regional nivå och av individer, tjänstemän och politiker. På 1990-talet startade i Sverige en ny disciplin, medicinsk geologi, den "bortglömda" halvan av miljömedicinen. Den har efter lanseringen spridits snabbt över hela världen. Den ingår nu i universitetsundervisning i många länder och är en naturlig del av miljöarbetet i många länder samt har löst allvarliga miljöproblem. Den är också ett av temaområdena i International Year of Planet Earth.

Medicinsk geologi studerar hur geologin påverkar vår hälsa och handlar om hur olika ämnen som finns naturligt i berg, jord och vatten kan orsaka sjukdomar hos människor och djur. Medicinsk geologi har lett till omfattande samarbete mellan geologer, medicinare, toxikologer, epidemiologer, biologer etc.

Medvetandet om naturens påverkan på människans hälsa har gamla anor. Redan Hippokrates såg för 2 400 år sedan kopplingar mellan vatten och hälsa. Vid samma tid observerade också kineserna att det fanns en koppling mellan lungsjukdomar och bly vid stenkrossning. En viktig person var Paracelsus på 1500-talet som påpekade att det inte är ämnena som sådana som orsakar sjukdomar utan dosen. Elementen kan vara livsnödvändiga i vissa koncentrationer och giftiga i andra. Det finns livsnödvändiga element i naturen som vi inte kan klara oss utan, till exempel kalcium, magnesium, kalium, natrium, krom, koppar, fluor, jod, järn, mangan, molybden, selen och zink. Det finns också element som inte är nödvändiga utan bara skadliga, nämligen arsenik, kadmium, bly och kvicksilver. Vi inser att berggrunden och jordarna kan vara en direkt



Till vänster: Geologin påverkar miljön på många sätt. Vulkanutbrott kan släppa ut mer metaller och andra ämnen än stora industrier. Krafla, Island, 1980. Foto: Olle Selinus.

Till höger: Det nya standardverket inom medicinsk geologi: *Essentials of Medical Geology*.

runt hela jorden"

Självlklart är det inte bara människan utan allt liv på Jorden som berörs av de frågeställningar som den medicinska geologin väcker. De svenska älgarna i Västsverige som fick en mystisk sjukdom kallad Älvsborgssjukan är ett av många exempel där kunskaper om medicinsk geologi bidragit till att belysa orsaker och verkan och därmed också möjligheterna att vidta väl avvägda åtgärder. Foto: Michael Schat.



risk för djurs och människors hälsa om de innehåller för höga metallhalter, men även om de innehåller för låga halter vilka kan ge upphov till bristsituationer. Geologin har alltså stor påverkan på vår hälsa.

Ett tydligt exempel på naturens påverkan är vulkanen Pinatubo. Varje dygn har ett 60-tal vulkaner på jorden yta utbrott, och över 5 000 utbrott på oceanbotten, vilka förorsakar ofattbart stora mängder nedfall. Under två dramatiska junidygn på Filippinerna 1991 slungade till exempel Pinatubo ut 2 miljoner ton zink, 1 miljon ton koppar, 1/2 miljon ton kadmium, 550 000 tusen ton krom, 800 ton kvicksilver, 20 miljoner ton svaveldioxid och många andra ämnen. Mycket av detta faller naturligtvis ner nära vulkanerna, men en hel del transporteras över hela jorden och deponeras också i Sverige. Till exempel är hälften av svavlet i det sura nerfallet naturligt.

Stoftmoln från stormar över de stora öknarna kan också snabbt spridas över jordklotet. Partiklar från Gobiöknen i Asien kan nå södra USA inom en vecka och även Skandinavien. På dessa partiklar kan finnas mikrober – 140 olika är identifierade – varav vissa kan förorsaka andningsproblem. I Karibien möjliggör satellitövervakning att varningar kan utfärdas innan dessa stoftmoln når området.

Medicinsk geologi berör människor runt hela jorden. Det finns många exempel på hälsoeffekter internationellt och här nämns några enstaka av dem:

På Balkan finns en allvarlig njursjukdom som heter "Balkan Endemic Nephropathy" (BEN) som ett par hundra tusen människor dött av. Medicinska geologer har under de senaste åren i samarbete med medicinare visat att orsaken är dricksvatten från brunnar som innehåller för höga naturliga halter av organiska ämnen som kommer från en lågvärdig typ av kol, lignit, som borrhålen går igenom. Under de senaste fyra åren har vi också påvisat samma sjukdom med samma orsaker i både USA, Portugal och Turkiet. Genom att man vet orsaken kan vattnet tas från annat håll och på detta sätt kan geologer rädda många människors liv.

Fluor är ett intressant spårelement. Det är välkänt vad som inträffar vid överskott eller underskott av fluor, men däremot kanske inte många tänker på att det är geologiska orsaker som ligger bakom deras

uppträdande. Redan i början av 1900-talet kände man till att höga fluorhalter i dricksvatten kunde leda till fluorosis. Samtidigt leder en måttlig förhöjning till starkare tänder. På många ställen i Indien, Kina och Afrika förekommer höga halter vilket leder till allvarlig fluorosis med ben- och leddeformiteter och invaliditet.

När det gäller brist på jod är struma en allvarlig sjukdom på många ställen i världen. Gemensamt för alla dessa områden är de mycket låga jodhalterna i dricksvatten, vilket i sin tur beror på låga halter i berggrunden men också avståndet till havet. Emellertid kan man undvika bristen på jod genom att använda chilesalter som gödningsmedel, gödningsmedel som baserar sig på fisk, tillsätta jod i salt etc.

Även i Sverige finns det många exempel på hur geologin påverkar hälsan. Det som de flesta hört talas om är radon. Men det finns också andra exempel. De låga spårmetallkoncentrationerna i de sedimentära bergarterna på Gotland och Öland (tidigare havsbotten) förklarar rapporterad kobolt- och kopparbrist och även selenbrist hos nöt- och fårboskap från dessa områden. Både kopparbrist och kopparförgiftning har rapporterats även från andra delar av landet med annan geologisk bakgrund.

Geokemiska/medicinska undersökningar har till exempel visat att barndiabetes, så kallad typ 1-diabetes är påtagligt högre i vissa delar av Sverige än i andra vilket sannolikt beror på låga halter av grundämnet zink i dricksvattnet.

Även hjärt-kärlsjukdomar kan vara beroende av geologin och man har kunnat visa att i Sverige minskar hjärt-kärlsjukdomar med ökande vattenhårdhet och ökning av sulfat och bikarbonathalterna i dricksvatten. Sådana undersökningar har gjorts på Akademiska sjukhuset i Uppsala bland annat med hjälp av biogeokemisk data från Sveriges geologiska undersökning, SGU. Variationerna i vattenhården beror på geologin.

Ett annat exempel är Älvsborgssjukan, eller älgdöden, där SGU tillsammans med veterinärmedicinsk expertis visat att orsaken sannolikt är en rubbad balans av molybden och koppar i älgarna beroende på den intensiva kalkningen i förusade områden där vi samtidigt har höga naturliga molyb-

denhalter i berg och jord. Om kobolt/molybdenkvoten i födan hos idisslare underskrider fyra fördubblade risk för kopparbrist, medan ett värde på över tio kan leda till kopparförgiftning. Genom undersökningar av 4 300 älgar hos Statens Veterinärmedicinska Anstalt, SVA, har man kunnat visa på att koppar/molybdenbalansen hos älgarna har rubbats kraftigt. Källan till förändringarna i spårelementbalansen i älgorgan måste sökas i födointaget och i samarbete mellan SVA och geokemister på SGU fann man detta orsakssamband mellan Älvsborgssjukan, naturliga halter av molybden och kraftig förändring av pH vid kalkning.

Andra exempel i Sverige är allt arbete som rör för höga radonhalter i luft och dricksvatten, pågående studier om relationen mellan multipel skleros (MS) och vår naturliga miljö, en studie över effekterna av Tjernobylnedfallet och om detta påslag på vår naturliga strålning kan förorsaka ökande problem. Listan är lång men ett ytterligare intressant ämne är arsenik.

Arsenik har under senare år blivit ett uppmärksammat element internationellt och även i Sverige. Den viktigaste källan är de naturliga halterna av arsenik från berggrund och mark som bland annat tar sig uttryck i höga halter av arsenik i grundvatten, brunnar och dricksvatten. Gränsvärdet för arsenik i dricksvatten baseras på livstidsrisken för cancer. Arsenik kan ge tumörer i hud, lunga och urinblåsa, möjligen även i lever och njure. Risken för negativa hälsoeffekter minskar om exponeringen minskar eller upphör. Det är således önskvärt att begränsa intaget av arsenik så långt det är möjligt. Detta gäller speciellt för barn, eftersom experimentella studier tyder på att foster och små barn kan vara känsligare än vuxna.

I Bengalen i Indien och Bangladesh finns alarmande exempel på hur geologin kan förorsaka allvarliga hälsoproblem. Byborna i dessa områden har tidigare använt ytvatten för bevattning av sina grödor. Nu har man fått hjälp från internationella biståndsgörarna att borra brunnar. Dessa framsteg har emellertid förorsakat en mänsklig katastrof. Genom det kraftiga upptaget av vatten har arseniken i underliggande sediment mobiliserats och kommit ut i vattnet. Vattnet innehåller mycket höga halter av arsenik. Vissa anser att så många som 40 miljoner människor har förgiftats.

Allt oftare kommer nu larm om arsenik i bland annat brunnar även i Sverige. Som exempel kan nämnas larm i Piteå i november 2004. Eftersom SGUs morängeokemi visade att en stor del av kommunen har arsenikhaltig berggrund har kommunen analyserat många brunnar, och det har visat sig att brunnar med alltför höga arsenikhalter inte är ovanliga i kommunen. Förhöjda till höga halter av arsenik i grundvatten återfinns även på många andra ställen i Sverige, i Västerbotten, Skelleftefältet, och i östra Mellansverige men även i brunnar i andra områden. Utanför Skelleftefältet är de flesta förhöjda arsenikhalterna knutna till äldre sedimentbergarter. Områdena med förhöjd arsenikhalt i morän tycks vara större i Sverige än i Finland.

En annan internationell källa för arsenik är också koleldning. En betydande del av världens befolkning

använder sig av kol för uppvärmning och matlagning. Detta kan i många fall vara katastrofalt. I Kina löper till exempel ett par hundra miljoner människor risk att bli arsenikförgiftade på grund av höga arsenikhalter i kolet. Hela byar har drabbats av cancer pga detta. Medicinska geologer har bidragit till förbättrad hälsa genom att ta fram enkla "test kits" där befolkningen enkelt kan testa om kolet innehåller arsenik. Om så är fallet bör man bryta kol på andra ställen.

I Sverige finns alltså många exempel på hur geologin kan påverka hälsan. Som det viktigaste underlaget för sådana undersökningar används geokemiskt material på SGU, både biogeokemi och markgeokemi. Vi har sett att de naturliga arsenikhalterna i delar av Västerbotten är mycket höga i mark och att kadmiumenthalterna är höga i delar av Skåne. Även bland annat sulfidlorer eller svartmockor längs våra kuster och i Mälardalen släpper från sig höga halter av metaller när de bearbetas. Ibland är det med andra ord bättre att låta marken ligga orörd om man vet att den innehåller giftiga ämnen som kan komma ut i vattendrag och sjöar. Geokemiska databaser är alltså ett nödvändigt underlag för att kunna bedriva sådana studier.

Men inte bara i Sverige finns sådana geokemiska databaser. I många andra länder bedrivs också denna typ av verksamhet. I Europa finns till exempel ett nyligen avslutat projekt som innebar att ta fram homogena geokemiska databaser över hela Europa. Dessa beskrivs närmare på nästa sida.

Satsningen på medicinsk geolog sker internationellt. Med bas i Sverige genomförs kursverksamhet över hela världen (i cirka 40 länder sedan 2001) och en internationell organisation, International Medical Geology Association (IMGA) har byggts upp med ledningen i Sverige. Medicinsk geologi ingår som en naturlig del i många geologiska undersökningar nu och även i strategier för framtiden, till exempel inom USAs vetenskapsråd. Den omfattande boken *Essentials of Medical Geology* utgavs 2004. Den har fått flera internationella utmärkelser som en av de bästa böckerna inom medicin, geologi och geografi.

Det händer mycket inom området medicinsk geologi. Om ni vill hålla er underrättade om utvecklingen rekommenderas hemsidan som uppdateras flera gånger varje månad: <http://www.medicalgeology.org>

Den slutsats man bör dra är således att man inte kan ignorera vår naturliga miljö när det gäller hälsan. Geologin har stor betydelse och därmed bör det vara en skyldighet för beslutsfattare och planerare att ta hänsyn till detta för att på bästa sätt minimera de risker som finns: trots allt är hälsan viktigast för oss människor.

OLLE SEUNU S, Nationalkommittén för geologi, Kungliga Vetenskapsakademien, är också 1:e statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning.

En europeisk geokemisk atlas

Arbetet med att ta fram en europeisk geokemisk karta har blivit lyckat och väl emottaget. Vinsterna är många och liknande projekt har nu startats i Asien, Nordamerika och Australien.

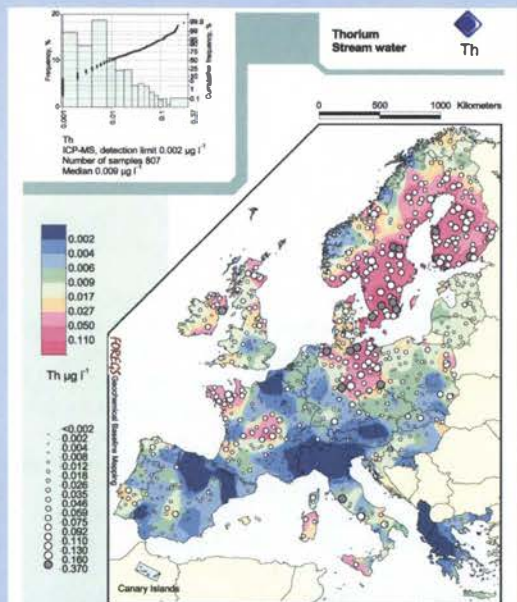
Jordens geologi har varit föremål för studier under hundratals år, för jakt på naturresurser, rent geovetenskapliga frågor, eller för olika miljöändamål. Sedan några årtionden tillbaka har geokemister studerat hur olika naturligt förekommande ämnena fördelar sig från plats till plats, så kallade geokemisk kartläggning. Till en början var det ofta rent ekonomiska intressen i form av mineralprospektering som drev undersökningarna, men geokemisk kartläggning har också visat sig vara ett viktigt kunskapsunderlag för olika miljöfrågor.

I och med att analysmetodikerna förfinades och att kostnaderna för analyser sjönk betydligt ökade geokemisk kartläggning snabbt. Enligt en inventering som utfördes i mitten av 1990-talet fanns runt 120 olika geokemiska databaser enbart i Europa. Dessvärre varierade provmedier, analysmetodik och antalet analyserade parametrar så mycket att det var svårt eller omöjligt att skapa sig en helhetsbild av bakgrundshalter i vår miljö. Detta hade många geokemister anat länge, men 1986 (efter Tjernobylyckan) blev det uppenbart även för andra att det saknades internationellt sett jämförbara data om tillståndet i miljön. Därför påbörjades informella men konkreta diskussioner om att skapa ett enhetligt beslutsunderlag.

Efter en hel del diskussioner utfördes två pilotprojekt finansierade av IGCP (International Geological Correlation Programme). I översikten av geokemiska databaser i Europa påpekades även att statliga geologiska undersökningar, eller motsvarande institutioner, av flera skäl var särskilt lämpade för att utföra en internationell kartläggning. Därför beslöt FOREGS (Forum of European Geological Surveys' Directors) att starta ett projekt benämnt FOREGS Geochemical Baseline Mapping Programme. Sverige representerades av SGU, Sveriges geologiska undersökning.

Arbetet har nu slutförts under EuroGeoSurveys (EGS), sammanslutning för de nationella geologiska undersökningarna i Europa. Totalt deltog 26 europeiska länder, och information från projektet har publicerats i två geokemiska atlaser (Geochemical Atlas of Europe Part 1 & Part 2) som omfattar 360 geokemiska kartor, statistik samt tolkning av resultaten. Samtliga resultat, inklusive databaserna, är fritt tillgängliga på internet www.gtk.fi/publ/foregsatlas/. De analyserade provmedierna omfattar jordprov (ytlig jord och djupprov), rinnande vattendrag, olika sediment, humus med mera.

Resultaten kan, trots den låga provtätheten (sammanslagt cirka 800 provlokaler i de deltagande länderna), användas för en lång rad olika syften. Bland är materialet av stort intresse för EU's arbeten med olika direktiv. Dessutom kan resultaten bidra till kunskap om hur



Ett vanligt drag i de geokemiska kartorna är att de nordiska länderna kraftigt avviker från huvuddelen av det övriga Europa. Det radioaktiva grundämnet torium (Th) är ett utmärkt exempel på detta, medan halterna i jord i Sverige är relativt blygsamma sett i ett europeiskt perspektiv, är halterna i rinnande vattendrag bland de högsta. Detta beror på att våra bergarter och vårt klimat resulterar i ytvatten som kemiskt betar sig på ett för Europa ovanligt sätt. Kan man inte visa på den typen av information finns det uppenbar risk att gemensamma beslut om gränsvärden hamnar snett, eller att studier av miljöns tillstånd blir helt felaktiga. Studier av bakgrundshalter och spridning i miljön är nödvändiga, till och med i kontinental skala!

geologin påverkar miljö och hälsa, hur jordar och vattendrag påverkats av mänsklig aktivitet m m. Kartläggningen väcker även rent geovetenskapliga frågor. Exempelvis finns flera exempel på hur olika grundämnen uppvisar drag i kontinental skala – drag som varken kan förklaras med kända geologiska processer eller mänsklig aktivitet.

Erfarenheterna från projektet visar att det på intet sätt är en helt smärtfri process att bedriva samarbete med många länder involverade. Resultatet blev dock mycket gott, och i nuläget pågår – eller planeras för – liknande projekt såväl i Nordamerika, Australien som i Asien. De kontakter som knöts inom ramen för projektet finns kvar, och nya aktiviteter över Europa diskuteras som bäst inom ramen för EuroGeoSurveys.

KAJ LAX är statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning.

Livet på jorden



Det vimlar av liv i alla dess former på jorden. Att förstå dynamiken bakom livsprocesserna är inte enkelt. Men ett är säkert. Förutsättningarna för liv kan snabbt förändras, det framkommer inte minst vid en tillbakablick i jordens historia.

TEXT Stefan Bengtson

Det är inte svårt att tänka sig en jord utan liv. Solsystemet vimlar ju av synbarligen livlösa planeter, dvärgplaneter och månar. Liv utan en jord? Visst kan man tänka sig det (annars skulle vi knappast ha någon science-fiction), men livet, som vi hittills känner det, är oupplösligt förenat med jorden. Geologi "utan biologi" är därför ofullständig, och tvärtom.

I de vidsträckta gränstrakterna mellan geologi och biologi befinner sig vetenskaper som evolutionsbiologi, paleontologi och geobiologi. Evolutionsbiologen studerar evolutionsprocesserna och organismernas evolutionshistoria, paleontologen de fossila vittnesbörden om livets historia, och geobiologen samspelet mellan biologiska och geologiska processer. Ofta förenas dessa aspekter i den unga vetenskapen astrobiologi, studiet av livet i ett universellt perspektiv. Genom att föra in detta perspektiv kan vi bättre förstå både det jordiska livet och eventuellt liv på andra håll i universum.

Till exempel är frågan om när livet etablerades på jorden av central betydelse. Om det skedde så fort förhållandena blev drägliga kan det tolkas som att livet på något sätt är invävt i universums struktur, att det manifesterar sig varhelst det är möjligt. Likaså vill vi veta i vilka slags miljöer det jordiska livet uppstod, och hur detta genom årmiljarderna påverkade och påverkades av luft, vatten och geologiska processer. Svaren på båda frågorna påverkar sannolikheten att hitta utomjordiskt liv.

James Lovelock, som utvecklade den fascinerande (och ofta missbrukade) teorin om jorden som en självreglerande organism, Gaia, påpekade att bara genom att se på sammansättningen av en planets atmosfär skulle man kunna säga om där fanns liv av jordisk typ. En syrerik atmosfär som jordens (med för närvarande cirka 21 procent fritt syre) är, som varje bilägare vet, mycket korrosiv. Lämnad åt sig själv skulle jorden snabbt oxideras, och det fria syret skulle försvinna. En atmosfär som inte är i kemisk jämvikt med sig själv och med sin planets yta behöver någon process som vidmakthåller den. En sådan process är liv. Så med detta kosmiska perspektiv, låt oss rikta blicken mot jorden.

Jorden och livet i samverkan

Det är svårt att hitta någon punkt på jordytan där det inte finns liv. Antarktis istäcken, de kokande källorna i Yellowstone, Atacamaöknen i Chile, världshavens djupaste bottnar, alla kryllar de av liv, om man ser efter nog. Till och med djupt nere i berggrunden finns det

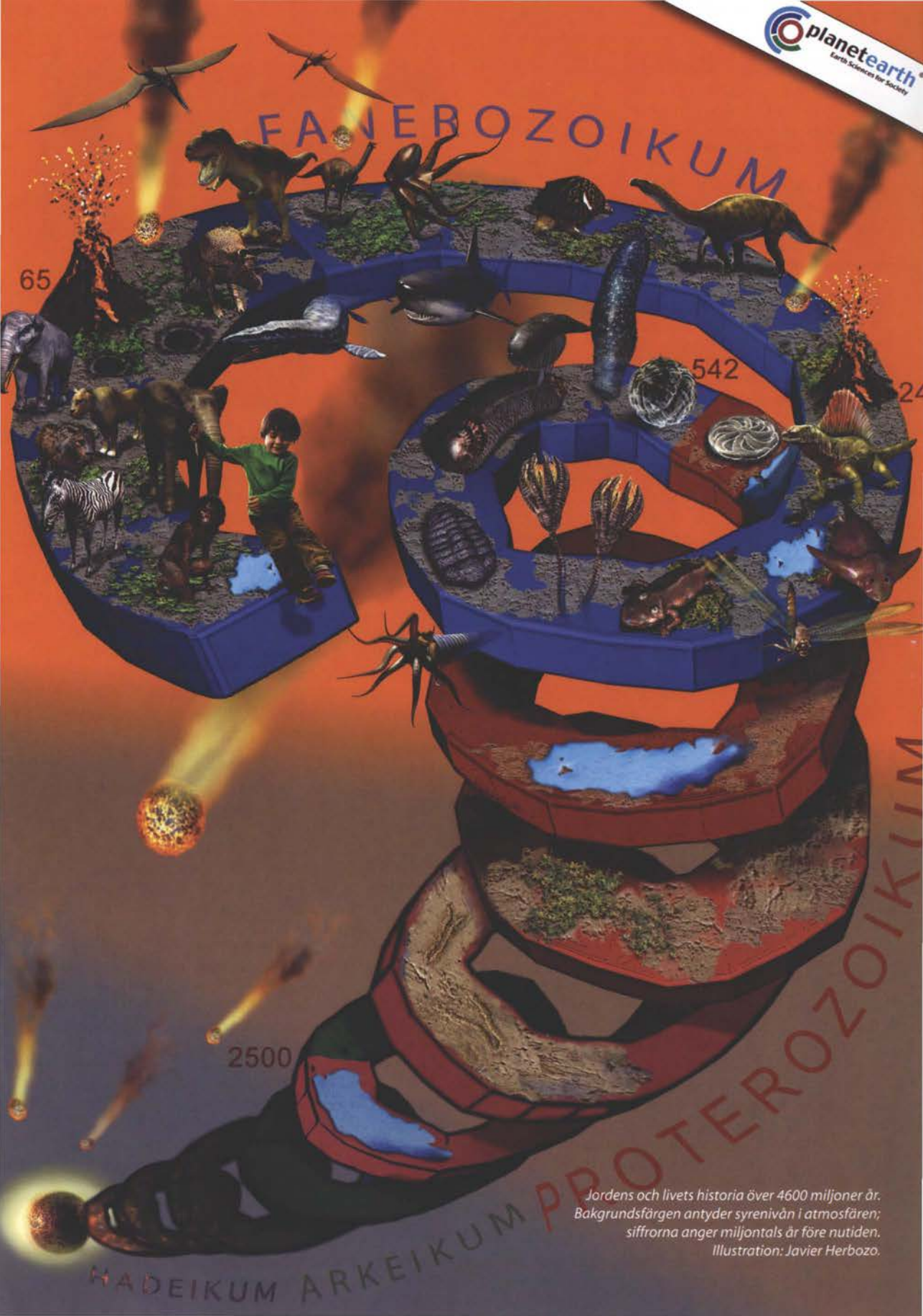
gott om mikroorganismer. Lavan som sprutar ut från en vulkan i utbrott må vara steril, men så fort den har svalnat börjar kolonisationen.

Det finns alltså gott om möjligheter för livet att påverka de geologiska processerna, vilket det också gör. När berg vittrar ned till slätt (det kan ta några hundratals miljoner år, men så småningom går det) är mikroorganismer i högsta grad inblandade, liksom svampar och lavar, både genom att producera ämnen som löser upp mineralkornen och genom att aktivt använda mineralen som näring eller substrat.

Livet är också en viktig faktor i många ämnens kretslopp i naturen. Allt levande innehåller ju höga halter av kol, så det är knappast förvånande att kolets kretslopp på jordytan i stor utsträckning styrs av livet. Detsamma gäller syre, kväve, svavel, kisel, fosfor och ett antal andra grundämnen, för att inte tala om mer sammansatta ämnen, som vatten, koldioxid och metan. Fördelningen av alla dessa ämnen i hav, på land, och i luften bär livets signatur, och Lovelocks kommentar att en planets atmosfär avspeglar dess livsprocesser gäller alltså inte bara syre, utan också många andra ämnen (och den kan utsträckas till hav, sjöar och landtytor).

Alla dessa ämnen är nödvändiga för livet i olika former, men vad som snabbast skulle fälla oss energi-krävande djur till marken vore brist på fritt syre. Syre är mycket effektivt på att suga åt sig elektroner vid oxidering, vilket kan frigöra stora mängder energi. När vi andas oxiderar vi organiska kolföreningar med hjälp av syre, och vi producerar koldioxid och vatten. Utan syre kvävs vi snabbt. Så det kan vara idé att fundera över varför det finns fritt syre i luft och hav, varför detta reaktiva ämne inte snabbt ingår förening med andra ämnen och försvinner ur cirkulationen.

Det välbekanta svaret (på jorden!) är att det fria syret hela tiden nyproduceras genom de gröna växternas fotosyntes. Med hjälp av solenergi och klorofyll omvandlar växterna koldioxid och vatten till organiska ämnen, och frigör därvid syre. Men det är inte hela svaret. Organismer bryter ju ned dessa ämnen igen, och då går det åt lika mycket syre som en gång användes vid produktionen. Om det biologiska kretsloppet hade varit fullständigt skulle allt syre som frigjordes vid fotosyntesen åter förbrukas genom andning. Men här kommer det geologiska kretsloppet in: En del av det producerade organiska materialet begravs i syrefria miljöer och kommer så småningom att fossiliseras som exempelvis kol, olja eller gas. Det kretsloppet tar mycket längre tid, och då blir det syre över i



FANEROZOIKUM

65

542

2500

PROTEROZOIKUM

HADEIKUM ARKEIKUM

Jordens och livets historia över 4600 miljoner år.
Bakgrundsfärgen antyder syrenivån i atmosfären;
siffrorna anger miljontals år före nutiden.
Illustration: Javier Herbozo.

atmosfär och hav. Så växelverkar liv och jord på ett sätt som har fundamental betydelse för båda, och genom växelverkan mellan geologi och biologi håller vi på att bygga upp en fascinerande bild av hur förhållandena har utvecklats sig genom tiderna.

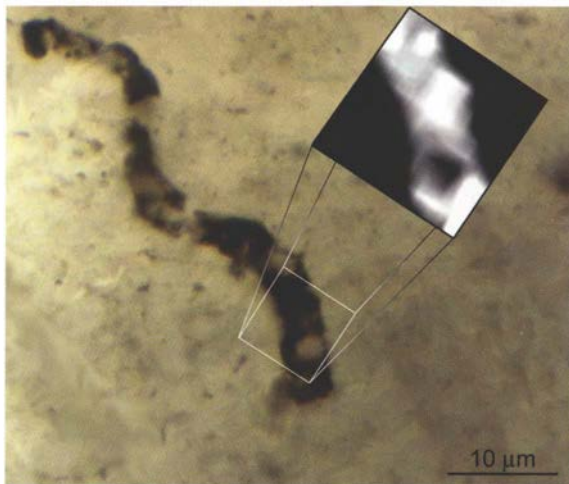
Livets historia på jorden

Under nästan hela jordens långa tid som planet har dess historia lagrats i berget, som data på en hård-disk. Men det är först under de senaste århundradena som det har funnits någon form av "läsare" som kan dechiffrera dessa data. Det började på allvar med den danske anatomen, geologen och prästen Nicolas Steno (1638–1686). Med sin synbarligen enkla propå att avlagringar som avsatts i vatten ligger med det äldsta lagret underst och det yngsta överst drog Steno igång hela den vetenskap vi kallar historisk geologi. "Läsaren" förbättras ständigt, och med moderna metoder ser vi oerhört mycket mer än vad som var möjligt på Stenos tid.

En av de viktigaste metoderna för att spåra livets och jordens ömsesidiga påverkan genom tiderna är isotopgeologi. De flesta grundämnen förekommer i flera former, isotoper, som skiljer sig genom att antalet neutroner i kärnan, och därmed atomernas massa, varierar. En del av dessa isotoper är stabila medan andra är radioaktiva, det vill säga att de sönderfaller med stor lagbundenhet till mindre atomer som i sin tur sönderfaller till atomer av ett annat grundämne i ett eller flera steg tills ett stabilt stadium har uppnåtts.

Levande organismer kan vara petiga, och många livsprocesser innebär att olika isotoper av ett och samma grundämne sorteras så att förhållandena mellan dem ändras, de fraktioneras. Ett exempel är när koldioxid omvandlas till organiska föreningar genom växternas fotosyntes. Då gynnas det vanliga, lättare, kol-12, medan det ovanliga, tyngre, kol-13, sorteras bort. Resultatet blir att det organiska kolet i genomsnitt är lite lättare, och det oorganiska kolet som blir kvar är lite tyngre. Genom att mäta hur tunga de olika kolföreningarna är på olika ställen i lagerföljden kan man uppskatta hur mycket av den totala mängden kol som vid varje tillfälle är bundet i organiska föreningar. På så sätt kan man få en uppfattning om hur mycket organiskt kol som undandras kretsloppet och hur mycket syre som därvid frigörs till atmosfären.

Det finns många andra användningar för isotopgeologi. Vi kan mäta åldern på olika bergarter med hjälp av radioaktiva isotopers regelbundna sönderfall. Som resultat har vi nu en tidsskala som täcker hela jordens och livets historia. Det går naturligtvis inte att ge mer än en svepande och schablonmässig bild av denna historia på några få artikelsidor. Jag vill nämna några händelser som innebär så genomgripande omvälvningar i biosfären, att de för de organismer som befann sig mitt i händelseförloppet ofta kunde ses som katastrofala men på längre sikt ledde till att livet fick ett uppsving. Låt oss kalla dem – katastrofer.



Jordens äldsta fossil? Ett exempel på de kontroversiella 3,5 miljarder år gamla Warrawoona-fossilerna från nordvästra Australien. Den mörka tråden är 40 tusendels millimeter lång. Den svartvita bilden har gjorts med laser-Ramanspektroskopi, och visar att det mörka materialet består av organiskt kol. ©J. William Schopf.

Katastrofer

Livets uppkomst: Det kan verka absurt att behandla livets uppkomst på jorden som en katastrof. Alla nu levande organismer har emellertid samma grundläggande uppbyggnad och är med största sannolikhet besläktade med varandra. Kanske fanns det för knappt fyra miljarder år sedan andra former av liv som drog en nitlott när "vi" uppträdde. Det kan ha varit en katastrof för "dem", men det kommer vi kanske aldrig att få veta. Trots att en enorm forskarmöda har ägnats åt frågan vet vi fortfarande inte när, var och hur livet uppkom på jorden – i heta källor, i en "ursoppa" rik på organiska molekyler, eller kanske nedramlat från rymden, exempelvis på en meteorit från Mars. Vi kan försöka tolka de fossila vittnesbörd vi har, men – och det ligger i sakens natur – de äldsta tecknen är kontroversiella.

Dels finns det kemiska indikationer: I kolpartiklar från bergarter som är uppemot 3,8 miljarder år gamla på sydvästra Grönland har man uppmätt låga isotopvärden, det vill säga halter av den tunga isotopen kol-13 som är lägre än det förmodade ursprungsvärdet för kol. Detta har tolkats som tecken på att det är rester av organiska kolföreningar bildade genom livsprocesser som fotosyntes. Men tolkningen har ifrågasatts, bland annat därför att man har visat att "lätt" kol under vissa förhållanden kan bildas utan att något levande behöver medverka.

Dels har man i något yngre bergarter (3,5 miljarder år) i nordvästra Australien hittat vad som ser ut som bakterieceller. Även detta är mycket kontroversiellt, men nyare undersökningar har bekräftat att de består av organiskt material med en kolisotophalt lik den man hittar i levande organismer. Dessutom har man från ungefär samma tid hittat sedimentstrukturer som tolkas som stromatoliter. Sådana kudd- och pelar-



Stromatolit från juratiden, cirka 150 miljoner år gammal. Dessa kuddliknande strukturer bildas när mattor av mikrobiomaten får växa fritt, utan att störas av betande djur. De är särskilt vanliga under arkeikum-proterozoikum (det vill säga innan djuren hade utvecklats). Foto Mikael Axelsson.

liknande formationer finns genom hela lagerföljden, och de bildas normalt av sammanhängande skikt av levande mikroorganismer.

Den stora syrekatastrofen: Som syrekrävande energiomvandlare tänker vi oftast inte på det, men fritt syre är ett kraftigt gift för många organismer. För ca 2,5 miljarder år sedan började syre frigöras till atmosfär och hav. Det fanns flera orsaker till att det skedde just då, men de huvudsakliga organismerna tycks ha varit cyanobakterier, "blågröna alger", som hade utvecklat förmågan att tillgodogöra sig solljus med hjälp av klorofyll, under frigörande av syre. När detta började läcka ut i atmosfären var det en katastrof för alla de mikroorganismer som var vana vid en syrefri miljö och som inte hade utvecklat något skydd mot syrets oxiderande förmåga.

En olycka kommer sällan ensam, och denna syresättning (som kanske uppgick till 2–3 procent fritt syre i atmosfären) fick andra följder. Solen var vid denna tid betydligt ljussvagare än idag (lite mer än 80 procent av dagens ljusstyrka), och för att hålla jordytan varm krävdes en kraftig växthuseffekt. Fram till dess hade värmeåterhållningen klarats genom höga halter av metan (som är en betydligt effektivare växthusgas än koldioxid) i atmosfären, men nu tvingade det fria syret bort de metanproducerande mikroorganismerna, som därefter var hänvisade till mer begränsade, syrefria miljöer. Det mesta metanet försvann, och även koldioxidhalten gick troligen ner på grund av den ökande fotosyntesen. Resultatet blev kraftiga globala nedisningar som varade uppemot 400 miljoner år. För de eukaryota organismerna (sådana med cellkärna, mitokondrier, och andra organeller i cellerna) blev det emellertid ett uppsving. För knappt två miljarder år sedan uppträdde de första fossilen av troliga flercelliga eukaryoter. Därefter borde vägen ha varit klar för en explosion av flercellighet – men det skulle dröja mer än en miljard år innan detta hände.

Den kambriska explosionen: Det krävdes ytterligare en syresättningsperiod och globala nedisningar, mellan

cirka 950 och 600 miljoner år sedan, innan den stora ekologiska omvälvning ägde rum som ledde fram till den typ av biosfär som vi känner igen. Flercelliga organismer, framför allt djur, uppträdde i haven i ökande mängd och mångfald från cirka 600 miljoner år. Vid början av kambrium, för 542 miljoner år sedan, var den mer eller mindre renodlat mikrobiella biosfären, som hade varat i tre miljarder år, överspelad. Varför detta skedde just nu och inte långt tidigare (eller, för den delen, senare) är en av de stora obesvarade frågorna i jordens och livets historia.

Invasionen av landytan: Växternas och djurens invasion of land, som inleddes för drygt 400 miljoner år sedan, innebar en genomgripande förändring av jordytan. Växternas rötter bidrog till ökad vittring, samtidigt som de band det lösa materialet i jordar. Erosionen ändrade därför karaktär, likaså vattnets kretslopp och atmosfärens sammansättning. Den ökade vittringen och den omfattande avlagringen av organiskt material ledde till att stora mängder kol bands i karbonatbergarter och stenkol. Atmosfärens koldioxidhalt minskade därför dramatiskt, och mellan ca 300 och 275 miljoner år sedan var den i närheten av dagens extremt låga nivåer. Liksom den nuvarande istiden kännetecknades även denna tid av omfattande nedisningar.

Massutdöenden: Det är inte lätt att utrota mikroorganismer, och vi vet inte hur många utvecklingslinjer som dog ut under de långa tidsåldrama före den kambriska explosionen. Men under hela den efterföljande fanerozoiska tiden dog arter ut i nästan lika snabb takt som de uppkom, och vid ett antal tillfällen (i synnerhet för cirka 488, 444, 360, 251, 200 och 65 miljoner år sedan) skedde massutdöenden som i sin extrema form kunde ta kål på över 90 procent av de då levande arterna. Orsakerna till dessa globala massutdöenden var flera, ofta i kombination. Stora asteroidnedslag, omfattande vulkanism, och kraftiga temperaturförändringar är några av de vanligare förklaringsmodellerna.

Varje medalj har emellertid en framsida. När faunor och floror decimerades lämnades fältet fritt för andra att ta över. Om inte de stora landlevande dinosaurierna hade försvunnit i en global miljökatastrof för 65 miljoner år sedan hade den efterföljande evolutionen av däggdjur tagit en helt annan riktning, och då hade dessa rader aldrig blivit skrivna.

Katastrofer är vanliga i jordens och livets historia, och de har alltid lett till något nytt och blomstrande. Men innan vi tar detta som intäkt till en låt-gå-attityd beträffande människans påverkan på jordens ekosystem och klimat är det förstås lämpligt att tänka på att effekterna för de allra flesta i en global katastrof är starkt negativa. De positiva effekterna visar sig inte förrän långt i efterhand, och i varje fall inte förrän ett antal mycket långa årmiljoner har passerat. De stora tids- och rymdperspektiven hjälper oss att förstå jordens och livets sammanvävda natur, men våra liv pågår trots allt på en mindre och mer kortvarig scen.

STEFAN BENGTSOn är professor i paleozoologi vid Naturhistoriska riksmuseet.

Jordens ständigt föränderliga klimat

Istider och växthustider. Jordens klimatsystem är komplext och under Jordens långa historia har klimatet skiftat otaliga gånger. Omslagen har ofta skett snabbt och plötsligt, speciellt under perioder med inlandsisar. Med dessa kunskaper kan den av människan orsakade växthuseffekten sättas i ett större och längre perspektiv.

TEXT / BILD Svante Björck

Genom naturens olika processer har Jordens klimat- och miljöhistoria "nedskrivits" i geologiska arkiv som till exempel i berget, sedimenten, glaciärisarna, korallerna och trädringarna. Ett fundamentalt budskap från dessa är att varje ögonblick i Jordens långa historia är unikt. Vi vet också att klimatet och dess förändringar har spelat stor roll för Jorden och dess utveckling.

Orsakerna till dessa förändringar är många och komplexa, men en avgörande faktor för Jordens långsamma och långsiktiga klimatförändringar är att den så kallade platt-tektoniken kontinuerligt har omdanat Jordens utseende. Superkontinenter har skapats och brutits upp igen på olika delar av jordklotet och havsbassängernas djup och konfiguration har ständigt förändrats. Det har bland annat inneburit att kontinenternas läge i förhållande till polerna och ekvatorn varierat under tidernas gång och därför också lett till att olika delar av jordskorpan vandrat mellan olika klimatzoner. Till exempel bildades de 427 miljoner år gamla siluriska revkalkstenarna på Gotland i ett tropiskt hav strax söder om ekvatorn.

Jordklotet har också mer eller mindre regelbundet träffats av mindre eller större extraterrestra himlakroppar. Denna ständiga omdaning av Jordens yta har därför också skapat olika förutsättningar för cirkulationen i hav och atmosfär liksom för vulkanism och biosfärens utveckling – några av nyckelkomponenterna i Jordens klimatsystem.

Det finns många exempel på extrema situationer i Jordens klimathistoria, såsom "Snowball Earth" eller något av de extrema växthusscenarierna. Dessa anges ofta som exempel på hur dramatiskt Jordens klimat kan variera, men då får vi betänka att sådana extremer inträffade tiotals till hundratals miljoner år bakåt i tiden.

Dagens planet Jorden befinner sig sedan knappt tre miljoner år tillbaka i en annan typ av klimatsituation, vilken skulle kunna betecknas som en "Ice House World" – en värld kännetecknad av återkommande nedisningar. Skandinavien och Nordamerika har under denna tid utsatts för 40–50 större eller mindre nedisningar. Även om detta inte är ett unikt scenario i

Glaciären Fjallsjökull på södra Island.





Issjön Fjallsarlón framför Fjallsjökull (till vänster) och issjön Jökulsarlón framför glaciären Breidamerkurjökull (till höger) på södra Island. Båda dessa glaciärer smälter idag snabbt och issjöarnas areal ökar för varje år. När issjöarnas volym ökar fångas allt mer sediment upp av själva issjön, vilket leder till allt mindre transport av sediment ut till atlantkusten – ett tillskott av sediment som tidigare balanserade den kraftiga våg- och strömerosionen av den isländska sydkusten. Nu minskar kustslätten för varje dag.

Jordens historia – förutsättningarna för kontinentala nedisningar ökar när stora landmassor befinner sig på höga latituder – är det i denna typ av klimatsituation som den moderna människan "äntrar scenen". Människans goda förmåga att anpassa sig till stora, och geologiskt sett snabba förändringar har säkert bidragit till att den mänskliga utvecklingen har varit så framgångsrik under en period kännetecknad av stora klimat- och havsnivåförändringar.

Under de senaste 800 000 åren har vår istidsvärld präglats av långa istider och korta mellanistider: den nuvarande mellanistiden har varat i knappt 12 000 år, medan den föregående istiden inleddes för cirka 115 000 år sedan.

Dessa istider har oftast avslutats med istidsmaxima orsakade av mycket låg solinstrålning på sommaren till höga nordliga breddgrader, vilket ledde till extremt låga havsnivåer (120–140 meter lägre än idag), till en helt annan cirkulation i hav och atmosfär än idag och till globalt lägre medeltemperatur. Minst var temperatursänkningen vid ekvatorn, 3–4° C, medan den var störst på nordliga breddgrader, 10–15° C. Vi vet också att atmosfärens CO₂-halt var låg (180–220 ppm) under istiderna och betydligt högre (270–300 ppm) under de korta mellanistiderna. Under istiderna kunde mer CO₂ lagras eller "tas om hand" av haven med sin lägre temperatur (högre CO₂-löslighet) och hög planktonproduktion, men detaljerna i kolcykelns mycket komplexa processer är fortfarande höljd i dunkel.

Förutom att CO₂-halten, liksom metanhalten, var lägre och ganska variabel under istiderna, kännetecknas istiderna av plötsliga och stora temperaturvariationer, speciellt på norra halvklotet. Detta anses hänga samman med att de enorma mängder sötvatten som var uppbundna i de stora inlandsisarna kring Nordatlanten utgjorde en potentiell källa för kraftiga störningar av den termohalina cirkulationen och djupvattenbildningen i Atlanten, och därmed också av transporten av varmt vatten från Sydatlanten och norrut. Om Nordatlantens ytvatten plötsligt utsötades av stora mängder sötvatten från smältvatten men även

smältande isberg, minskade djupvattenbildningen och den termohalina cirkulationen i norr, och området för dessa processer förflyttades längre söderut. Effekten blev att havsytetemperaturerna i norra Atlanten sjönk och polarfronten förflyttade sig långt söderut. Samtidigt steg temperaturen i Sydatlanten eftersom det varma vattnet stannade kvar i söder. När sedan djupvattenbildningen i norr kunde återupptas på grund av stigande salthalt, transporterades återigen varmt och salt vatten norrut med den motsatta konsekvensen: stigande temperaturer i norr och fallande i söder. Detta skedde upprepade gånger under den senaste istiden, men exakt hur dessa mycket komplicerade processer gick till forskas det mycket om.

Senaste istidsmaximum upphörde när den globala solinstrålningen, och speciellt den på norra halvklotet, började stiga igen för cirka 20 000 år sedan. Under avslutningen av den senaste istiden vet vi att temperaturhöjningen i Antarktis och tropikerna skedde mer eller mindre parallellt med ökningen av atmosfäriskt CO₂. Norra halvklotets temperaturhöjning släpade dock efter med cirka 3 000 år: även om de stora kontinentala inlandsisarna i norr började smälta direkt fungerade de och deras kalla smältvatten som effektiva buffertar mot en omedelbar uppvärmning.

Övergången från istid till mellanistid var mycket komplex och är kanske den tidsperiod i Jordens historia som utgör vårt bästa "klimatlaboratorium": den utgör en period då hela skalan av möjliga klimatprocesser i Jordens klimatsystem var i aktion, stora och snabba klimatförändringar skedde. Dessa ligger dessutom relativt nära i tiden och är därför lättare att få mycket detaljerad information från än från perioder långt bakåt i tiden.

Sommarens solinstrålning till högre latituder ökade, inlandsisarna smälte kraftigt varvid det söta smältvatten förändrade havens cirkulation. När isarna smälte exponerades stora landtyor och därmed började dessa tidigare nedisade områden att kraftigt stiga när istyngden lättade samtidigt som havsnivån steg snabbt och tidigare exponerade shelfområden översvämmades.



Borrplattform för provtagning av sedimentproppar i den stora (2 x 25 kilometer) och djupa (110 meter) sjön Lögurinn (Lagarfjót) på östra Island.

En viktig effekt av de stigande luft- och havstemperaturerna var att bältena av havsis kring de nedisade kontinenterna reducerades kraftigt och att arealen av is- och snöäckta landområden blev mycket mindre. Då kunde jordytan absorbera mer av den inkommande solinstrålningen och en allt mindre del av solens uppvärmningseffekt reflekterades tillbaka ut i rymden. Samtidigt minskade mängden stoft i atmosfären när vegetation började binda upp de tidigare exponerade mineraljordarna i polaröknarna kring de tidigare glaciäräckta områdena och mer av solljuset kunde nå ner till Jordens yta.

Det säger sig självt att alla dessa olika processer skapade ett synnerligen dynamiskt klimat. Även om denna period generellt sett kännetecknades av ett allt varmare klimat, skedde också stora, och ofta plötsliga klimatsvängningar. Det var som om klimatet inte riktigt kunde bestämma sig för om det skulle stanna kvar i det glaciala stadiet, eller om det var dags för en ny värmeperiod. Emellertid, under tiden som alla dessa olika processer grep in i varandra steg atmosfärens halt av växthusgaser, speciellt koldioxid och metan (CH_4), och om det är något vi känner till från tidigare värmeperioder, så är det att de kännetecknas av höga CO_2 - och CH_4 -halter. I vilken utsträckning dessa växthusgaser spelade roll för den stora uppvärmningen från istid till värmeperiod är än så länge omöjligt att svara på eftersom så många andra processer var inblandade i detta skeende.

När dagens mellanistid/värmeperiod på allvar inleds, tidigare längst i söder än på norra halvklotet, blev klimatet betydligt stabilare än det varit under de föregående 100 000 åren. Det skulle dock ta tid innan

inlandsisarna i Europa och Nordamerika slutligen hade smält: i Skandinavien försvann de sista resterna av inlandsisen för cirka 9 500 år sedan, medan det tog betydligt längre tid att smälta den nordamerikanska isen. De sista resterna av denna ursprungligen gigantiska inlandsis fanns kvar i Labrador ända fram till för cirka 6 000 år sedan. Vid denna tidpunkt fick också isutbredningen i Antarktis sitt nuvarande utseende. Denna slutliga isavsmältning innebar också att den globala havsnivåstigningen upphörde och att stora smältvattenpulser inte längre kunde störa havscirkulationen.

Även om amplituden på klimatförändringarna var mycket större under istiden än vad de varit under den nuvarande värmeperioden, har vår mellanistid kännetecknats av många typer av klimatförändringar. Beroende på att tidpunkten för sommarens och vinterns solinstrålningsmaximum och -minimum har varierat med olika breddgrader har klimathistorien varit annorlunda på olika delar av jordklotet. Jorden har också varit utsatt för många stora vulkanutbrott, vars stoftpartiklar i atmosfären kan kyla ner jordklotet under några år, liksom för perioder då solaktiviteten och jordmagnetiska fältets styrka varierat och Jorden utsatts för olika mängd inkommande kosmisk strålning.

Effekten av dessa senare processer, och hur de påverkar klimatet, har diskuterats mycket bland forskare och än återstår mycket forskning att utföra innan vi vet tillräckligt mycket om dessa delvis okända klimatkomponenter. Vi har dock starka indikationer på att perioder med mycket låg solaktivitet/mycket inkommande kosmisk strålning kännetecknas av ett globalt sett kallare klimat, exempelvis kulminationen



En skärning i en torvmosse från Schleswig-Holstein. I botten syns sediment från Bølling-Allerød perioden överlagrade av de ljusa leriga sedimenten från istidens sista "kalla suck", den så kallade Yngre Dryas perioden. Sedan inleds den nuvarande värmeperioden med den mörkbruna gyttjan som sedan övergår i torv. Skärningen är cirka två meter hög.

av Lilla Istiden på 1700- och 1800-talet. Växthusgasernas del i klimatutvecklingen under vår mellanistid och fram till slutet av 1800-talet har analyserats och diskuterats en hel del, men eftersom variationerna har varit små är det svårt att finna kopplingar mellan dessa och det globala klimatet.

Under tidigare mellanistider steg både CO_2 - och CH_4 -halterna under isavsmältningsperioderna till ett maximum i början av värmeperioden. Detta skedde också vid den senaste isavsmältningen, och dessa första maxima nåddes för 11 000–10 000 år sedan, med värden på 270 ppm (CO_2) resp. 730 ppb (CH_4). Därefter sjönk halterna, liksom under tidigare interglacialer: CO_2 sjönk till ett minimum (260 ppm) för cirka 8 000 år sedan medan CH_4 's minimum (500 ppb) inträffade för cirka 5 000 år sedan. Dessa minima följdes av stigande värden, vilket utgör en anomali i förhållande till tidigare mellanistider, inklusive den mellanistid som är mest lik vår nuvarande i fråga om solinstrålningens variationer och som inträffade för drygt 400 000 år sedan. Under dessa tidigare perioder sjönk däremot de två växthusgaserna genom hela värmeperioden.

Ökningen av metan under de senaste 5 000 åren nådde för cirka 200 år sedan återigen maximivärdena för 10 000 år sedan, medan koldioxid nådde värden på 280–290 ppm och steg alltså mycket långsamt under 8 000 år. Skillnaden mellan de förväntade CH_4 - och CO_2 -värdena, i förhållande till tidigare värmeperioders utveckling, och de uppmätta värdena för 200 år sedan utgör de så kallade anomalivärdena. Orsakerna till dessa anomalier har diskuterats ganska häftigt. Medan många är överens om att mänsklig påverkan, såsom boskapsskötsel och risodlingar, ligger bakom

mycket av den förmodade CH_4 -anomalin (280 ppb) är oenigheten stor bland forskare i vilken utsträckning människans aktiviteter, såsom öppnande av landskap, skogsröjning och liknande, ligger bakom den förmodade CO_2 -anomalin (40 ppm).

"Minimalisterna" menar att människan bara kan ha bidragit med några ppm, medan maximalisterna hävdar att människans aktiviteter har förflyttat så mycket som 20 ppm koldioxid från biosfären/marken till atmosfären. De övriga 20 ppm menar dessa kan ha åstadkommit av indirekta effekter av CO_2 -höjningen: höjda havsytetemperaturer och minskad havsis kring Antarktis. Det är alltså troligt att människan redan för 8 000–5 000 år sedan grep in i kolcykelns processer och därmed också redan då började påverka Jordens klimat. Vissa hävdar till och med att människans tidiga påverkan på kolcykeln har skjutit upp inledningen till nästa istid i till exempel arktiska Kanada.

Hur det än förhåller sig med människans påverkan på kolcykeln under tusentals år är alla överens om att de senaste 150–200 årens kraftiga stigning av CO_2 och CH_4 är resultatet av mänskliga aktiviteter av olika slag. Beräkningar visar också att havet kan ha tagit upp hälften av den koldioxid som människan har frigjort från geosfären (fossila bränslen) och biosfären men att denna förmåga har minskat när havsytetemperaturerna stigit. De flesta forskare är också överens om att växthusgaserna står för en stor del av de senaste 150 årens globala uppvärmning och att vi därför manipulerar med ett system som är mycket komplext. Vi vet också att den nuvarande mellanistiden är relativt unik - det var alltså drygt 400 000 år sedan en liknande värmeperiod inträffade - och det beror på de relativt små förändringarna i sommarsolinstrålningen till de nedisningskänsliga högre latituderna under de kommande 50 000 åren. Eftersom instrålningens klimatiska drivkraft är, och kommer att vara, relativt svag kan andra krafter, som växthusgaserna, lätt få överhanden. Det är en dylik situation som kanske utgör det största framtida hotet. Genom ett otal exempel från den geologiska historien har det nämligen visat sig att klimatet plötsligt kan slå om till att fungera på ett helt nytt sätt. Att kunna bestämma denna "punkt utan återvändo" är dessutom mycket svårt eftersom varje period i Jordens historia är unik med olika grundförutsättningar för klimatets processer. Hur än en sådan förändring kommer att manifestera sig, blir det säkert en obehaglig överraskning för det mänskliga samhället och dess ofta känsliga infrastruktur. Det säkraste är därför att tillämpa försiktighetsprincipen och dessutom vara mycket lyhörd för varningssignaler från vår planets klimatsystem. Varningssignaler som den geologiska historien är full av.

SVANTE BJÖRCK är professor i kvartärgeologi vid Centrum för GeoBiosfärvetenskap, Lunds universitet.

Jord – en viktig naturresurs

Jordtäcket egenskaper beror på en rad olika faktorer. Jordarternas forna bildningssätt påverkar dess sammansättning. Jordmånsbildande processer drivs av väder, vatten, sol och vind. Även processer alstrade av människan påverkar jordarnas egenskaper.

TEXT Gustav Sohlenius

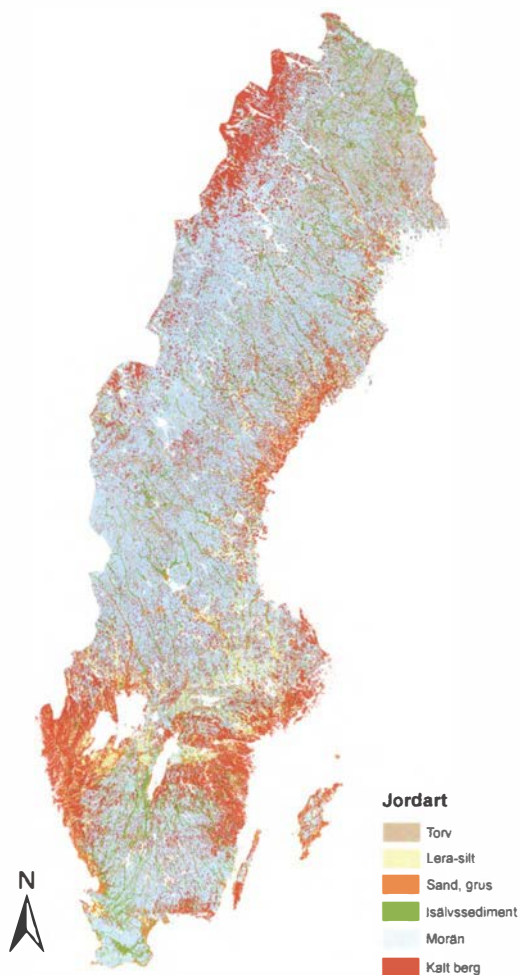
Jord är det lösa material som på många platser ligger ovanpå berget. Det är inte ofta vi tänker på det, men jordtäcket sammansättning har en stor påverkan på växtligheten och hur vi människor kan använda marken. De flesta av oss bekantar sig med jord när vi jobbar i trädgården eller på kolonilotten. Och redan på en liten yta kan man märka att det finns olika typer av jordar. Allt från lättgrävda sandjordar till mer svårarbetade lerjordar. Säkert har många också märkt att det växer olika bra i olika typer av jord.

Inom ett större område varierar jordtäcket egenskaper kraftigt. Dess sammansättning är resultatet av processer som ägde rum för tusentals år sedan då jordtäcket på en viss plats bildades. Även idag pågår processer som kontinuerligt påverkar jordtäcket. Exempelvis vittrar mineralen i de övre jordlagren, vilket innebär att de successivt löses upp och hela tiden tillför ämnen i löst form till marken. Vissa av dessa ämnen är viktiga näringsämnen för växterna.

Men det är inte bara naturliga processer som påverkar jordtäcket. Genom jordbruk och byggnation påverkar även vi människor jordtäcket i många områden. Där är kunskapen om jorden extra viktig eftersom ovarsam markanvändning kan exempelvis leda till ökad erosion, att marken på sikt utarmas på

näring eller att vi skadar känsliga biotoper. Med rätt kunskaper går det att förhindra skador på den resurs som marken utgör.

Inom geologin delas jordtäcket in i olika jordarter, dels efter vilka egenskaper de har och dels med utgångspunkt från hur de en gång har bildats. I Sverige har klimat och miljö varierat kraftigt genom årtusende-na, vilket har satt spår i jordtäcket. Det är framför allt processer under och efter den senaste istiden som har format våra jordarter. Till exempel kan en plats som idag ligger på torra land, för några tusen år sedan ha varit täckt med många meter vatten och dessförinnan med kilometertjock is. Inlandsisarna och deras smältvatten omlagrade material från berggrunden och äldre jordarter, varefter nya jordarter avsattes. Efter den senaste istiden var stora delar av dagens landområden nedpressade under havets yta. Genom landhöjningen har dessa bottnar delvis torrlagts. I de områden som tidigare täcktes av vatten, avsattes på många håll fin-korniga sediment. Eftersom jordarterna till största del bildas genom erosion av berggrunden har även denna stor betydelse för egenskaperna hos de jordarter som finns på en viss plats.



Bilden ovan till vänster: Jordarternas fördelning i Sverige. **Bilden ovan till höger:** De ljusblå områdena visar vilka delar av Sverige som efter den senaste istiden legat under vatten. Kartorna kommer från SGU. **Bilden på motstående sida:** På bilden syns ett exempel på de uppodlade lerområden som är vanliga i de områden som efter den senaste istiden täcktes av vatten. Foto: Gustav Sohlenius.

I de delar av världen som, till skillnad från exempelvis Sverige, inte varit täckta med inlandsis helt "nyligen" är jordtäcket oftast av betydligt äldre datum. Vanligt är att berggrunden täcks av vittringsjordar vilka bildats genom kemisk och fysikalisk sönderdelning (vittring) av berget, utan att flyttas eller ens omlagras.

Det är bara 20 000 år sedan Sverige var helt täckt av en inlandsis som långsamt rörde sig över landskapet. Isen plockade upp material från underlaget som senare avsattes som jordarten morän, den i särklass vanligaste jordarten i Sverige. Denna jordart består ofta av en blandning av allt från små lerpartiklar till jättelika block. Ursprungligen har materialet i moränen eroderats från berggrunden. Vanligtvis har det inte transporterats långt av inlandsisen och moränens mineralsammansättning speglar därför mineralogin hos bergarterna i omgivningen. Eftersom bergarterna är uppbyggda av olika mineral så har även moränen en varierande mineralogi i olika områden. Där berggrunden består av kalksten innehåller moränen ofta kalk vilket skapar förutsättningar för att vissa kalk-

krävande växter, som orkidéer, kan förekomma. I områden där berggrunden i stor utsträckning är täckt av jord, används moränens mineralogi också för att spåra malmer.

Att bergarter dessutom har varierande hållfasthet har sin betydelse för användningen av de jordarter som bildas från dem. I exempelvis Skåne förekommer skiffer och kalksten som inlandsisen kunnat krossa ner till ett finkornigt material, som inte innehåller så mycket block och sten. I dessa områden kan moränen därför nyttjas som åkermark. Sveriges berggrund är dock främst uppbyggd av graniter och andra relativt hårda bergarter. De gav ofta upphov till mer grovkorniga, ofta sandiga, moräner. Grovkornig morän, rik på sten och block har oftast inte kunnat nyttjas som åkermark utan är istället ofta skogsmark. I vissa områden, som i Småland, har stenrika moräner dock delvis odlats upp, vilket förklarar förekomsterna av de stenrösen som så ofta kantar de småländska åkermarkerna.

Då isen smälte bildades stora isälvar. De avsatte sto-



Moränens ovanyta karaktäriseras ofta av en riklig förekomst av block. Foto: Jan-Olov Svedlund (SGU).

ra mängder sand och grus. Den jordart som då avsattes brukar kallas isälvsediment. Rullstensåsar är exempel på sådana avlagringar. Eftersom många isälvsediment har en hög genomsläpplighet är förutsättningarna ofta goda för att pumpa upp det grundvatten de innehåller. Många samhällen nyttjar idag grundvatten från isälvsavlagringar. Materialet i rullstensåsarna har dessutom egenskaper som är attraktiva vid olika byggnationer. Därför har de isälvsavlagringar som ligger nära större samhällen ofta gott om grustag, något som kan hota grundvattnets kvalitet. För att skydda grundvattnet försöker man därför idag att minska uttaget av sand och grus från isälvsavlagringarna och istället använda andra material, exempelvis krossat berg.

I vissa av de områden som låg under vatten då inlandsisen hade försvunnit, började lera och annat finkornigt material att ackumulera. Genom den alltjämt pågående landhöjningen kom många av dessa områden att torrläggas. Idag är de finkorniga jordarna bördiga jordbruksmarker. Längst Norrlandskusten har landhöjningen varit större än längre söder ut. Det beror på att inlandsisen var tjockare och pressade ner jordskorpan mer där.

I många våtmarker bryts inte döda växtdelar ner effektivt utan ackumuleras. Med tiden byggs ett torvlager upp med bara delvis nedbrutet organiskt material. I Sverige och många andra länder har man länge bränt torv som energikälla. Idag går åsikterna isär om huruvida torv bör betraktas som ett förnyelsebart eller fossilt bränsle. Frågan är viktig eftersom användandet av fossila bränslen anses bidra till en ökning av koldioxiden i atmosfären och därmed en ökad

växthuseffekt. Den koldioxid som frigörs vid förbränning av förnyelsebara bränslen motsvaras däremot av den som binds upp i nya växter. När det gäller torv återbildas den visserligen, men det kan ta hundratals eller tusentals år. En annan mänsklig aktivitet som kan bidra till växthuseffekten är dikning av torvtäckta våtmarker. När torven exponeras för luftens syre och oxiderar frigörs koldioxiden till atmosfären. Samtidigt avger opåverkade torvmarker stora mängder metan, som är en mer än 20 gånger effektivare växthusgas än koldioxid, och därmed ger en betydligt större växthusverkan per gram. Det innebär att dikning av torvmarker och eldning av torv inte nödvändigtvis leder till ökade utsläpp av växthusgaser. Däremot har många av de våtmarker där torv förekommer höga naturvärden vilket gör att de inte bör dikas ut.

På land täcks jordarterna nästan helt av växtlighet. I den övre delen av jordtäckets jordmån, har växterna sitt utbyte med marken. Här tar rötterna upp vatten och näring. Vilken jordmån som bildas på en plats styrs förstas till stor del av platsens jordart men klimat, vegetation och topografiskt läge är också viktiga faktorer. I jordmånen sker den vittring av markens mineral som gör att viktiga näringsämnen frigörs och kan tas upp av växtligheten. Då växterna dör och bryts ner kan dessa näringsämnen åter bli tillgängliga för växterna. En hög andel lättvittrade mineral bidrar med mycket näringsämnen till växterna och till att jordmånens pH inte blir lågt. Det ökar i sin tur tillgängligheten för många av de näringsämnen som finns i marken. Eftersom jordtäckets sammansättning ofta avspeglar den lokala berggrunden finns ett samband mellan

SVERIGES UNGA JORDMÄNER

Eftersom jordtäcket i Sverige är relativt ungt har jordarterna inte varit utsatta för jordmänsbildande processer under lika lång tid som i många andra delar av världen. Därför finns här ofta tillgång på lättvittrade mineral som kan bidra med näring till växterna samt motverka att pH sjunker. I många områden utanför Sverige bildas jordmäner i vittringsjordar där de lättvittrade mineralen försvunnit, vilket gör att vittringen endast i liten utsträckning kan bidra med näringsämnen till växterna.

Sveriges vanligaste jordmån: podsol. Närmast markytan finns en mörk horisont som till stor del består av organiskt material. Därunder finns en ljusare horisont där en intensiv vittring skett. Bilden är tagen av Jan Eriksson, SLU.



berggrund, jordart, jordmån och förutsättningarna för vegetationen på en viss plats. En annan faktor som är viktig för vegetationen är jordmäners kornstorleksammansättning. Finkorniga jordar som lera har en hög vattenhållande förmåga och är därmed inte lika känsliga för uttorkning som exempelvis sandjordar.

I Sverige är podsol den i särklass vanligaste jordmänen. (se bilden i faktarutan ovan). Denna jordmån bildas ofta i de sand- och grusrika moräner samt i de isälvsavlagringar som är så vanliga här. En podsol kännetecknas av ett lager med organiskt material närmast markytan, underlagrat av en gråvit horisont där en kraftig vittring skett. Därunder finns en rostfärgad horisont som bland annat är anrikad på järnoxider. Under denna horisont finns den opåverkade jordarten som inte i någon större utsträckning påverkats av jordmänsbildande processer.

Många områden utgörs av hällmark där jordtäcket saknas. Här överlever endast de mest torktåliga

MÄNNISKANS PÅVERKAN

Det finns många exempel på hur människans påverkan på jordtäcket kan få negativa effekter på miljön:

- Då skog avverkas eller en åker skördas tar vi bort de näringsämnena som finns inlagrade i växterna. Denna förlust av näring kan ofta inte kompenseras med det tillskott som vittringen bidrar med. Det kan på sikt leda till att mängden näringsämnen som är tillgängliga för växterna minskar samt att markens pH sjunker. Kunskap om jordarnas mineralogi är därför viktig för att kunna beräkna effekten av skördeuttag på en viss plats.
- I många områden har mänskliga aktiviteter lett till att jorden innehåller höga halter av för miljön skadliga ämnen. Det kan röra sig om miljögifter från industrier, bekämpningsmedel eller näringsämnen som tillförts genom gödsling. Om dessa föroreningar når sjöar och vattendrag kan det leda till negativa miljöeffekter. Hur lätt dessa ämnen sprids beror i stor utsträckning på jordarternas egenskaper. Sandjordar är exempelvis betydligt mer genomsläppliga än lerjordar. Kunskap om jordarternas egenskaper är av stor vikt för att kunna beräkna hur snabbt olika föroreningar rör sig i marken.
- Vissa finkorniga sediment innehåller naturliga sulfidmineral. Dessa mineral oxiderar om de exponeras för syre varvid markens pH ofta kraftigt sjunker. Detta sker ofta efter det att grundvattenytan sänkts genom dikning för att erhålla åkermark. Den jordmån som bildas då brukar kallas sur sulfatjord. De sura förhållandena i sulfatjorden kan leda till en kraftig urlakning av tungmetaller från marken. Dessa metaller kan om de når sjöar och vattendrag få skadliga effekter på miljön. Eftersom de sura sulfatjordarna ofta uppstår då grundvattenytan sänks artificiellt skulle man kunna minska de negativa miljöeffekterna genom att inte dika allt för djupt.

växarterna, och här har berggrundens mineralogi en direkt påverkan på vegetationens sammansättning. Ett exempel på detta är den speciella floran på det stora kalkstensområdet Alvalet på Öland. Vegetationen där skiljer sig helt från den glesa tallskog med mer eller mindre moss- och lavatäckta hållar som annars är vanlig i stora delar av vårt land.

GUSTAV SOHLENIUS fil.dr. i kvartärgeologi och statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning.

LÄSTIPS

Eriksson J, Nilsson I, Simonsson M, 2005. *Wiklanders Marklära*. 337 sidor. Studentlitteratur.

Fredén C, 2002. *Berg och jord*. Sveriges nationalatlas.

Lindström M, Lundqvist J, Lundqvist Th, 2000: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur, Lund.



FOTO: BOLIDEN



FOTO: ANNIKA WASSTRÖM

Människans behov av

Geologin har genom historien varit en bas i alla civilisationer. Denna artikel ger en överblick över vilka de geologiska resurserna är och hur de används idag. Vi ställs också inför frågan om dagens användning av de geologiska resurserna är förenlig med en hållbar utveckling?

TEXT Annika Wasström och Pär Weihed

Geologins betydelse för samhället är betydligt större än de flesta är medvetna om. Genom att utnyttja geologiska resurser, eller naturresurser om man så vill, har människan tagit ett steg som skiljer sig från andra djurarters. Användningen av sten, mineral och metaller har utvecklats under människans historia, genom stenålder, bronsålder och järnålder för att landa i det industrialiserade samhälle vi har idag, som mer än någonsin och helt och hållet är beroende av ett kontinuerligt utvinande av mineralbaserade råvaror.

Det essentiella vattnet

Den för människan viktigaste naturresursen är utan tvekan vatten. Vattnets kvalitet och kvantitet är beroende av många faktorer, bland annat ursprung och var det magasineras. Vatten behövs både direkt, som dricksvatten, och indirekt i naturen, inte minst för odling, jord- och skogsbruk. Vattnet används också för att producera vattenkraft och i olika samhälls- och industriella processer. Exempelvis kräver alla processer

för att producera metaller, mineral och bergmaterial att det finns tillgång till vatten. Man ska heller inte glömma vattnets danande kraft, att naturen omskapas av rinnande vatten, vågor, glaciärer och vind.

Sverige som metallproducent

Sverige är en stor metallproducent i Europa. År 2005 var Sverige den största europeiska producenten av järn och guld (89 respektive 37 procent av Europas produktion). Sverige var också en stor producent av bly (näst störst efter Irland), zink (också näst störst efter Irland), silver (näst störst efter Polen) och koppar (på tredje plats efter Polen och Portugal). Under 2007 fanns 15 metallproducerande gruvor i Sverige varav två var järnmalmsgruvor och resterande producerade koppar, zink, bly, silver och guld. Under slutet av 2006 togs en ny investeringsplan för Bolidens gruva i Aitik vilken innebär att man förutom koppar, guld och silver också kommer att utvinna molybden i framtiden. Sverige har också stor potential för flera andra metaller till exempel uran, nickel, volfram, tellur och platina.

Berg och lösa avlagringar

Icke metalliska råvaror kan delas in i bergmaterial, industrimineral och natursten, vilka alla används som råvara, tillsatsmedel eller färdig produkt i någon form i praktiskt taget all tillverkning och varukonsumtion i vårt samhälle. Grus, bergkross och sand används vid väg-, bro- och husbyggnad, men även i asfalt och i betong. Kalksten och dolomit används i jordbruk, trädgårdar, skogar och sjöar för att förhindra försurning och materialen är också viktiga inom industriella processer som stål- och gjutgodstillverkning, cellulosaoch pappersframställning. Natursten i form av granit, gnejs, skiffer, kalksten med mera är ett praktiskt taget outslitligt material i byggnadsfasader, inre och yttre golvbeläggningar samt gravstenar. Enligt en nyligen presenterad rapport (MinBas) uppgår den svenska



7 geologiska resurser

produktionen av nämnda material till omkring 85 miljoner ton per år till ett ungefärligt värde av 10,5 miljarder kronor. Sammanlagt är cirka 7 200 personer verksamma inom branscherna.

Naturreсурter och hållbar utveckling

Om vårt utnyttjande av naturreсурter ska vara hållbart enligt definitionen: *Hållbar utveckling tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjlighet att tillgodose sina behov*, måste vi fundera över om resurserna är förnyelsebara eller ej, och om de går att återvinna eller ej. I faktarutan på nästa sida redogörs för olika typer av naturreсурter och med undantag av vatten kan geologiska resurser definieras som lagerresurser som minskar i mängd vid varje uttag. Dessa

kan vara återvinningsbara, så som ballastmaterial (sand, grus, makadam), metaller och mineral – eller icke återvinningsbara, så som fossila bränslen: olja, kol och gas. De fossila bränslena förstörs vanligen vid användning och är även icke-förnyelsebara naturreсурter eftersom de nybildas långsammare än de konsumeras. Det är dock oerhört viktigt att komma ihåg att metaller är grundämnen som inte förstörs utan återförs till ny användning (återvinns) eller tillförs olika geologiska kretslopp och återigen blir en naturreсурt.

I ett hållbarhetsperspektiv innebär miljömässiga aspekter på vårt mineralbehov att metaller och mineral måste produceras på ett miljömässigt acceptabelt sätt över hela värdekedjan från prospektering till återanvändning. Sociala aspekter på mineralbehovet

Gruvor i drift i Sverige i slutet av 2007.

Gruva	Kommun	Län	Ägare	Koncessionsmineral	Gruvdrift sedan
Kiirunavaara	Kiruna	BD	LKAB	Fe	1860-talet
Malmberget	Gällivare	BD	LKAB	Fe	1820-talet
Aitik	Gällivare	BD	Boliden Mineral AB	Cu Au Ag	1968
Björkdal	Skellefteå	AC	Björkdalsgruvan AB	Au	1989
Renström	Skellefteå	AC	Boliden Mineral AB	Cu Zn Pb Ag Au	1948
Petiknäs	Norsjö	AC	Boliden Mineral AB	Au Ag Zn Cu Pb	1992
Maurliden	Norsjö	AC	Boliden Mineral AB	Zn Au Ag Cu Pb	2000
Storliden	Malå	AC	NAN	Cu Zn Au Ag	2002
Blaiken	Sorsele	AC	ScanMining AB	Zn Au Ag Pb	2006
Svärtråsk	Storuman	AC	ScanMining AB	Zn Pb Ag	2006
Kristineberg	Lycksele	AC	Boliden Mineral AB	Cu Pb Zn Au Ag	1940
Svartliden	Lycksele/Storuman	AC	Dragon Mining AB	Au Ag	2004
Garpenberg	Hedemora	W	Boliden Mineral AB	Cu Zn Au Ag Pb	1200-talet
Lovisagruvan	Lindesberg	T	Lovisagruvan AB	Zn Pb	1993, 2004
Zinkgruvan	Åskersund	T	Zinkgruvan Mining AB	Zn Pb Cu Ag Au Co Ni	1700-talet
Vram	Bjuv	M	Höganäs Bjuf AB	Eldfast lera	1797
Lunnon	Bjuv	M	Höganäs Byggkeramik AB	Klinkrande lera	1748

VAD ÄR EN NATURRESURS?

Naturresurser eller naturtillgångar är materia och energi som tas från naturen samt efterfrågas och används av människan. Naturresurser kan vara utnyttjade eller outnyttjade, upptäckta eller oupptäckta. Reserver är naturresurser som är kända, tillgängliga och kan nyttjas ekonomiskt med känd teknologi. En mineralresurs kallas exempelvis för en malm först när koncentrationen av metaller är tillräckligt hög för att det ska vara lönsamt att bryta dem. Förnyelsebara naturresurser ingår i ett kretslopp med en i det mänskliga perspektivet överblickbar omloppstid.

Naturresurser kan delas in i flödes-, fond- och lagerresurser: *Flödesresurser* är ständigt flödande resurser som i princip är outtömliga, som exempelvis sol, vind och vatten (även vågor). *Fondresurser* kräver vård och kan ge kontinuerlig avkastning. Vatten och markskikt samt biologiska resurser som växt- (till exempel torv, bioenergi, skog, jordbruk, vilda växter) och djurliv (fisk, kött). *Lagerresurser* minskar i mängd vid varje uttag. Dessa kan vara återvinningsbara, till exempel ballastmaterial (sand, grus, makadam), metaller och mineral – eller icke återvinningsbara, som exempelvis fossila bränslen som olja, kol och gas. De fossila bränslena förstörs vanligen vid användning och är även icke-förnyelsebara naturresurser eftersom de bildas för långsamt.



Bolidens zinksmältverk i Odda, Norge. Foto: Boliden.

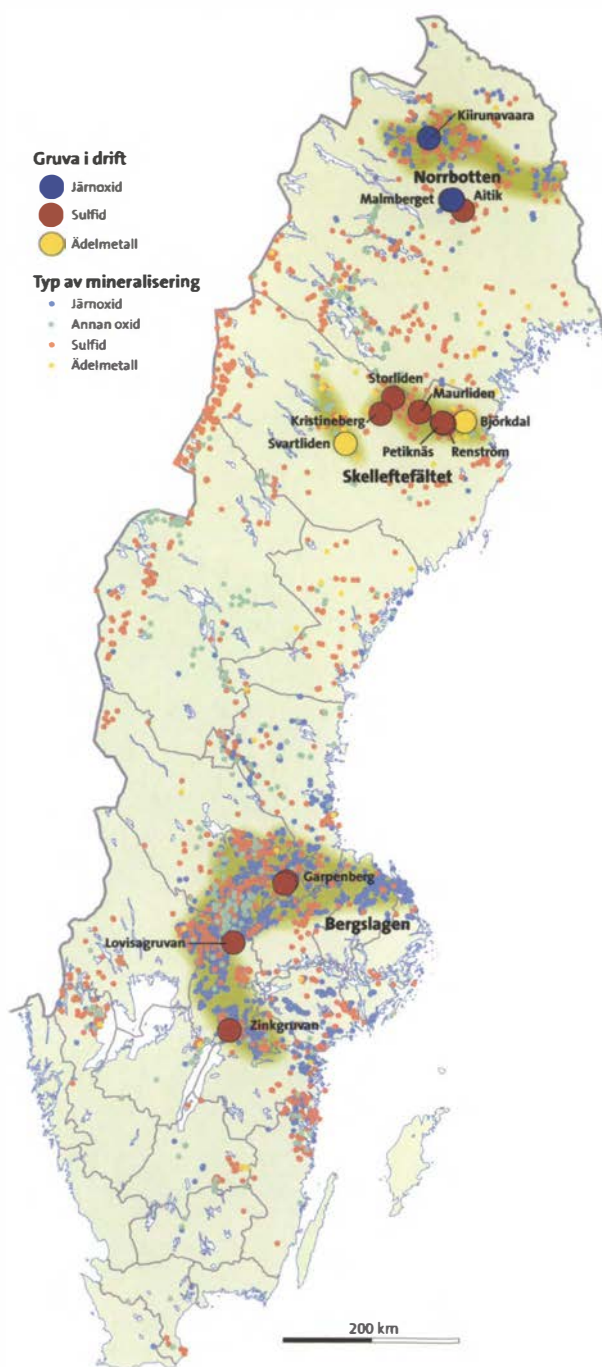
innebär att metaller och mineral ska komma alla människor tillgodo oavsett var i världen de lever, etnisk tillhörighet eller religion. De innebär vidare att metaller och mineral ska utgöra en del av strävan mot social utjämning och välfärd. Slutligen innebär de ekonomiska aspekterna att metall- och mineralutvinning ska leda till ekonomisk utveckling och vitalitet.

EU konsumerar cirka 20 procent av alla metaller som bryts i världen men producerar bara tre procent. Det man måste fråga sig är naturligtvis om detta är en hållbar utveckling? Om de geologiska förutsättningarna medger att en bättre balans kan uppnås mellan konsumtion och produktion så bidrar inte EU till en hållbar utveckling! Det omvända gäller för många andra delar av världen, framförallt i utvecklingsländer, där vare sig de miljömässiga, sociala eller ekonomiska definitionerna av hållbar utveckling uppnås vad gäller naturresursförsörjning (metaller, mineral, skog, vatten). Det blir också en intressant diskussion att fundera över hur vårt eget förhållningssätt till en hållbar utveckling är. Konsumtionen har ökat i Sverige med 27 procent mellan 1995 och 2005 även om man tar befolknings- och prisökningen i beaktande. Enligt många är den enda möjligheten för hållbar utveckling att minska vår konsumtion, men när det gäller metaller och mineral är detta en väg som förmodligen inte uppfyller kraven att ta hänsyn till alla tre dimensionerna av hållbar utveckling. För oss alla är det viktigt att fundera över vår egen inställning till hållbar utveckling. Vad blir konsekvenserna om vi slutar använda eller minskar vår användning av metaller? Är det realistiskt att tro att vi kan minska vår användning med tanke på att världens befolkning växer och vi vill att även folk i utvecklingsländer ska få en högre levnadsstandard?

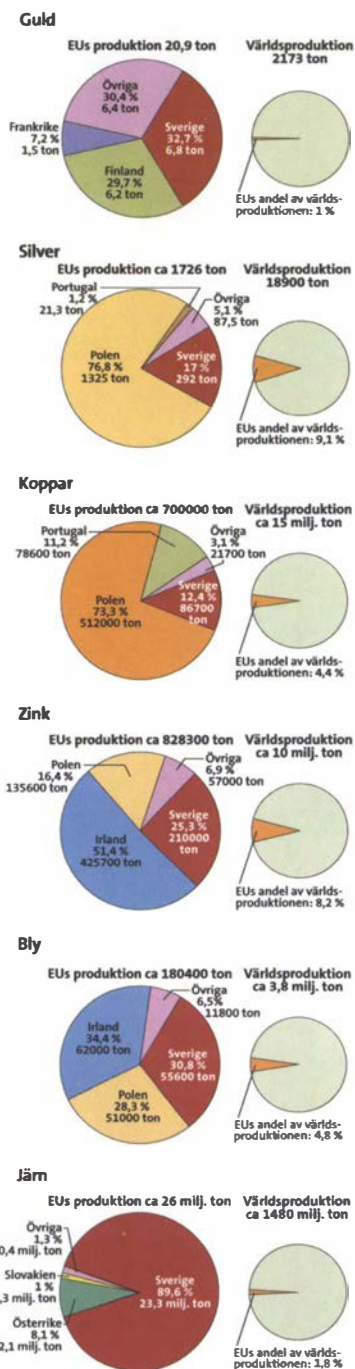
De flesta som utvinner naturresurser har intresse av att göra det på ett så miljövänligt sätt som möjligt, men naturligtvis med ett avkastningskrav. En miljömässigt välplanerad verksamhet kan ofta i längden vara billigare att driva. Däremot kostar det ofta mycket att avstanna en produktion för att göra stora förändringar i gamla produktionssystem. Inget företag lever länge om det inte ger en vinst. Vi måste ha en vilja att betala mer för råvaror som producerats med hjälp av miljömässigt bra metoder. Det är väldigt viktigt att man fortsätter att miljöeffektivisera processer och att företagen samarbetar för att finansiera forskning kring effektiviseringen. Stora framsteg har gjorts under de senaste decennierna för att göra processer inom råvaruindustrin mer miljövänliga. Genom utbildning och information kan man få folk att jobba på ett miljömässigt bra sätt, men det är upp till alla att ta sitt ansvar. Det hjälper föga att arbetsgivaren försöker lära anställda nya miljömässigt bättre rutiner, om den anställda inte tillämpar dem när ingen ser, ty "Old habits die hard"...

Att flytta utvinningen av naturresurser till fattiga länder och där inte tillämpa samma höga miljökrav som vi har i Sverige på natur och arbetsmiljö är omoraliskt. Dessutom blir utsläppen från mer omfattande transporter större. Naturresurserna måste därför utvinnas där de förekommer rikligt, är lämpliga att utvinna och kan utvinnas med minsta möjliga

Sveriges gruvor och mineraliseringar 2008



Sveriges gruvproduktion år 2006 i relation till EU25 och världen



Karta över malmer och mineraliseringar i Sverige 2008 samt Sveriges andel av EU:s metallproduktion 2006. Sammanställning från SGU. Bilden är hämtad från chefredaktör Jeanette Bergman Weiheds bildarkiv. ©Sveriges geologiska undersökning. Medgivande: 30-463/2008.



Kopparsmältning vid Rönnskärs
smältverk i Skelleftehamn.
Smältverket är ett av världens
största anläggningar för återvinning
av koppar och ädelmetaller. Man
producerar 250 000 ton koppar/år
och 15 procent kommer från
återvunnet material.
Foto: Boliden



Guld är den första av människan kända metallen. Mer än en tredjedel av världens guld förvaras av centralbanker och en ännu större andel är privat. En guldsticka väger 12,5 kilo. Sverige är den största guldproducenten i Europa och idag kommer 50 procent av guldets som produceras i Rönnskärs smältverk från återvunnet material. Foto: Boliden.

påverkan på miljön. Man samlar in och återvinner allt mer naturresurser exempelvis sand, grus och metaller. Befolkningsökningen i världen och den allt högre levnadsstandarden gör dock att vi trots detta behöver utnyttja allt mer av våra naturresurser.

Geologins betydelse

Att ha en god geologisk kunskap och att kartlägga jord- och bergarter samt vattenresurser är viktigt ur ett samhällsperspektiv. Det är bättre att utvinna naturresurser där det är mest fördelaktigt, och att odla de mest lämpliga grödorna där jordarterna innehåller de mest lämpliga näringsämnen. Detta för att kunna minimera användandet av konstgödsel och bekämpningsmedel samt att på bästa sätt utnyttja vattentillgången.

För att hitta råvaror till metallframställning, byggmaterial, bränsle och vattenförsörjning krävs en god kännedom om var råvarorna uppträder geologiskt. Prospektering efter mineral och metaller kräver omfattande geologisk kompetens om bergartsbildande och metallkoncentrerande processer och bygger ofta på en komplicerad modellering av dessa processer. En kombination av god kompetens inom geologi, geofysik och geokemi kommer att krävas i framtiden när allt fler råvaror kommer att produceras från fyndigheter som ligger djupt ned i berggrunden och därför blir svåra att upptäcka. Detta innebär samtidigt att vi kan minimera avtrycket av exploatering på ytan och därigenom få ökad acceptans för gruvverksamhet.

Även myndigheter måste ha en tillräckligt god kunskap om geologi och hur man utvinner naturresurser på ett miljövänligt sätt. En bättre integrerad process där

industri gemensamt med myndigheter drar upp riktlinjer för hur denna verksamhet ska bedrivas är önskvärd. Då undviks långa kostsamma tillståndsansöknings- och domstolsprocesser och pengarna kan i stället satsas på forskning för att minimera miljöförstöringen. Även för samhällsplanering är det viktigt med geologisk kunskap, god kartläggning och tillräckliga förstudier. Det är bättre att bygga hus och vägar på lämpliga ställen, inte där det blir översvämningar, sker ras, där man förstör grundvattenreserver, skyddsvärd natur eller friluftsområden. Berggrunden och marken innehåller naturligt metaller, ibland i skadliga mängder. Så kallade bakgrundshalter är viktiga att känna till så man inte bygger hus och odlar grödor på fel ställen. Radon och tungmetaller i vatten är sådana exempel.

En oberoende forskning är viktig exempelvis för att kunna bedöma miljökonsekvenserna av byggnationer, utsläpp, klimatförändringar med mera. Att med hjälp av grundforskning studera hur de geologiska processerna fungerat tidigare ger kunskap om varför vi har de nuvarande förhållandena och vad som kan ske i framtiden.

Slutligen ska man inte glömma den stora naturresurs för rekreation på fritiden vårt vackra land har. Låt oss hushålla med den resursen.

ANNIKA WASSTRÖM är projektansvarig prospekteringsgeolog hos Boliden Mineral AB.

PÅR WEIHED är professor i malmgeologi och prefekt vid institutionen för tillämpad kemi och geovetenskap vid Luleå tekniska universitet.

Naturomvälvningar och naturrisker

TEXT Sven Laufeld BILD Jade Colley

Även om Sverige inte ofta drabbas av naturens galopp så behöver man inte ens öppna en svensk dagstidning utan att stöta på uttrycket *naturskatastrof*. Därför måste vi börja med att klara ut begreppen. Ordet katastrof kommer från ett grekiskt ord som betyder vändpunkt. I ett klassiskt grekiskt drama finns en "katastrof" som sekunds snabbt förändrar hela handlingen. I officiell svenska finns inte begreppet naturskatastrof. Statens haverikommission, Röda korset och Räddningsverket ska använda ordet *naturolycka*. Enligt FN:s definition av begreppet naturskatastrof ska en sådan katastrof logiskt nog vara orsakad av en naturhändelse, inte av människan. Det finns inom vår offentliga sektor ingen definition på hur många människor som ska ha döats eller hur stor materiell förstörelse som ska ha inträffat för att man ska använda begreppen katastrof eller olycka. I massmedier behöver en händelse inte ens ha inträffat för att kallas naturskatastrof. Under ett par decennier har det varit på modet att lasta människan för naturskatastroferna och på det sättet förvirra begreppen ytterligare. Okunskap leder till katastrof när geologiska höghastighetsprocesser inträffar, men människan tror hellre... än förstår.

Vi som har arbetat länge inom branschen talar om *naturomvälvningar*. Vi vet att det är vanligt att naturen galopperar och att höghastighetsprocesserna är till både lycka och olycka. Översvämmingar, skogsbränder och vulkanutbrott är exempel på nyttiga processer, vilkas negativa verkningar framhävs med ordet naturskatastrof. Inom engelskan använder man begreppet *natural hazards* för att utskilja det potentiellt negativa, i vårt land kan man tala om *naturrisker*. En katastrof har redan inträffat, en risk innebär att något negativt kan inträffa längre fram i tiden. En naturomvälvning är en geologisk höghastighetsprocess som inträffar oberoende av människan, men som kan döda eller lyckliggöra henne. En naturskatastrof kommer alltid snabbt. Blixtnedslaget i en flock betande arabiska fullblod eller i ålderdomshemmet utan åskskydd tar tusendelar av en sekund. Ett asteroidnedslag raserar på sekunder en storstad, ett gigantiskt jordskalv tar 1-5 minuter för detsamma. Slutexplosionen i ett supervulkanutbrott en vecka. Det farliga ligger i det oväntade, inte i det man har tid att gardera sig för. Den som bor i Sverige köper vinterkläder, den som bor i södra Thailand får inte solsting eller törstar ihjäl under den sköna årstiden.

Det värsta som kan drabba mänskligheten är ett asteroidnedslag i en jättestad. En sådan himlakropp av

sten, en *meteorit*, behöver inte vara stor som en skyskrapa för att utplåna Beijing, men ha diametern 2-3 kilometer om den ska slå ut en stor del av mänskligheten. Ett *kometnedslag*, en massa av grus och is, har likartad effekt. Efter nedslagsexplosionens brännande hetta vid ett stort nedslag skulle alla träd i tropikerna dödas av kyla. Människan skulle överleva ett stort nedslag, men det skulle ta årtusenden för henne att repa sig till medeltidens materiella standard. Risken att Sverige träffas är proportionell mot den geografiska yta som landet upptar i förhållande till hela Jordens yta.

En lika kraftfull effekt kommer nästa *supervulkanutbrott* att få, och ett sådant är dubbelt så vanligt per tidsenhet som ett stort nedslag av en himlakropp. Man kan räkna med ett supervulkanutbrott en gång per 20 000 år. Yellowstonevulkanen i västra USA har haft mer än 30 sådana superutbrott, ett var 600 000:e år, det senaste för 600 000 år sedan. Det kommer fler. Det finns många vulkaner på jorden som får superutbrott, de i Italien, Turkiet och på Azorerna, Kap Verde och Kanarieöarna ligger närmast oss. För 32 000 år sedan hade Tobavulkanen på Sumatra ett superutbrott och då varade vulkanvintern i ett decennium och minskade jordens då lilla befolkning till en spillra. Det fasta material som slungades ut vid Tobautbrottet hade en volym av 3 000 kubikkilometer. Det är större volym än alla byggnader på jorden idag. Gasvolymen från utbrottet var ännu större. Människan har överlevt supervulkanutbrott med fimbulvintrar och syraregn mer än en gång. Vart 50:e år inträffar ett utbrott (1/100 så kraftigt som ett superutbrott) på Island som påverkar Sverige. Vid nästa stora (VEI:5-6) vulkanutbrott på Island kommer flygtrafiken i nordvästra Europa att lamlås men få att dödas. I vårt land får ett sådant utbrott ekonomiska effekter, negativa av vindburna partiklar och syrakorrosion och positiva av naturgödslingen av skogar och åkrar och av ett bättre fiske något senare. Norge påverkas naturligtvis mycket mer, inte minst energiutvinningen i Nordsjön.

Pandemier, epidemiska sjukdomar som snabbt slår till över hela jorden, är det närmast viktigaste slaget av naturomvälvningar. Digerdöden tog i Europa minst 20 miljoner vid 1300-talets mitt och spanska sjukan (influenta) 20 miljoner 1918-19, varav drygt 34 000 i Sverige. Sedan 1540 har världen upplevt drygt 30 pandemier, vardera med flera miljoner döda. Vi minns kanske influensaepidemierna "asiaten" 1957-1958 och 'hong-

Supervulkanutbrott, översvämningar, stormar, jordbävningar och jordskred. Naturens krafter är mäktiga. Det som vi idag betraktar som naturkatastrofer har inträffat många, många gånger i Jordens historia.

kong' 1968-1969, den senare spreds över jorden på sex månader, men även om flygtrafiken i dag är snabbare och oerhört mycket tätare, så har vi en motsvarande höjd beredskap. Influenzavirus muterar lätt, men fågelinfluensan har dödat mindre än 250 människor och världens beredskap mot den är så hög att det hinner dyka upp någon ny oväntad men farlig sjukdomsform att oroas för innan resurserna tas i bruk. Epidemiska sjukdomar kommer säkert inte att döda många människor i Sverige. När vi var ett låglöneland betalade vi med människoliv, i dag är vi garaderade genom höga kostnader för sjukvården och med försäkringar när vi är utomlands.

Översvämningar är vanligast bland alla naturomvälvningar också i ett geologiskt tidsperspektiv, men som generell regel vid alla naturrisker är de små händelserna vanligast. Ju större översvämning, desto glesare inträffar den i tid och rum. Som tumregel gäller att hälften av alla naturomvälvningar i världen är översvämningar, men översvämningarna har många orsaker. Att människan drabbas ofta beror på att hon vill vara just där land och vatten möts. Sådana ställen har alltid varit de garanterat mest riskfyllda platserna på jorden. Den äldsta oceanvattenpegeln i världen finns i Amsterdam och den visar att havsytan i Nordsjön steg 0,4 millimeter/år 1682-1740, 0,15 millimeter/år 1740-1830, 1,3 millimeter/år 1830-1930, alltså en total stigning med 2,73 meter 1682-1930. Från 1930 till 2005 steg havsytan 0,3 millimeter/år. Enligt IPCCs 3e rapport kommer havsytan under 1990-2100 (110 år) att stiga 0,48 meter. Holländarna, som lever farligast i Europa, har ingen anledning oroa sig. När Nederländerna, där 70 procent av alla byggnader ligger under havs- och flodytan, år 1953 till 1/7 täcktes av nordsjövatten och 1 800 människor omkom, så berodde det på att en svår västlig orkan inträffade samtidigt med springflod, något som inträffar 1-2 gånger per 1 000 år. Men holländarna ändrade snabbt sin byggkod, så att allt som byggs måste klara av händelser som inträffar 1-2 gånger per 10 000 år. Om byggandet i vårt land hade haft samma regler som Nederländerna före 1953 skulle Kristianstad inte ligga där det gör, men Sverige använder inte ens idag geologer i samhällsplaneringen.

Den största översvämningsskrisen i vårt land ligger inte i att det kan bli 5-10 grader varmare om hundra år utan i avsaknaden av tidsbegrepp när det gäller naturens normala variation. När det 1997 på ett dygn

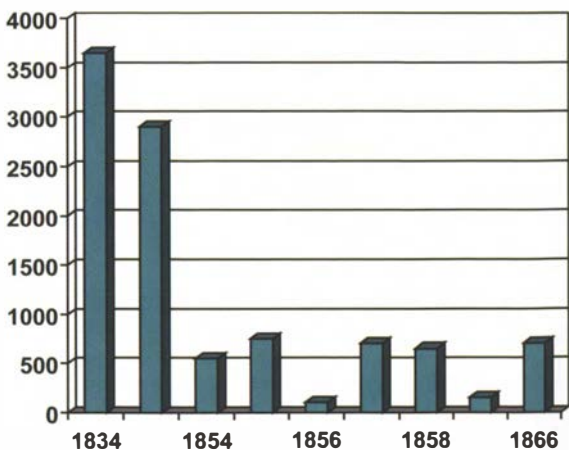
föll 40 centimeter vatten (400 liter/kilo) per kvadratmeter vid Fulufjället i Dalarna, så var det "svenskt rekord". Frasen brukar ofta vara "sedan mätningarna påbörjades." Jönköping stod under vatten efter något dygns skyfall 1831, och om man skulle till Rådhuset eller Hovrätten fick man ta roddbåt och kliva in genom fönstren. Vad gäller översvämmande sommarstugor i de norrländska älvdalarna är det inte Vattenfalls fel utan kommunernas byggnadsnämnders. Erfarna geologer bör ges tillfälle att tillföra samhället ett anständigt tidsperspektiv. Kanske skulle rentav alla framtidsforskare och alla de som upprättar planer för framtiden få en naturvetenskaplig grundutbildning? Sverige är inte särskilt känsligt för översvämningar, med undantag av älvdalar med höga kraftverksdammar, en del av mycket hög ålder. Om Vattenfall pressas att betala för mycket "vinst" till statskassan, blir det för lite över till det nödvändiga underhållet av dammarna.

Stormar till havs har alltid varit fruktade. Europa-rekordet för uppmätta vågor ligger i Biscaya-bukten med 18 meter, i Nordsjön trodde man rekordet låg på nio meter tills en norsk oljeplattform drabbades av högre vågor. I Östersjön mätte man en våg på 13 meter i januari 1984. Våra svåra stormar är alltid vinterstormar men det är en väl underhållen myt att "global warming" kommer att ge oss ännu högre vågor. De flesta och svåraste stormarna i Nordsjön och våra nära farvatten under de senaste 600 åren ägde rum under kalla klimatperioder. Att skogarna i Sverige stormfälls oftare i nutiden beror på att skogarna är rader av planterade granar som snabbast möjligt ska generera ekonomisk avkastning, vilket är nog så vettigt, men risken måste tas med i kalkylen. Estoniakatastrofen där 852 liv spilldes 1994 skedde under en högst normal storm. Den Östersjöstorm som sannolikt tagit flest människoliv ägde rum under "lilla istiden", då en tredjedel av Danmark örlogsflotta blev vrak utanför Visby år 1566 och åtminstone 6 000 personer drunknade i en västlig storm. Stormar i nutidens Sverige ger stora materiella skador på land för att vi har flyttat ihop i tätorter med stort kapital per kvadratmeter och för att elnätet finns i luftledningarna som inte är säkrade för fallande träd. Vi har bara att välja mellan att gräva ner elkablarna eller ta bort alla träd som står för nära ledningarna. Båda lösningarna är dyra och därför blir vi ibland strömlösa.

Kyla, snö och is är vi vana vid, men de är i Sverige

och andra tempererade länder mycket större naturrisker än torka och hetta. Miljoner människor från norra Europa semestrar frivilligt i länder med årstemperaturer som är tio grader högre än dem som meteorologer spår att vårt land har om 100 år. En väsentlig del av Sveriges befolkning emigrerade under 1800-talet på grund av missväxt till följd av vad vi kallar "kallt busväder". Missväxt till följd av hetta (eller kyla) var som helst i världen är idag främst ett logistiskt problem, som går att lösa om man vill. Den som oroar sig för 5-6 graders temperaturökning de närmsta 100 åren bör sätta sig in i hur människor världen över hade det 1350-1880, under "lilla istiden". Det är inte en slump att Antarktis och Arktis är glesbefolkade.

Jordskalv eller jordskred dödar "statistiskt sett" bara 15 000 människor om året på jorden, men flera procent av allt byggande världen över utgör ersättning för vad jordskalv nyss har förstört. I Kina dödade 830 000 människor 1556 (Sverige hade då cirka 600 000 invånare) av ett jordskalv. Det skalvet var bara en tiondel så kraftigt som det skalv som genererade tsunamin på annandagen 2004 då 300 000 människor omkom när Indiska oceanens kuster översvämmades. Trots att så starka skalv inträffar varje år och befolknings-tätheten och därmed det kommersiella värdet i varje bebyggd kvadratkilometer ökar våldsamt inser alltför få att naturens höghastighetsprocesser borde få större prioritet än processer som tar ett eller flera årtionden. I Sverige inträffar starka jordskalv sällan, ett med magnitud 6 per 1 000 år, men också mindre skalv kan utlösa jordskred och bergfall med svåra konsekvenser om materialet hamnar i dammar, sjöar eller hav. Men det är när man semestrar eller arbetar utomlands i jordskalvsbenägna områden som man är i verkligt farliga trakter.



Några siffror. Diagrammet visar antal döda i kolera i Stockholm 1834, 1853-59, 1866. Tsunamin i sydostasien i december 2004 dödade 300 000 personer, varav 543 svenskar. Sveriges folkmängd var 1834 tre miljoner och 1866 fyra miljoner. År 1834 led Västergötland av torka men Vänern svämmade över. 1860-talets många nöddår ledde till utvandring från Sverige till USA.

Jordskred är inte ovanliga i Sverige, men stora skred inträffar i genomsnitt bara vart tredje år och katastrofala skred bara vart 25:e år. Västra Götaland är svårast drabbat, Lilla Edet kommun är i särklass med tre gånger fler skred än någon annan kommun i landet. Det beror på att lera är ett vanligt jordlager i västra Götaland och att lerans underlag där sluttar brant ner i älv- och ådalarna. Skredbenägenheten ökar vid varaktiga regn, vid vibrationer från jordskalv, väg- och spårtrafik och sprängningar och när man schaktar, tippar eller på annat sätt rubbar markstabiliteten. Skreden utlöses ofta på morgon och förmiddag. De äldre jordskreden i vårt land intresserar ingen, trots att ett av de största, vid Mariedal i Västergötland, omfattade 400 hektar. Det är inte ens ordentligt daterat. Skredet vid Åkerström/Intagan fyra kilometer från Trollhättan år 1648, mitt under "lilla istiden", då Europas glaciärer växte snabbare än de nu smälter, vet vi något mer om, men inte hur många som omkom (cirka 85-130). Det dröjde inte länge förrän man vid Sveriges riksdag diskuterade åtgärder mot översvämningarna i Vänern och Vättern, Hjälmaren och Mälaren. Denna "våta" period mitt under "lilla istiden" började i Sverige 1647 och fortsatte in på 1650-talet. Som alltid när en regnrik tid avlöser en torrare följde epidemier. Naturomvälvningar inträffar vare sig det blir kallare eller varmare.

UD och Exportrådet vet för lite om naturrisker. Svenska företag som etablerar sig i Kina och Japan måste därför själva ha och ge sina anställda kunskap om att naturriskerna där är 1 000 gånger större än i Sverige. Om reseindustrin hade vetat att medelhavsområdets naturrisker är minst 100 gånger större än vårt lands, hade man försett sina resenärer med kunskap anpassad till resmålens naturrisker. Trots alla utredningar som gjorts i Sverige efter tsunamikatastrofen 2004 utbildas inte ens Räddningsverkets personal om naturrisker, trots att Räddningsverket för sjätte året i rad förtjänstfullt utbildar räddningschefer från mer än 20 andra länder om internationella miljökatastrofer. Geologer har jordens utvecklingshistoria som yrke och har därmed störst kunskap om vad som har hänt i naturen. Vi vet därför bättre än andra vilka naturrisker som väntar samhället i framtiden. Så länge våra massmedier inte har journalister med naturvetenskaplig universitetsutbildning kommer dessa obehagliga brister inte heller att granskas. Varför sår människan så mycket i vinden? Tror alla kommunalpolitiker och riksdagsledamöter att "global warming" är farligare än naturkatastrofer?

SVEN LAUFELD är docent i historisk geologi och arbetar som konsulterande geolog.

Läs mer på hemsidan www.naturalhazardsgroup.com.

Världshavets gåtor

Vatten har funnits med från allra första stunden på vår Jord och 97 procent av allt vatten finns idag ansamlat i havet. I denna artikel får vi veta mer om vattnets uppkomst, om djuphaven och om världshavens bottenlandskap. Med akustiska mätmetoder kan forskarna idag få fram tredimensionella bilder av bottenpografin som ger nya möjligheter till tolkning och analys av bottenförhållandena.

Principskiss över multibeamekolodning. Den svenska isbrytaren Oden utrustades under 2007 med ett multibeamekolod tillverkat av norska Kongsberg (modell EM120). Lodet, som sänder ut ljudpulser omkring 12 kHz, är speciellt anpassat för djuphaven och klarar djup ned till elva kilometer, det vill säga ända till botten av Marianergravnen. En tredimensionell bild av bottenförhållandena utanför norska Kvaløya framtagen med Odens multibeamlod visas på sidan 50.

TEXT Martin Jakobsson och Jan Backman

Vanligtvis brukar artiklar om världshaven inledas med konstaterandet att Jordens yta är till mer än 70 procent täckt av hav – den blå planeten. En naturlig följdfråga kanske borde vara – var kommer allt vatten ifrån? Svaret förvånar många, eftersom det är: Rymden.

När universum bildades för omkring fjorton miljarder år sedan var det vårt lättaste grundämne, väte, som först uppstod då det endast består av en proton och en elektron. Moln av bildad materia drogs samman och riktigt stora sådana moln kollapsade under sin egen gravitation för att bilda början till de första galaxerna. Givetvis är det svårt att rekonstruera hur lång tid det tog för dessa första galaxer att bildas sedan universums skapelse, "the Big Bang", men astrofysikerna uppskattar att det tog några få hundra miljoner år.

I dessa galaxer skapades stjärnor genom att materia kylades av och drogs samman av gravitationskraft. I stjärnornas inre blir det så enormt högt tryck att två väteatomer kan slås ihop för att bilda helium, nästa

ämne i det periodiska systemet. Om vi fortsätter bilda nya och allt tyngre ämnen bestående av atomkärnor med flera protoner och neutroner genom kärnsammanslagning så kan syre bildas då kol slås samman med helium. Kedjan fortsätter tills det att ämnet järn bildas i stjärnans kärna och om dess massa är omkring 1,4 gånger större än vår egen sol händer det oundvikliga då "bränslet tar slut" – stjärnan sprängs och materia slungas ut i universum. Då denna materia träffar andra vätemoln någonstans i rymden kan två väteatomer och en syreatom lyckligt förenas till en vattenmolekyl genom att de delar sina yttersta elektroner i en bindning. I sin tur binds vattenmolekylerna ihop genom så kallade vätebindningar.

I boken *Mapping the Deep* (Kartläggga Djupen) berättar författaren Robert Kunzig bland annat historien om vattnets upptäckt i rymden och poängterar att mängden vatten i vår egen galax troligen uppgår till massan av tusen solar, det vill säga det finns tillräckligt med vatten för att fylla nästan oändligt många hav av

ungefär samma storlek som de som finns på Jorden. Man föreställer sig att Jordens bildning för omkring 4,6 miljarder år sedan skedde genom att det "planet-damm" bestående av bergfragment och is som först roterade likt en tallrik runt den bildade stjärnan (solen) slogs samman till en planet. Även de andra planeterna i vårt solsystem kom till på detta sätt. Vatten fanns med andra ord med från början, men på grund av värmen skapades en atomsfär av vattenånga, som först då jordytan svalnat tillräckligt kunde kondensera och regna ner till ett världshav.

Men varför har vattnet just ansamlats till ett hav på Jorden och inte på de andra planeterna i solsystemet? Det har att göra med vårt läge i solsystemet. På planeterna närmare solen är det för varmt för att vattnet skall kunna finnas kvar i flytande form och på planeterna längre bort kan det bara existera i fast form. Vi ligger helt enkelt perfekt till i förhållande till vår stjärna för att få behålla vårt världshav!

Varför finns det djuphav?

Våra djuphavsbassänger finns helt enkelt till därför att den basaltiska oceanskorpan är tyngre än den granitiska kontinental skoran. Den förra har en medeltäthet om ca 3,0 gram per kubikcentimeter och den senare 2,7 gram per kubikcentimeter. Därför trycker den något tyngre oceanskorpan ner den plastiska övre manteln en liten bit längre än vad kontinentalskorpan förmår göra, eftersom den flyter högre på underlaget, precis som en bit kork flyter högre i vatten än vad en lika stor träbit av gran skulle göra. Om man jämför kontinenternas medelhöjd med världshavens medeldjup blir skillnaden drygt 4,2 kilometer. Jordens gravitationsfält ser sen till att havsvattnet håller sig till jordytans djupare delar, i djuphavsbassängerna. Vulkanism och andra dynamiska så kallade plattetektoniska processer i världshavens former sedan detaljerna i det dramatiska havsbottenlandskapet. Det är inte Mount Everest med sina 8 850 meter som är världens högsta berg, utan det är Hawaiiön, som stiger 5 000 meter från havsbotten innan det når havsytan och 4 170 meter över havsytan, det vill säga totalt 9 170 meter, eller 320 meter högre än Mount Everest.

Några detaljer i världshavens bottenlandskap–gravar, berg och slätter

Medeldjupet i världshaven är omkring 3 452 meter enligt GEBCOs (General Bathymetric Chart of the Oceans) senast uppdaterade databas (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gebcoc/>). De djupaste områdena finns i de så kallade subduktionszonerna, eller i djuphavsgravarna, som de mer alldagligt kallas. I Challengerdjupet, som ligger i Marianergraven strax sydväst om ön Guam i västra Stilla havet, finns det största havsdjupet som mätts. På några få tiotals meter när är djupet där elva kilometer. Vid subduktionszonerna sjunker tung äldre oceanbottenskorpa ned i manteln under antingen yngre och därmed lättare oceanbottenskorpa eller lättare kontinental skorpa. Man säger att manteln konsumerar oceanskorpan vid djuphavsgravarna, och

det är den processen som gör dessa så djupa. Att yngre oceanbotten är lättare än äldre beror på att skorpan densitet ökar då den kyls av med tiden efter att den bildats från het magma. Det var just en sådan subduktionsprocess som orsakade den kraftiga jordsbävningen utanför Sumatra 2004, vilken i sin tur utlöste den förödande tsunamivågen. Jordmantelns konsumtion som sker i djuphavsgravarna måste på något sätt kompenseras genom att ny havsbotten bildas på andra ställen. Detta sker vid de mittoceaniska spridningsryggarna. De formar långsträckta och flera kilometer höga bergskedjor som löper likt suturer på havsbottenarna mitt genom världshaven. Den Mittatlantiska spridningsryggen sträcker sig ända från Framsundet nära 80°N mellan Svalbard och Grönland i norr till gränsen mellan Sydatlanten och Södra oceanen i söder vid ca 60°S. Fågelvägen är det en sträcka om nära 16 000 kilometer. Vid sådana spridningsryggar bildas ständigt ny havsbotten. Just Mittatlantiska ryggen sprids med en hastighet av 1-2 centimeter per år. Island utgör en del av ryggen som når över havsytan.

Det flesta öar, som ligger mitt ute i tillsynes ingestans, har dock en annan bakgrund än Island. Flertalet är så kallade djuphavsborgar (seamounts) vilka uppkommit vid så kallade heta fläckar (hot spots). Ett klassiskt exempel är Hawaiiöarna. En hetfläck är ett område där det lokalt kommer upp magma från Jordens mantel för att tränga igenom havsbottenskorpan och bilda en vulkan, som när den blir tillräckligt hög tränger igenom havsytan. Hetfläckarna ligger relativt stilla över tiden samtidigt som havsbottenskorpan rör sig. Då vulkanen rört sig tillräckligt långt ifrån den heta fläcken slocknar vulkanen och en ny kan bildas över den heta fläcken. På så sätt kan hela pärlband med djuphavsborgar bildas. Hawaiiöarna utgör endast några få av de djuphavsborgar som bildats av en och samma hetfläck längs den bergskedja i norra Stilla havet som heter Hawaii-Emperorbågen.

En tredje huvudkaraktär i världshavens bottenlandskap är dess enormt vidsträckta och flacka slätter, så kallade abyssalslätter. När några tiotals miljoner år gått efter att en havsbotten bildats vid en spridningsrygg har den transporterats många hundra kilometer iväg från ryggsentrum, samtidigt som den stadigt sjunker till större vattendjup allteftersom den svalnar av. Ju äldre havsbotten är, desto svalare blir den och desto djupare ligger den. Basalbotten är naturligtvis ytterst skrovlig med stark topografisk relief. Men den kommer att jämnas ut successivt allteftersom mikroskopiskt stora hårda skelettdelar av kalk och kisel, som bildats av ytlevende mikroplanktongrupper som till exempel foraminiferer, kokkolitoforider, radiolarier och diatoméer, faller ner mot bottenarna och över årmiljonerna jämnar ut den ursprungliga havsbottens skrovligheter. Till slut får man ytterst jämna och flacka slättlandskap som täcks av ett ofta finkornigt sedimentslam, så kallad djuphavsooze.

Kunskapen om havsbottenlandskapets utseende

När man tänker på att världshavens medeldjup är nära 3,5 kilometer blir det inte svårt att förstå att kunskapen om havsbottenarnas utseende har klarnat först under de senaste 30 åren. Fortfarande är dock stora delar av världshavens botten förvånansvärt dåligt karterade, så än återstår mycket att göra för att få en skarp bild av havsbottenarna.

Före andra världskriget fanns bara ett fåtal djupmätningar som utfördes med lodlinor, som bestod av en stål vajer med en vikt fäst i ena änden. Före 1870 användes hamparep, som naturligtvis blev skrymmande och otympliga när de nådde några kilometers längd. Det säger sig själv att lodlinetekniken är föga effektiv. Amerikanen Matthew Fountain Maury var den som systematiskt började göra mätningar av världshavens vattendjup under mitten av 1800-talet. Med hjälp av dessa mätningar kunde han rita en första djupkarta över Nordatlanten, som bland annat låg till grund för dragningen av den första Atlantiska telegrafkabeln. Under andra världskriget utvecklades ekolodstekniken. Tio år senare hade tekniken förfinats och användes av ett flertal marina forskningsinstitutioner runt om i världen. Ekolodet skickar en ljudpuls ner i vattnet, som studsar mot havsbotten och tillbaka mot ytan och fartygets hydrofoner. Genom att mäta tiden det tar från det att pulsen sänds ut och tills den kommer tillbaka till fartyget, och med kännedom om ljudets hastighet i havsvatten som mestadels ligger strax under 1 500 meter per sekund, kan man beräkna vattendjupet. En billig och effektiv teknik som ger tvådimensionella profiler (vattendjup i fartygets färdriktning) av havsbottentopografin.

När de marina kartograferna Bruce Heezen och Marie Tharp sammanfogade ekolodsprofiler från Atlanten började de skönja mönster i havsbottentopografin. Med en god portion fantasi ritade de in de delar som fattades och skapade på så sätt 1957 den första rimligt korrekta tredimensionella (3D) kartan över Nordatlantens havsbotten. Tjugo år senare publicerade

de en världshavskarta, som i grova drag gav en god tredimensionell bild av världshavens bottentopografi.

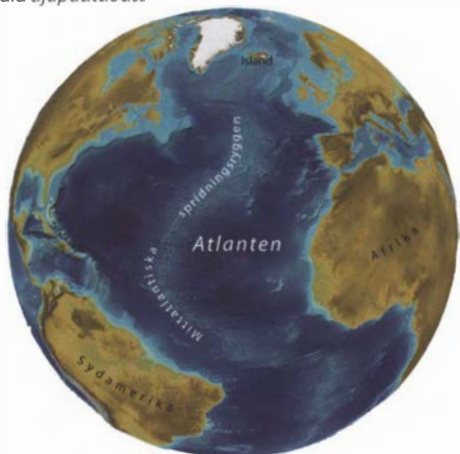
Ny teknik ger detaljerade bilder av havsbotten-topografin

Modern ekolodsteknik innebär att inte endast en ljudpuls skickas iväg rakt ner under fartyget, utan att man sveper ut ljudpulser utifrån en sändare. Det kan liknas med att en ljudlob utbreder sig under fartyget i triangelform utmed ett givet plan. Spetsen på triangeln är fartygets ljudkälla och basen är havsbotten (se bild), där basens längd förflyttas i rätt vinkel mot fartygets färdriktning. Basens längd är normalt omkring tre-fyra gånger vattendjupet, ända upp till sex gånger med de senaste instrumenten. Om vattendjupet är tre kilometer får man djupdata från ett 9-18 kilometer brett område under fartyget, som ligger i mittlinjen av svepets bredd. Denna flerstråleteknik (multibeam sonar) har revolutionerat havsbottenkarteringen dels på grund av att profilmängden hundrafaldigats i sidled för varje avverkad sjömil och dels därför att man slipper använda fantasin för att skapa en tredimensionell bild av havsbottentopografin under fartyget, det sköter datorerna om. Jaja, även datorerna behöver fortfarande lite hjälp från samma fantasi som Heezen och Tharp använde, men den är förhållandevis liten.

Multibeamtekniken innebär att det är först nu under 2 000-talet som vi har möjlighet att för första gången skapa en skarp bild med hög mät noggrannhet av världshavens botten. Tillämpningarna är oöver-skådligt många. Förutom det rent estetiska värdet hos havsbottenkartorna kan nämnas, som ett enstaka exempel, att havsbottentopografin måste kännas till i detalj för att man ska kunna göra exakta beräkningar av tsunamivågons hastighet och framfart över havsvidderna.

MARTIN JAKOBSSON är docent i maringeologi och geofysik och JAN BACKMAN är professor i allmän och historisk geologi vid Stockholms universitet.

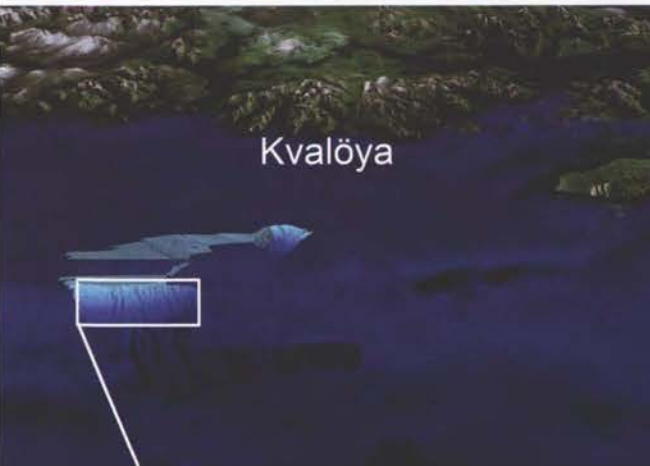
Havsbottentopografin i Atlanten och västra Stilla havet. Globerna är framställda från General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) globala djupdatabas.



Havets icke-levande resurser



Oljeplattformen Troll A. Foto: Marit Hommedal/Statoilhydro.



Kvaløya

Ny teknik som ger detaljerade tredimensionella bilder av havsbottens topografi (se sidan 49). Multibeamdata insamlade med forskningsfartyget Oden utanför Kvaløya i Nordnorge. Den förstörade bilden visar i detalj hur det ser ut där den omkring 200 meter grunda kontinentalsockeln utanför Kvaløya övergår till en brant kontinentalsluttning. Raviner bildas av sluttningsprocesser på samma sätt som på land.

0 5 km

500 m

Havsbottnen innehåller både energi- och mineralresurser, om än ojämt fördelat över jordklotet. Många länder har kartlagt sina havsområden inklusive den ekonomiska zonen (EEZ) för att få veta mer om vilka exploateringsmöjligheter som finns och hur utbrytning kan ske på ett ekologisk hållbart sätt. Sveriges havsområden är kartlagda till 20 procent.

TEXT Ingemar Cato

Människans erövring av havet har tagit tid. Det är bara drygt halvtannat sekel sedan utforskandet av de olika världsdelarna någorlunda fullbordades och därmed också vetskaper om fördelningen mellan land (29 procent) och hav (71 procent) på vår planet. För 500 år sedan ansåg den förste världsomsegelaren, Magellan, att havet var botenlöst, eftersom han ute i Stilla havet inte kunde nå botten med sin lodlina. Idag vet vi betydligt mer om havsdjupen och havsbotten, men kunskapen är mycket ung och mycket återstår att upptäcka.

Banbrytande i dessa sammanhang har varit den engelska HMS Challengerexpeditionen (1872–1876), den tyska Meteorexpeditionen (1925–1927) den svenska Albatrossexpeditionen (1947–1948) och de 79 moderna amerikanska expeditionerna (1968–1976) med borrhartyget Glomar Challenger. Dessa expeditioner har kraftigt förändrat vår syn på jorden i sin helhet och på de storskaliga processer som ständigt förändrar den. Omvälvningen kan jämföras med Kopernicus upptäckter inom astronomin på 1500-talet. Utforskandet av havet har fortsatt och fortgår och ständigt görs nya upptäckter.

Havsbotten

Jordens kontinenter tar inte slut vid havsstranden utan fortsätter med svag lutning ut mot djup på uppemot 200 meter. Området benämns kontinentalsockeln (eller shelfen) och påminner starkt om kusternas landområden. Kontinentalsockeln upptar åtta procent av världshavets yta (vilket motsvarar Afrikas yta). Under istider, då havets yta stått cirka 150 meter lägre än nu, har shelfområdena varit torrlagda. Kontinentalsockeln övergår vid cirka 200 meters djup i kontinentalbranten där vattendjupet ökar hastigt ned till cirka två kilometers djup. Därefter vidtar kontinentalsslutningen som långsamt sänker sig ned till djuphavsbassängerna på djup mellan 4–6 kilometer. I så kallade djuphavsgravar kan djupet uppgå till elva kilometer. Djuphavsområdenas geologiska uppbyggnad skiljer sig helt från kontinenternas.

Våra djuphavsområden är genomskurna av sammanhängande ryggar som ibland når upp över havsytan (till exempel Island). Ryggssystemen är vulkaniskt aktiva och utgör så kallade spridningscentra där ny havsbotten bildas. Samtidigt pressas havsbotten ned under kontinenterna i andra områden (så kallade subduktionszoner) med jordbävningar och bergskedjeveckning som följd. Spridningscentra och subduk-

tionszoner delar in jorden i ett antal plattor som rör sig i förhållande till varandra (plattekttonik).

Havsbotten är täckt av olika typer av sediment som härrör från land och rester av havets egen biologiska produktion (skal). Sedimentfördelningen varierar med strömmar, vågor, djup och latitud samt vertikala rörelser i havsvattnet till exempel uppvälkning av djupvatten.

Havets mineralresurser

I mer än 4 000 år har människan utvunnit *koksalt* ur havsvattnet. Detta har skett genom att vattnet pumpats in i dammar och sedan lätits avdunsta. Kvar har blivit en beläggning av salt som tillvaratagits. Utöver koksalt är det endast *magnesium*, *brom*, *gips* och *kalium* som utvinns kommersiellt ur havsvatten. I främst arida områden, till exempel i Saudiarabien, Kuwait, Abu Dhabi, Kanarieöarna och Bahamas, utvinns färskvatten genom destillation och elektrodialys av havsvatten. Världspridningen har uppskattat till över 300 miljoner ton per år och produktionen ökar konstant.

Havsbotten innehåller både energiresurser (olja och gas) och mineralresurser (metallnoder, metallslam, fosforitavlagringar, vaskavlagringar med mera), av vilka de förra utan jämförelse har störst ekonomisk betydelse idag. Världens kolväteproduktion uppgår idag till cirka tre miljarder ton olja per år och 1,5 biljoner kubikmeter gas per år. Drygt 20 procent kommer ifrån källor i havet (offshore).

Olja och gas

Olja är en komplex blandning av kolväten och andra organiska föreningar som härrör från organiskt material producerat både på land och i havet, men i huvudsak från marina plankton. Olja kan därför betraktas som en fossilt lagrad solenergi. Endast 0,1 procent av jordens organiska produktion har bevarats som kolväten i sedimenten och endast 0,01 procent föreligger koncentrerat i olje- och gasfält.

För att dött organiskt material ska omvandlas till olja krävs att det efter sedimentation överlagras av minst en kilometer sediment och att temperaturen stiger till mellan 50 och 150 grader Celsius. Vid högre temperatur bildas *gas*. Både olja och gas vandrar (migrerar) med tiden från källbergarten till porösa sedimentära bergarter som sandstenar, siltstenar och karbonatbergarter för att slutligen fångas upp av en saltdiapir eller vanligast i en ficka eller ett veck under en överlagrande och tätande bergart. Saknas detta tätande lager försvin-

ner oljan/gasen ut i havet eller atmosfären. Man känner till cirka 200 sådana naturliga läckage i havet där den totalt utsläppta mängden per år motsvarar det årliga antropogena oljespillat (0,6 miljoner ton). Större delen av havsbotten (cirka 80 procent) är för ung eller har för tunt sedimenttäckte för att kunna innehålla olja och gas. Det mest lovande oljeprospekteringsområdena i havet finns därför på kontinentalsocklarna. Cirka 25 procent av den totala gasproduktionen i världen sker idag från marina fyndigheter.

Världens påvisade olje- och gasresurser uppgår till cirka 137 miljarder ton råolja och 113 biljoner kubikmeter gas medan reserverna uppskattas till 100 miljarder ton respektive 70 biljoner kubikmeter olja och gas. Med nuvarande konsumtionstakt anses oljan räcka i drygt 40 år och gasen i cirka 55 år.

Bergarten stenkol (speciellt gaskol) kan innehålla upp till 35 procent naturgas och utgör därmed också en viktig gaskälla. Med nuvarande brytningstakt beräknas jordens koltillgångar (brunkol, stenkol och antracit) räcka i ett par tusen år. Ingen marin produktion förekommer ännu. Jordens totala tillgångar av fossila bränslen har uppskattats till 750 miljoner TWH, vilket motsvarar 75 000 miljarder ton råolja, varav merparten är kol och olja i oljeskiffrar.

Mineral

Inom jordens shelfområden återfinns också de ekonomiskt mest intressanta marina mineralförekomsterna. Närmast stranden och i flodmynningar (estuarier) förekommer så kallade *vaskavlagringar* (placer deposits), vilka bildas genom vågors och strömmars bearbetning, separation och omlagring av lösa vittringsmassor från kontinenterna. I vissa fall har omlagringsprocesserna givit upphov till stora och brytvärda avlagringar. Som exempel kan nämnas att 70 procent av världens zirkoniumproduktion sker från vaskavlagringar utanför Australiens östkust. Betydande kvantiteter utvinns också vid nordöstra Sri Lanka. Tenn (mineralet kassiterit) utvinns offshore i Sydostasien, magnetit utanför Japans sydkust (Ariakebukten) och Nya Zeeland, titan från sandavlagringar innehållande mineralen ilmenit och rutil utmed östra Florida, Nya Zeeland, Sri Lanka och Australien, platina och guld utanför Alaska. Värdet av "guldanden" utanför Nome i Alaska har uppskattats till över 800 miljoner svenska kronor.

Andra vaskavlagringar av ekonomiskt intresse är *sand- och grusförekomster* på shelfen, inte minst de kvartsrika industrisanden som bland annat används till glas- och glasfibertillverkning. Exempel på närliggande marina sandavlagringar är Sandflyttan, Disken och Västra Haken i Öresund samt avlagringar vid Bornholm och utmed Salvorev norr om Gotland. Betydligt större avlagringar av grus- och sand finns i Nordsjön och utanför USAs östkust. Bara i USA utvinns runt 550 miljoner ton per år. Även stora avlagringar av *kalkskal* (skalsand) bryts för olika ändamål; cementtillverkning (San Francisco Bay), vägbyggen (Västafrika), eller för utvinning av magnesium (Galveston Bay i Mexikanska Gulften). Kalciumkarbonat har tidigare också utvun-



Discoidal järn/mangannodul från norra Östersjön.
Foto: Ingemar Cato.



Järn/manganskorpor från sedimentyta i Bottenhavet.
Foto: Ingemar Cato.

nits genom en ur miljösynpunkt tragisk exploatering av *korallrev* vid bland annat Hawaii- och Fijiöarna. Den största marina extraktionen (en miljon ton per år) av kalciumkarbonat sker idag genom extraktion av den finkorniga *aragonitsanden* på bankarna utanför Bahama. Försök har också gjorts för utvinning av *diamanter* i de dränkta flodavlagringarna utanför Namibia, men kostnaderna överstiger än så länge priset för utvinning i motsvarande avlagringar på land.

På shelfen förekommer också *malmer* eller *andra hårdbergsfyndigheter*, vilka kan brytas genom drivande av orter från land eller från konstgjorda öar. Tungspatutvinningen (bariumsulfat) utanför till exempel Alaska sker i princip med konventionell landteknik. Den årliga produktionen uppgår till cirka 120 000 ton till ett värde av närmare åtta miljoner svenska kronor. Även elementärt svavel utvinns från fasta avlagringar. Detta sker, bland annat vid Grand Isle i Mexikanska Gulften, genom injektion av mycket hett vatten som löser ut svavlet i den översta delen av källbergarten, saltdomens topp.

I sedimenten och på havsbotten bildas även mineral in situ, så kallade autigena mineral. Detta sker främst genom utfällning från havsvattnet eller från havsbotten utströmmande hydrotermala lösningar. Ett exempel på



Sfäriska järn/mangannoduler från Bottenviken.
Foto: Ingemar Cato.

den först nämnda typen är *fosforitavlagringar* (kalcium-fosfatmineral) som främst används vid tillverkning av konstgödningsmedel (gäller avsättningar som nu ligger på land). Fosforitavlagringarna kan innehålla upp emot 14 procent fosfor. De återfinns som noder (små knöllika koncretioner) inom de djupare liggande shelfområdena och i så kallade uppvälvningsområden som är områden där näringsrikt och kallt djupvatten väller upp, exempelvis utanför Sydamerikas västkust och Afrikas sydkust (Agulhas Bank). Fossila fosforitavlagringar återfinns inom många shelfområden i världen och även på en del undervattensberg i oceanerna. Bara på Blake-platån utanför Floridas kust har mängden fosforiter uppskattats till 2,5 miljarder ton. För närvarande sker ingen submarin brytning till följd av existerande och ekonomiskt lönsam brytning på land, men inom en snar framtid torde submarina täkter komma till stånd då priset och efterfrågan höjer priset över dagens nivå.

Mangannoduler uppträder inom större delen av djuphavsområdena, men anses bara vara av ekonomiskt intresse inom ett fåtal områden där nodulernas innehåll av nickel och koppar uppgår till cirka 1,5 procent och halten kobolt till 0,3 procent. Dessa områden återfinns bland annat i Stilla havet runt ekvatorn och i centrala Indiska oceanen. Mangannoduler uppträder också i grunda havsområden, till exempel Östersjön. Nodulerna bildas genom att organiska nedbrytningsprocesser frigör metallerna till djuphavsleras porvatten där diagenetiska reaktioner, som inte till fullo är klarlagda, leder till att metallerna i sedimenten faller ut

i form av noder, eller som en skorpa i sedimentytan. För att utfällning ska kunna äga rum krävs den katalytisk effekt som en partikelyta alternativt sedimentyta ger samt att sedimentationshastigheten är mycket låg. I tabellen nedan görs en jämförelse mellan kända metalltillgångar på land och i havet (noder).

Under 1960 och 1970-talen satsades stora resurser på nodulforskning i tron på att exploateringen var nära förestående. Sedan dess har dock intresset sjunkit markant beroende på två faktorer: Världsmarknadspriset på nickel och koppar, samt på oklarheter om huruvida prospekteringsbolag också kan garanteras brytningsrättigheter utanför den exklusiva ekonomiska zonen (200 sjömil från land) benämnd EEZ. Detta är oklart trots 1982 års Law of the Sea Convention och inrättade International Seabed Authority under Förenta nationerna.

Under de senaste halva decenniet har forskningsintresset fokuserats mot *metallslam* och *polymetallsulfider* som bildas vid oceaniska spridningscentra och ger upphov till bland annat så kallade Black smokers. Havsvatten tränger därvid ned i sprickor i den nybildade vulkaniska havsbotten, upphetas och lakar ur metaller ur magman. Den uppkomna hydrotermala lösningen stiger uppåt och vid avkylning faller metallerna ut i omgivande botten. Först sulfider av koppar, zink, bly och järn (Black smoker), därefter järnsilikater, järn/manganoxider, med flera ämnen.

I vissa fall avsätts sulfiderna nere i sedimenten, det vill säga under bottenytan. Exempel på detta är Atlantis II-djupet i Röda havet. Den ekonomiska potentialen av dessa sulfidföreningar är svår att uppskatta för jorden totalt, eftersom mäktigheten på lagren är långt ifrån kända. I Atlantis II-djupet, där dessa fakta är kända har man uppskattat att det finns två miljoner ton zink, 0,5 miljoner ton koppar, 4 000 ton silver och 80 ton guld till ett sammanlagt värde av 30 miljarder svenska kronor.

Det är uppenbart att havsbotten innehåller stora energi- och mineralresurser av vilka främst oljan och gasen exploateras idag. Shelfområdena är i detta avseende de mest lovande, men resurserna är ojämnt fördelade. Under de senaste decennierna och i synnerhet efter ratificeringen av FN:s Havsrättskonvention 1982 har, i takt med teknikutvecklingen, allt fler länder börjat utforska och kartlägga sina havsbottenområden inklusive den ekonomiska zonen (EEZ). Detta mot bakgrunden av den exklusiva rätten att kunna exploatera de icke levande resurserna och behovet av att fysiskt planera havsområdena så att utnyttjandet kan ske på ett för framtiden ekologiskt hållbart sätt. Många länder, till exempel Storbritannien, Belgien, Holland, Irland, Polen har redan kartlagt sina områden, medan Sverige till dags datum kartlagt knappt 20 procent av det svenska havsområdet.

Kända metallreserver i miljoner ton (Kunzendorf, 1986).

Metall	Hav (noder)	Land
Nickel	850	49
Koppar	765	511
Kobolt	170	3
Mangan	24 700	1 835

INGEMAR CATO är professor i maringeologi, Göteborgs universitet samt byråchef vid Sveriges geologiska undersökning.

Gotlands geologi

Välkommen till ön där ytberggrunden domineras av kalksten och mägerl eller mägerlsten. Det är mellan 250 och 800 meter ner till den urbergsyta som utgörs av det subkambriska peneplanet.

FOTO: Linda Wickström

TEXT Mikael Erlström, Lena Persson, Linda Wickström
ILLUSTRATION Sveriges geologiska undersökning

Gotlands berggrund är väl dokumenterad i form av vetenskapliga publikationer, rapporter från exempelvis OPABs omfattande kolväteprospekteringar samt äldre kartläggningar.

Carl von Linné beskrev Gotlands geologi redan år 1741 under sin Gotländska resa, där han observerade kalkstensberggrundens specifika uppbyggnad och den rika förekomsten av välbevarade fossil. De geologiska arbetena under 1800-talet och 1900-talets inledning inriktades i huvudsak på undersökningar av Gotlands fossila fauna. Successivt ökades därigenom kunskapen om berggrundens stratigrafiska uppbyggnad.

En första sammanhållande stratigrafisk indelning av lagerföljden presenterades av Hede och hans medarbetare i SGUs kartor med tillhörande beskrivningar (SGU Ser Aa) under perioden 1920–1940. En övergripande beskrivning av kartläggningen och indelningen av Gotlands berggrund ges i Hede (1960). Än idag utgör Hedes indelning i 13 topostratigrafiska enheter (undre Visby, övre Visby, Högklint, Tofta, Slite, Halla, Mulde, Klinteberg, Hemse, Eke, Burgsvik, Hamra och Sundre) underlag till den stratigrafiska indelningen av Gotlands berggrund.

De senaste decennierna har fördjupade stratigrafiska och sedimentologiska studier samt ökad kunskap om bildningsförhållanden och litofacies bland annat resulterat i en förfinad

och delvis reviderad stratigrafisk indelning (Eriksson & Calner 2005, Jeppsson med flera, 2006).

Den siluriska ytberggrunden utgör den övre delen av en 250–800 meter mäktig sekvens med äldre paleozoiska sedimentära bergarter som överlagras det kristallina urberget. Underst finns en kambrisk lagerföljd med sandsten, siltsten och skiffer som överlagras av ordoviciska karbonatdominerade bergarter. Endast ett fåtal borrhål når ner till urberget, som tolkats vara svekokarelsk med en granitisk sammansättning (Flodén 1980). Urbergsytan utgörs av det subkambriska peneplanet, som ställvis bryts av lokala höjdområden. Dessa höjder har till viss del styrt sedimentationsmönstret i den överliggande sedimentära berggrundens, speciellt förekomsten av ordoviciska så kallade "mounds" (Sivhed med flera 2004).

Den siluriska ytberggrunden på Gotland kan grovt delas in i områden med huvudsakligen kalkstendominerade litologier, samt i områden med i mestadels mägerl och mägerlsten där även växellagring mellan kalksten och mägerl är vanligt förekommande.

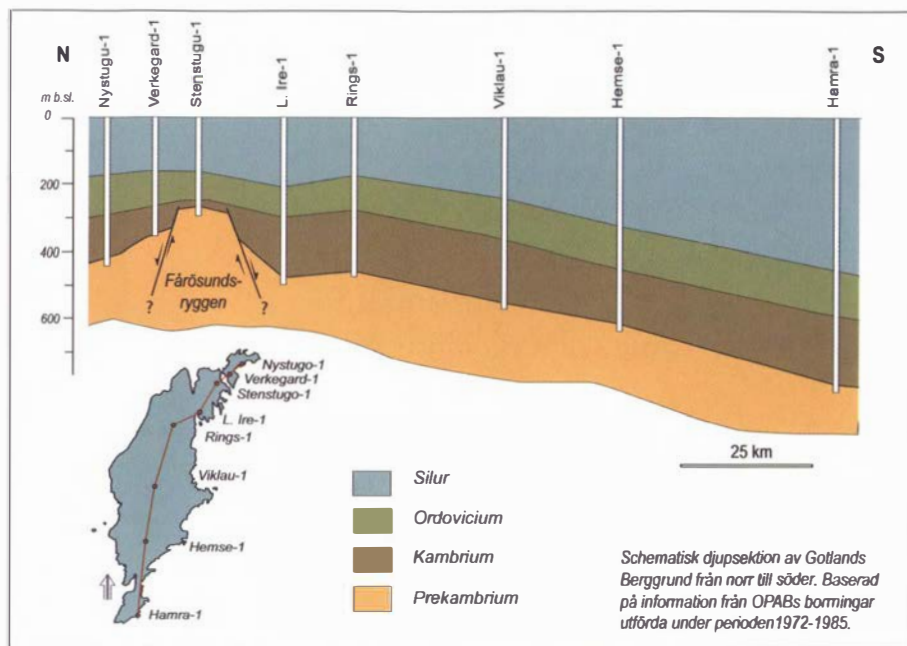
Dominerande bergarter inom kalkstensområdena utgörs av lagrade kalkareniter och kalcilutiter med flacka överytor. Stora sammanhängande hällområden på norra Gotland består till stora delar av denna litologi. Inslag av grova kalciruditer förekommer speciellt i de nordöstligaste delarna

av Gotland, så kallad Ryssnäs kalksten. Inslag av stromatoporoidförande kalksten och stromatoporoiddominerad revartad kalksten förekommer insprängda i kalkstensenheter som tillhör Högklint, Tofta, Slite, Klinteberg, Hemse och Sundrenerheterna. Inslag av dessa oregelbundet lagrade och massiva litologier ger ofta en mer heterogen och sönderbruten topografi. Rena kalkstenar utgör endast en mindre del av den totala siluriska lagerföljden. Mäktigheterna på kalkstens kropparna inom till exempel Slitegruppen och Klintebergsformationen är endast i storleksordningen 10–40 meter.

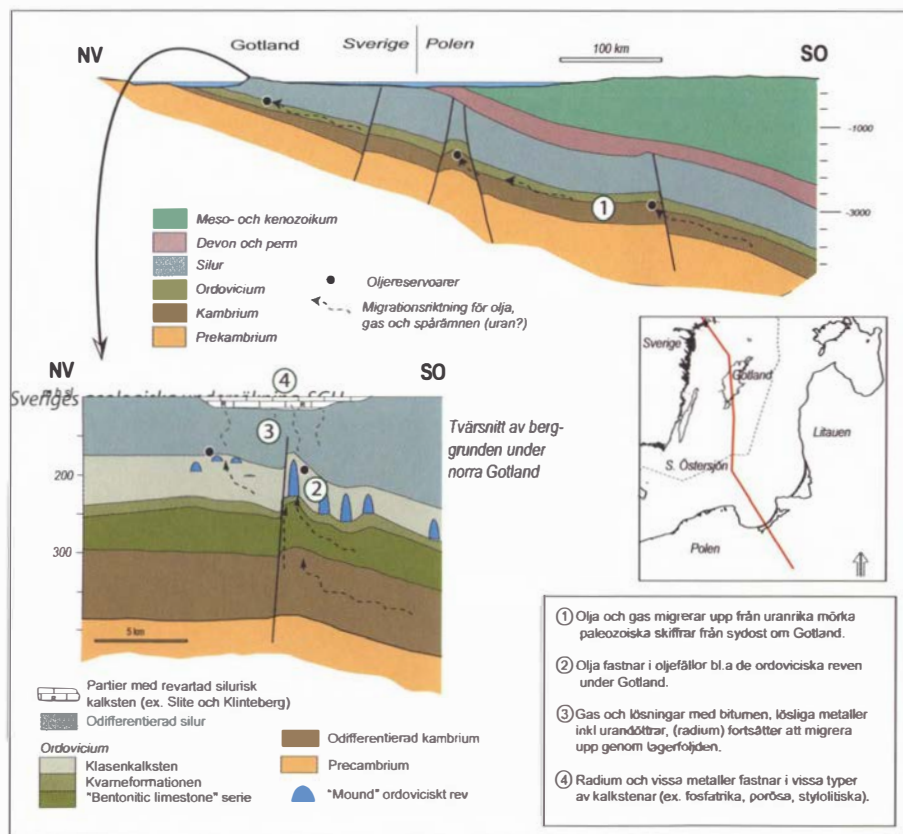
Områden som domineras av mägerl förekommer oftast i lågt liggande terräng där jorddjupen är större och blottningsgraden låg. Observationer i dessa områden är framför allt i tillfälliga grävningar och kanaler samt i borrhål. De största sammanhängande mägerlområdena finns inom Slite- och Hemsenerheterna.

MIKAEL ERLSTRÖM är statsgeolog,
LENA PERSSON är statsgeofysiker och
LINDA WICKSTRÖM statsgeolog vid

Del 1: Flygmätningar ger ny syn
på Gotlands berggrund
publicerades
i Geologiskt forum nr 56.



Schematisk djupsektion av Gotlands berggrund från norr till söder. Baserad på information från OPABs bormningar utförda under perioden 1972–1985.



Konceptuellt tvärsnitt och modell avseende sambandet mellan uranförekomst i silurisk kalksten och förekomsten av olja och gas. (Delvis baserad på underlag från Sivhed med flera 2004).

Leif Carserud

Leif Carserud var en person som gick sin egen väg – han brann för att popularisera geologin och blev en välkänd profil långt utanför kretsen av geologer, bland annat för sina inlevelsefulla böcker om Skånes och Hallands geologi.

Geologen och författaren Leif Carserud somnade in den 3 januari i år efter en tids sjukdom. Leif föddes 1944 i Falkenberg och tog studentexamen i Halmstad 1964. Redan under gymnasieåren var han intresserad av människans samverkan med miljön. Hans akademiska karriär påbörjades i Göteborg, men en stor del av sitt liv tillbringade Leif i Lund. Där studerade han till geolog vid Lunds universitet och blev 1982 fil lic på en avhandling om alunskifferbrytning och dess miljöpåverkan. Åren 1972–1992 arbetade han vid Sveriges geologiska undersökning i Lund, där han deltog i kartläggningen av berggrunden i Skåne och Blekinge. Leifs entusiasm, initiativförmåga och kreativitet kom dock mer till sin rätt i den informations- och undervisningsverksamhet han kunde bedriva i egen regi efter att han lämnat SGU. Han arbetade synnerligen aktivt med att popularisera ämnet geologi och blev en välkänd profil långt utanför kretsen av geologer. Han var en fängslande föreläsare och kunde göra geologin

levande och lätt att förstå för såväl vuxna som barn. Leif formulerade själv sin nya roll: "Geologi är ett spännande ämne men svårt att tränga in i, därför har jag försökt att göra denna vetenskap lättare tillgänglig genom att göra radioprogram, hålla föredrag, arrangera exkursioner och ge ut publikationer om geologiska sevärdheter." Här kom Leifs entusiasm och öppenhet till sin rätt.

Med stor energi organiserade han också en mängd exkursioner för allmänhet och skolklasser till geologiskt spännande utflyktsmål i Skåne och bidrog därmed stort till att föra ut geologin bland allmänheten. Ofta fick familjen, bestående av frun Sissi Carserud och barnen Oskar och Tora, medverka vid de geologiska exkursionerna.

För att nå allmänheten använde sig Leif av media som Sydsvenska Dagbladet, Arbetet och Sydöstran, för att nämna några. Leif var aktiv i en rad föreningar med geologisk anknytning och en av hans oaser var Akademien för friska källvatten, där han gärna och aktivt tog del. Han medverkade även vid Geologins Dag och vid Lunds Geologiska Fältklubbs aktiviteter. Så sent som 2007 ledde han Fältklubbens årliga exkursion till Hovs Hallar på Bjärehalvön. Samma år ledde han en stadsvandring i Halmstad för Hallands Museum och Hallands geologiklubb under mottot "Stadens grund och stenar". För Geologsektionen vid Sveriges Naturvetarförbund ställde han samman den mycket användbara "Svensk Geologförteckning", som kom ut vartannat år från 1988. Han ägnade mycken tid under sina sista år till att författa och publicera "Geologiska sevärdheter i Skåne" (1 och 2), "Geologiska sevärdheter i Halland" och "Naturen i Ängelholmsbygden". Leifs sista bok kom att bli "Naturen på Bjäre", rikligt illustrerad av dottern Tora. Boken är avsedd att vara en guide för alla dem som vill ge sig ut och upptäcka de smultronställen som Leif hittat. Leifs eget favoritställe var ett litet restberg som han hittat intill Kyrkstigen, cirka en kilometer från Västra Karup. Leif spelade en viktig roll genom att popularisera sydsvensk geologi, och han efterlämnar ett stort tomrum.



Leif Carserud skrev bland annat böcker om geologiska sevärdheter i Skåne och Halland. Foto: Kerstin Strömberg.

/ Prof. em. Jan Bergström, Naturhistoriska riksmuseet, Karl-Axel Kornfält, pensionerad l:e statsgeolog vid SGU, och docent Vivi Vajda, Lunds universitet.

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

3 april kl. 13.00 – 17.30 Luleå tekniska universitet. Bergforskningen 2008 inriktas mot studenter vid Luleå tekniska universitet. Syftet med dagen är att presentera en spännande bransch för studenterna och för branschen att möta dagens studenter och framtida medarbetare.

5-6 april 18:e mineral- och smyckestensmässan i Göteborg. Plats: Friidrottens Hus vid Slottsskogsvallen. Öppettider: lördag 10-17 och söndag 10-16. Arrangör är Göteborgs geologiska förening. Tel: 031-421073. E-mail: ggf_365@hotmail.com
Hemsida: www.geonord.org/ggf

13-18 april European Geosciences Union General Assembly 2008 i Wien, Österrike.

6-7 maj Nätverket Renare Mark och Svenska Geotekniska Föreningen arrangerar seminarium om undersökningsmetoder för förorenad mark.

26 maj 2008 Invigningen av International year of Planet Earth i Sverige - Planeten Jordens år. Beijersalen kl 11.00, Kungliga Vetenskapsakademien.

Studiebesök på Aalborg Portland Group

I samband med den 28:e geologiska vinterkongressen i Aalborg i januari ordnades ett studiebesök hos Aalborg Portland Group, världens ledande cementtillverkare vars krona i juvelen är specialiteten vit cement.



Kalkstensbrytningen sker i dagsläget i en täkt angränsande till själva cementfabriken.



Fabriksområdet är stort. För att hinna se alla moment i tillverkningsprocessen var busstransport inne på området den mest praktiska lösningen under studiebesöket.

Aalborg Portland Group ägs av de spanska koncernerna Cementir och Globocem. Företaget omsatte cirka 600 miljoner Euro 2006 och tillverkade 1,6 miljoner ton vit cement varav merparten exporterades. Vit cement säljs till 70 länder världen över. Företaget tillverkar även grå cement och färdigblandad betong. Professor Dave Cornell, Göteborgs universitet, var en av tjugotalet deltagare på studiebesöket.

Vad tyckte du om rundturen?

– Intressant! Vi fick veta mycket om verksamheten. Kanske hade det varit bra med lite mer geologisk inriktning dock. Vi kunde också ha besökt deras forskningscentrum vilket vi inte fick tillfälle till.

Lärde du dig något nytt?

– Jag har inte sett cementproduktion förut. Det är en imponerande anläggning! En sak som slog mig var hur rent det var inne på området och vilken hög automatiseringsnivå som råder i produktionen.

★ Visste du att malmkroppen i Kirunaområdet är omkring fyra kilometer lång och i genomsnitt 80 meter bred, med ett bedömt medeldjup på cirka två kilometer? Brytningen sker under Kiruna stad. Detta medför problem. Marken spricker i området och sättningar uppstår. Därför finns det en långsiktig plan för hur hela Kiruna stad ska flyttas. Exempelvis planeras en ny järnväg bakom gruvan väster om Kiirunavaara och in i en tunnel under Luossavaara. Den ska vara klar 2012 och den beräknade kostnaden är 2-3 miljarder kronor för järnvägen. Att flytta staden handlar om ännu större summor så klart. Vilka byggnader som ska rivas och vilka som ska flyttas är ännu inte bestämt. Men några av de mest kulturhistoriskt intressanta byggnaderna kommer givetvis att följa med till det nya. Att exempelvis bara flytta stadshuset beräknas kosta 50 miljoner kronor. Källa: Elinstallatören.

★ ”Ty om någon ort i världen ser hiskelig ut, är visserligen denna en af de grymmaste”. Orden är Carl von Linnés från 1741 och han skrev dem efter att ha besökt ön *Blå Jungfrun* i Kalmarsund, en ö med granitklippor (röda) som erbjuder vackra naturupplevelser, inte minst geologiska, och dit man sommartid kan ta sig med båt från Oskarshamn, Västervik eller Byxelkrok. Ön är en granitkupol som sticker upp genom lagren av sediment och sedimentbergarter i Kalmarsund. Ön är sedan länge nationalpark och här finns vackra stentorg och en stor stenlabyrint, mer än 200 olika växtarter och en stor koloni av tobisgrisslor.

Svenska fossil

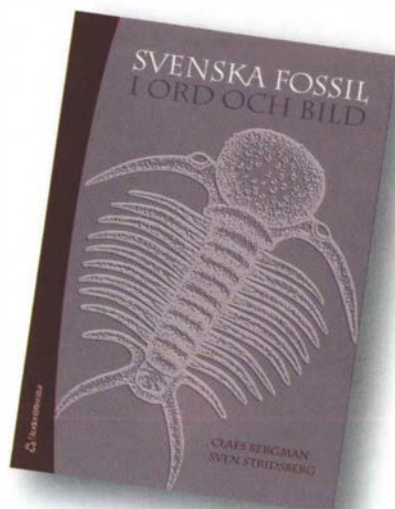
Ska du ut och leta fossil och vill ha hjälp på vägen med att bestämma dina fynd? *Svenska fossil i ord och bild* kan bli din ledsagare.

Att samla fossil har på senare år blivit allt populärare. Fler och fler upptäcker och fascinerar av den svunna värld som fossilen ger inblick i. Populära böcker om svenska fossil är dock inte speciellt vanliga och boken *Svenska fossil i ord och bild* fyller en del av det tomrummet. Boken, som ursprungligen skrevs för att användas i den geologiska grundutbildningen vid Lunds universitet, har efterhand blivit mycket efterfrågad vilket föranlett denna nyproduktion tillsammans med Studentlitteratur.

Författarna Claes Bergman och Sven Stridsberg har lyckats producera en bok som med tydliga svartvita fotografier och teckningar beskriver utseende och förekomst av de vanligaste fossilen i svensk berggrund. Texterna som kompletterar bilderna är korta och lättfattliga, det är också lätt att finna specifik information om de olika fossilen. Huvudsakligen marina paleozoiska organismer tas upp men kortare avsnitt i slutet av boken behandlar både växtfossil och spårfossil.

Trots att uppdateringar gjorts i boken känns den något föråldrad och jag saknar till exempel ett avsnitt om släktskap mellan de olika ryggradslösa djuren. Till växtavsnittet finns det ett schematiskt diagram över olika växtgruppers släktskap, något liknande skulle kunna göras även för evertebraterna. Utöver detta är inledningen oehört kort och utan någon egentlig information om den svenska sedimentära berggrunden. Det saknas en del uppdateringar vad gäller information om specifika fossilgrupper, till exempel är inte conodonternas taxonomiska ställning speciellt osäker idag med tanke på de olika fynd av conodontdjur med bevarade mjukdelar som gjorts.

Troligen fungerar boken bra som en del av en geovetenskaplig grundkurs med kompletterande litteratur. Fristående som allmän litteratur kommer den delvis till korta, här märks avsaknaden av en introduktion och andra delar tydligt.



Svenska fossil i ord och bild.
Författare: Claes Bergman och Sven Stridsberg, Studentlitteratur 2007, 110 sidor.
Cirkapris 150 kronor.

Jag vill ändå varmt rekommendera boken då den inte betingar något högre pris och de tydliga beskrivningarna gör det lätt att indentifiera olika fossil som man själv hittar, vilket främst gör den till en bestämningsbok som kan vara trevlig att ha med sig ut i fält och för detta ändamål passar även formatet på boken ganska bra.

/ Anette E.S. Högström, ärfil dr och forskare vid Institutionen för Geovetenskaper, Paleobiologi, Uppsala universitet.

Kärleksfullt !

"Jag lägger mitt öra mot berget och hör ditt hjärta slå"

En ny geologibok har kommit ut, men en mycket njutbar sådan. Boken är skriven av en speciell grupp: Martin Fahlén (docent i invärtesmedicin), Jimmy Stigh (professor i geologi i Göteborg) och Hans Åreback (vars avhandling boken baserar sig på). Som verksam inom medicinsk geologi glädjer det mig att se vad en sådan korsbefrukning kan leda till.

Hans Åreback publicerade 2001

sin doktorsavhandling *Petrography, Geochemistry and Geochronology of Mafic to Intermediate Late Sveconorwegian Intrusions*. Titeln på avhandlingen gör ju ingen icke-geolog gladare till sinnes men nu har avhandlingen legat till grund för denna vackra bok som bör väcka intresse även hos alla de som knappt hört talas om geologi tidigare. Boken inleds med ett citat "Jag lägger mitt öra mot berget och hör ditt

hjärta slå". Detta säger i några ord vad boken handlar om.

Boken beskriver naturreservatet Älgön-Brattön i Bohuslans skärgård och innehåller många delar. Den innehåller också en populär grundkurs i berggrundsgeologi och mineralogi där också tektoniska processer beskrivs på ett enkelt sätt med en beskrivning av periodiska systemet och vad mineral är. Ett kapitel behandlar hur elementen

Geovetenskapen fattas i skolan

Detta nummer av Geologiskt forum visar på ett tydligt sätt att geovetenskap kommer in som en mycket viktig del av infrastrukturen i samhället. Geovetenskap är av avgörande betydelse i samhällsplanering, i miljöfrågor, när det gäller klimatförändringar, hälsa, naturresurser, bara för att nämna några områden. Man skulle kunna förutsätta att geovetenskapen därmed är en viktig del i det svenska skolsystemet. Men det är bara att konstatera att så inte är fallet.

I den kunskapssyn som finns i det svenska utbildningsväsendet ingår att eleverna ska få sådana kunskaper att de har möjligheter att förstå omvärlden och miljön omkring oss. Och just geovetenskapen omfattar, som vi ser i artiklarna i detta nummer av Geologiskt forum, många olika aspekter på planeten Jorden med processer i berg, jord, vatten och atmosfär.

Goda kunskaper i geovetenskap ger möjligheter att förstå varför miljön och landskapen ser ut som de gör, varför höga halter av koldioxid i atmosfären kan vara ett långsiktigt problem när det gäller klimatförändringar, varför geologin påverkar hälsan på olika sätt för de flesta av oss och mycket annat. Geovetenskapen är viktig

för högaktuella frågor som globala klimatförändringar, miljö och hälsa, utvinning och hushållning med naturresurser, konflikter mellan utvinning och miljöaspekter och de flesta andra miljöfrågor.

Vi är många geovetare inklusive den Svenska Nationalkommittén för geologi under KVA som ser det som ett problem att geovetenskapen har en mycket svag ställning inom både grundskola och gymnasium i Sverige, svagare än i de flesta jämförbara länder i Europa och Nordamerika. Geovetenskapen tillhör området naturvetenskap, men den begränsade mängd geovetenskap som ingår i grundskolan ingår i ämnet geografi, som i sin tur finns i det samhällsorienterande blocket.

Det betyder att många av de lärare som undervisar i den geovetenskap som ändå finns, inte är naturvetare och har därför själva ingen bra grund i geovetenskap, och inte heller i matematik, fysik, kemi och biologi som behövs för att förstå geovetenskapen. Detta gör att det finns en stor risk att geovetenskapen för skoleleverna blir svår att förstå och därmed ointressant. Intresset är beroende av de lärare som har ett personligt intresse för geologi.

En följeffekt av geovetenskapens svaga ställning i grundskola och gymnasium är att intresset för högskolestudier i geovetenskap är mindre än det borde vara. Med tanke på geovetenskapens stora betydelse för utnyttjandet och bevarandet av Jordens ändliga resurser, för miljöfrågor och för genomförandet av de flesta infrastrukturprojekt både ovan och under jord, är detta ett problem för Sverige. Det har också stora ekonomiska konsekvenser, som problemen i Hallandsåsen illustrerar på ett övertydligt sätt.

Det är dags att få en ändring till stånd! Det gäller vår framtida samhällsplanering och vår framtida miljö. Då måste vi ha den kunskap som behövs för att kunna fatta rätt beslut och därmed minska miljöeffekterna och spara stora pengar för oss alla. För det krävs en geologisk grundsyn i samhället och den grundas i skolan.

/ Olle Selinus,
National-
kommittén för
geologi,
KVA.



genom vittring tas upp av växter och påverkan på människan. Dessutom innehåller boken kultur- arkeologiska beskrivningar, botanik, en konstnärs tolkning och läsning av geologin och massor av medryckande illustrationer, foton, teckningar och skisser.

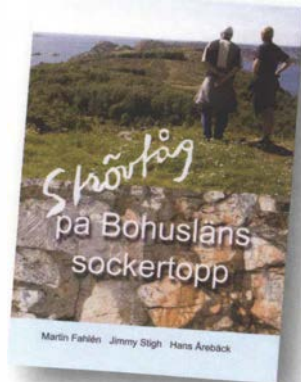
Fahlén har tagit alla foton i boken och även målat bilderna som finns med, där han tolkar hur en konstnär ser på geologin och hållarna. Fotona på berghällarna med alla strukturerna är små konstverk i sig själva också.

Efter att ha läst boken infinner sig en längtan att åka till den

Bohusländska sockertoppen för att se allt detta i verkligheten som beskrivs från en så liten yta. Tänk om varje geologisk doktorsavhandling kunde sammanfattas och beskrivas på detta sätt, då skulle man få upp intresset för geologi i samhället på ett helt annat plan. Boken rekommenderas för alla natur- och kulturintresserade som på köpet får en njutbar, lättsam kurs i berggrundsgologi.

/ Olle Selinus.

Strövtåg på
Bohusläns
sockertopp
Martin Fahlén,
Jimmy Stigh,
Hans Årebäck
2008.
95 sidor i färg.
Cirkapris
230 kronor.



POSTTIDNING B

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

TIPSA OSS!

*Vad händer i världen som har betydelse för geologin? Eller vad händer i världen där geologin har betydelse? Har du något du vill tipsa om – hör av dig till redaktionen senast 15 april. Nästa nummer av tidningen kommer ut i juni 2008.
Kontakta redaktör Anna Kim-Andersson, tel 036-440 01 20, anna@qi-media.se*

Geologiskt forums stödprenumeranter 2008:



Emmaboda Granit

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

GEOSIGMA

MARK BERG VATTEN

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



Föreningen för Geologins Dag.
www.geologinsdag.nu

URS

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



GeoPro

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

NEW BOLIDEN

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