

GEOLOGISKT FORUM

Nr 95 ♦ 2017

*Gamla synder
i havet*

*Ordning och reda
i terminologin*

**Bohusläns
kustlandskap**

**Ny utställning
i Falun**



GEOLOGISKT FORUM

Nr 95 ♦ 2017

ISSN 1104-4721

Ansvarig utgivare: Pär Weihed

Redaktör:

Jeanette Bergman Weihed

tel. 070-3724828

e-post: jeanette@tellurit.se

För text, layout och bilder svarar redaktören där inget annat anges.

Redaktionen adress:

Geologiska Föreningen

c/o Tellurit AB,

Storgatan 11,

972 38 Luleå

e-post: info@geologiskaforeningen.se

Omslagsbild: Vid Falu gruva har man tagit fram en ny basutställning där geovetenskap givetvis har fått stort utrymme. Läs mer om utställningen på sidan 10. Foto: Per Eriksson.

Upplaga: 860 ex.

Tryckeri: Elanders Sverige.

Ordinarie lösnummerpris: 75 kr.

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

För dig som är medlem i Geologiska Föreningen ingår tidningen i det ordinarie medlemskapet. Som medlem har du också tillgång till tidningen som pdf samt ett digitalt arkiv. Man kan också lösa en årsprenumeration av tidningen. Läs mer på vår webbplats.

Ange namn, adress och e-postadress vid betalning till vårt Plusgiro 2108-9 eller Bankgiro 749-6359. Du kan också betala direkt med kort på vår webbplats www.geologiskaforeningen.se

Tidningen publicerar sedan starten år 1994 populärvetenskapliga artiklar inom geovetenskapens alla områden.

Välkommen att kontakta redaktören om du vill medverka i Geologiskt forum. Författarna svarar själva för innehållet i sina artiklar. Nästa nummer av Geologiskt forum kommer i december 2017.

Geologiska Föreningen

I DETTA NUMMER

- 3 Det som göms i snö...
- 3 Vad är geoturism egentligen?
- 3 2,7 miljoner år gammal is från Antarktis
- 4 Fiberbankar – förorenat industriavfall på våra havsbottnar
- 10 Att kommunicera geologi på museum
- 15 Var med och nominera pristagare!
- 16 Geologi och geomorfologi i norra Bohuslans kustlandskap
- 22 Vandring runt Hunnebo klåvor
- 25 Recension: Gold
- 26 Ordning och reda i svensk litostratigrafi
- 29 På gång
- 30 Sista ordet: Vem bryr sig?



Det som göms i snö...

Det märks på lukten utomhus på kvällen att det drar ihop sig till höst, i alla fall här i norr. Att hösten är i antågande märks också på universitetsområdet där de nya studenterna nu börjar röra sig i flockar. Det ger liv och rörelse. Förhoppningsvis är det många som i år påbörjar sina geologistudier runt om i Sverige.

I detta nummer kan du bland annat läsa om förorenat avfall som under lång tid avlagrats på havsbottnarna utanför en del industrier. Sedan några år håller man på med undersökningar av detta avfall

och bland frågeställningarna som finns är huruvida man ska ta bort avfallet eller låta det ligga kvar. Vad är minst skadligt för miljön?

Det är idag lite märkligt att tänka tillbaka på hur det var för någon generation sedan, då man ofta dumpade sådant man inte ville ha kvar i hav och sjöar. Syns det inte så finns det inte. Inga tankar på konsekvenser längre fram.

Det är sådant som orsakar kostnader idag då man måste rensa upp efter gamla synder. Förhoppningsvis är vi idag lite klokare och tänker efter före...

Du kan också läsa om tips på ett utflyktsmål i Hunnebostrand där man kan vandra runt i smala sprickor som bildats genom vittring och erosion i Bohusgraniten.

Och så har man nu en ny basutställning vid Falu gruva som verkar vara väl värd ett besök om du har vägarna förbi. Mycket om geologi och gruvbrytning utlovas där.

I år har föreningen Geologins dag välförtjänt tilldelats utmärkelsen Årets geolog. Missa inte prisutdelningen som äger rum på Sveriges geologiska

undersökning i Uppsala den 9 november. Samtidigt delar Geologiska Föreningen ut sina priser. Mer information kommer på hemsidan framöver.

Jeanette Bergman Weihed,
redaktör



Vad är geoturism egentligen?

Sveriges geologiska undersökning har nyligen presenterat en rapport om värdet av geologisk mångfald och det geologiska arvet. Vad räknas som geoturism? Hur stor del av all turism i Sverige kan räknas som geoturism? Och vad är den värd i ekonomiska termer?

Det är WSP som fått uppdraget av SGU att värdera geoturism ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Men man börjar med att avgränsa vad som kan räknas som geoturism. Bland annat skriver man att besökare i t.ex. naturområden, grottor och industriminnen till viss del kan antas vara geoturister, medan man räknar bort besök på stranden och skidåkning, även om geologin är en förutsättning för själva aktiviteten.

Man har i studien räknat ut att ungefär tio procent av den totala turismen kan ses som geoturism och det motsvarade år 2008 (det år man använde som exempel) drygt 14 miljoner besökare. Här finns utvecklingspotential! ♦

2,7 miljoner år gammal is från Antarktis

En grupp forskare rapporterade på senaste Goldschmidt-konferensen att de hittat 2,7 miljoner år gammal is i samband med borrhinar på Antarktis. Den här isen är hela 1,7 miljoner år äldre än den äldsta is man tidigare hittat.

De luftbubblor som finns bevarade i isen speglar jordens atmosfär alldeles i början av den förra istiden. Analyser av denna luft kan hjälpa till att ge ledtrådar till vad som egentligen sätter igång en istid. Man har redan analyserat koldioxidhalten och funnit att den låg på omkring 300 ppm, vilket är klart lägre än idag.

Forskarna vill nu borra mer i samma område för att hitta ännu äldre is. Det finns bevis för att Antarktis har varit åtminstone delvis istäckt i 30 miljoner år. ♦



Fiberbankar

– förorenat industriavfall på våra havsbottnar



FOTO: BJÖRN BERGMAN, SGU.

TEXT: ANNA APLER & IAN SNOWBALL

I Östersjön, ett av världens mest förorenade hav, förekommer tungmetaller och organiska miljöföroreningar i koncentrationer som utgör en risk för miljö och hälsa trots att åtgärder har vidtagits för att minska utsläppen av farliga ämnen.

NYA STUDIER VISAR att gamla miljöföroreningar såsom polyklorerade bifenyl (PCB) och DDT, som förbjöds i Sverige för 40 år sedan, fortfarande cirkulerar i Östersjön och förekommer i fettvävnaden hos havsörn och säl. Hur kan detta komma sig?

Östersjöns dräneringsområde omfattar ungefär 2150 000 km² varav 710 000 km² (33 %) är skogsområden. I Sverige täcker skog omkring 50 % av markytan med störst förekomst i de norra delarna av landet. Tack vare den rika tillgången på skog, har Sve-

rige en stark skogsindustri som står för en stor del av Sveriges export.

Skogsindustrin har sedan 1800-talet spelat en nyckelroll ekonomiskt och socioekonomiskt i norra Sverige och försett befolkningen med inkomster och arbetstillfällen. Men

Till vänster: Sveriges geologiska undersöknings fartyg S/V Ocean Surveyor är utrustat med en rad instrument som används för kartläggning av havets botten. Här bogseras mätinstrument efter fartygets aktere ram.

Nedan till vänster: På grund av den höga halten organiskt material i fiberbankarna och den stora åtgången på löst syrgas som krävs vid aerob nedbrytning, blir bottenarna ofta syrefria och döda. Metangas och koldioxid bubblar upp genom gashål i ytan. De vita fläckarna är bakteriemattor bestående av den svavelreducerande bakterien *Beggiatoa*.

Nedan till höger: Vissa fiberbankar är uppbyggda av träfibrer i form av träflis och små träbitar i stället för av ren cellulosa. Det är 10 cm mellan de gula strecken på kameraburens ram.

skogsindustrin har också lagt en tung börda på miljön under årens lopp.

Gamla synder gör sig påminda i havet

Under stora delar av 1900-talet släpptes stora mängder miljöfarliga ämnen ut i Östersjön av svenska fabriker. Pappers- och massaindustrin var inget undantag. Utsläppen från denna typ av industri bestod av träfibrer, cellulosa och processkemikalier. Mer än 250 olika kemikalier har identifierats i avfallsprodukter från denna industri. Utsläppen spreds i vattendragen och deponerades på havsbotten i form av fiberbankar, ofta i direkt anslutning till fabriker.

Sveriges geologiska undersökning har tidigare, tillsammans med länsstyrelserna i Gävleborg, Västernorrland, Västerbotten, Norrbotten och Jämtland, undersökt fiberbankarnas utbredning. Resultaten visar att fiberbankarna ligger kvar än idag och täcker en yta på omkring 2,5 km².

Mängden material i de fiberbankar som hittills identifierats har beräknats till 12 behållare av Globens storlek. Dessa gamla avlagringar på havets botten längs kusten utgör döda zoner som innehåller höga halter av bl.a. PCB, DDT och tungmetaller, såsom kvicksilver, bly och kadmium.

Eftersom bankarna finns på grunt vatten utsätts de i högre grad för vågor och båttrafik vilket riskerar att bottenmaterialet grumlans upp och sprids i vattenmiljön. De grunda förhållandena bidrar också till att över-sedimentation av nytt, renare material oftast inte sker vilket innebär att de förorenade bottenarna inte begravs med tiden som naturliga ackumulationsbottnar gör. Därför finns det anledning att tro att fiberbankarna utgör punktkällor för gamla, idag förbjudna, föroreningar till Östersjön.

Hur hittar man fiberbankar

Vid de undersökningar som gjorts hittills har det visat sig att det lönar sig att börja leta precis utanför utsläppskällan, det vill säga i vattendraget precis utanför fabriken som

producerat pappersmassa. Ofta är dessa industriområden redan identifierade som förorenade landområden av länsstyrelsen.

Studien börjar med att vattenområdet undersöks i transekter med hydroakustiska metoder. Två typer av hydroakustiska mätsystem har använts vid kartläggningen: bottenyteavbildande och bottenpenetrerande. Vid de bottenyteavbildande mätningarna, som ger information om bottenens batymetri och reflektivitet (hårdhet), har multibeamekolod, interferometrisk (Swath) sonar och sidoavsökande sonar använts (se faktarutan på nästa sida). För bottenpenetrerande mätningar användes seismik och sedimentekolod.

De hydroakustiska underlagen ger en första bild av hur havsbotten är uppbyggd och sedimenten fördelade. Fiberbankar som består nästan uteslutande av ren cellulosa kan upptäckas på dessa underlag genom att fiberbankarnas ytor är skrovligare än naturliga sediment och att bankarna ofta innehåller gashål. För att kunna uppskatta mäktighet och utbredning undersöks botten också med sedimentprovtagning.

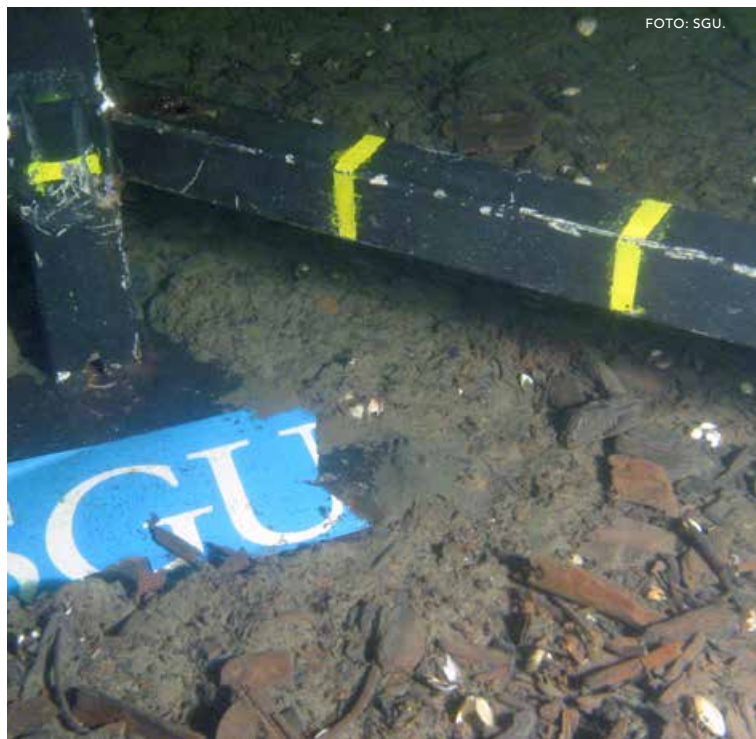
Fiberbankarna liknar varandra

De tidigare undersökningarna visar att fiberbankar utanför många av de undersökta massafabrikerna är deponerade på ett liknande sätt. Själva

FOTO: SGU



FOTO: SGU



MARINGEOLOGISK KARTLÄGGNING

För att kartlägga havsbotten används en kombination av mätinstrument och sedimentprovtagare. Positioneringssystemen (1–3) ser till att båten kan navigera och hålla kursen under mätning samt ligga stilla på provtagningsplatserna under provtagningen.

De hydroakustiska mätmetoderna (4–9) bygger på principen att ljudstötter skickas ned mot havsbotten, reflekteras, mäts och analyseras. Ljudstötarna skickas ut med jämna mellanrum och från fartyget under gång. Beroende på botten typ, ljudets frekvens, och energiinnehåll samt ljudutbredningens form, reflekteras ljudsignalen helt eller delvis på havsbotten eller tränger ner

djupare i sedimenten och reflekteras där i olika lager i botten. Det återkommande ljudet fångas upp av mottagningsinstrument ombord där de redovisas grafiskt som sammanhängande profiler eller bilder.

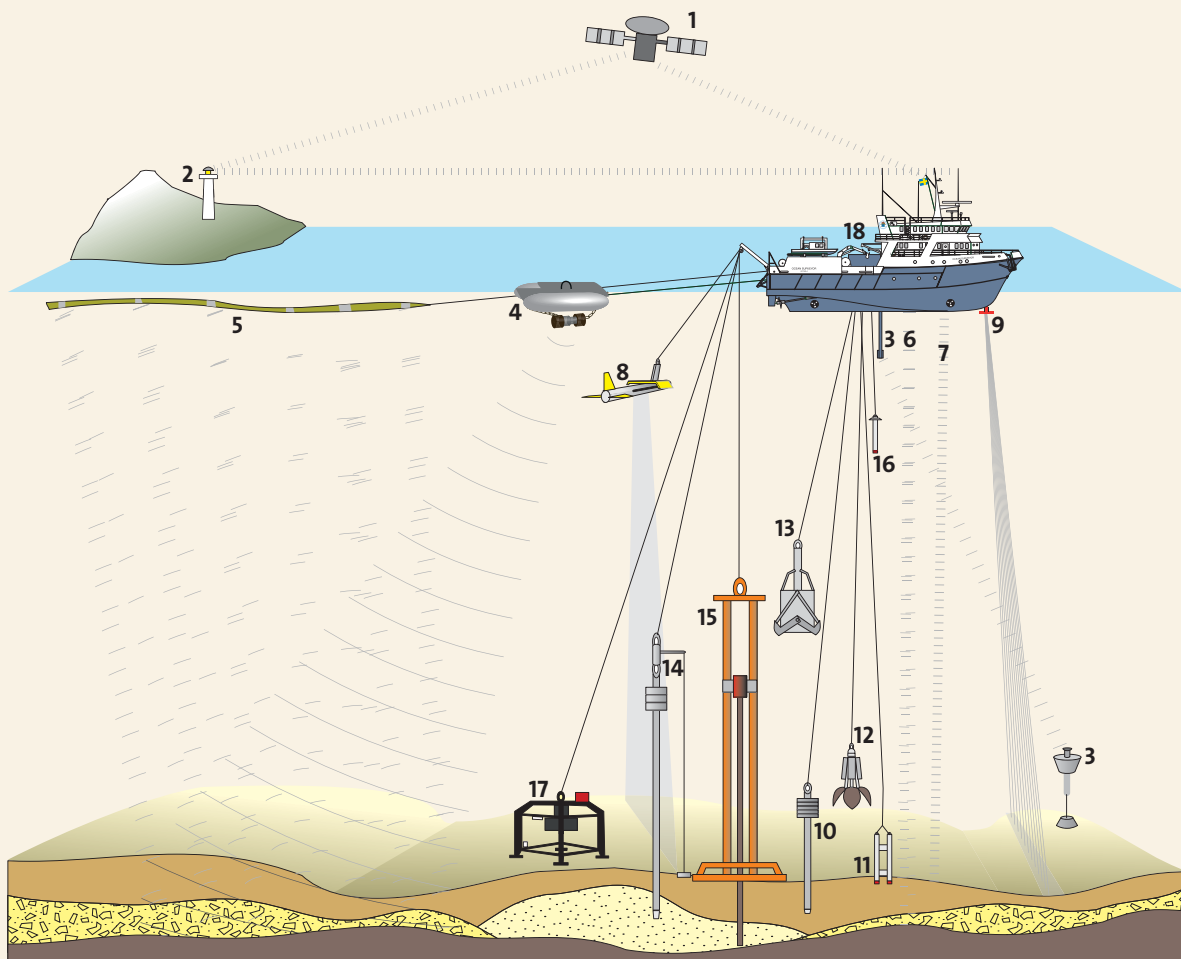
Sedimentprovtagning (10–15) görs för att verifiera bottenmaterialet på platsen. Då de översta lagren på botten ska studeras används ytprovtagare i form av gripskopor eller kortare rörprovtagare. Då stratigrafin ska fastställas används 6 m långa gravitations- eller vibrationsprovtagare.

En kamerabur utrustad med en undervattenskamera och sensorer för hydrografisk information (16–17) skickas

ner på botten inför varje provtagning. Kameran fotograferar bottenytan vilket ger en första överblick av miljön på botten. Hydrografisk information erhålls från sensorer varje gång kameran sänks ner på botten.

Vattenkolumnens salthalt och temperatur mäts av en CTD-sond, bottenvattens halt av löst syrgas mäts av en syrgassensor och vattnets strömhastighet och riktning mäts av en strömmätare.

Ombord på fartyget kan sedimentkärnorna röntgas för att identifiera störningar i sedimentlagren. De kan också analyseras med avseende på halten cesium-137 för att uppskatta sedimentackumulationshastigheten (18).



Positioneringssystem

1. Satellitpositioneringssystem (GNSS)
2. Sändare för RTK
3. Hydroakustiskt positioneringssystem

Hydroakustiska mätsystem

4. Seismisk ljudsändare
5. Streamer 6-hydrofoner
6. Sedimentekolod

7. Ekolod

8. Side-scan sonar
9. Multibeamekolod

Sedimentprovtagningssystem

10. Stötlod
11. Gemini
12. Gripskopa
13. Box-corer
14. Kolvlod

15. Vibrohammarlod

Observationssystem

16. CTD-sond
17. Undervattenskamera, strömmätare, CTD-sond, syrehaltsgivare

Analysystem

18. Sedimentröntgen, gammaspektrometer

fiberbanken består till största delen av cellulosa eller träfibrer och ligger ofta direkt i anslutning till avloppsröret där processvattnet släpptes ut. På ett större område runt banken ligger fiberrika sediment som utgörs av naturliga leror som blandats upp med fibrer.

Både fiberbankar och fiberrika sediment provtogs för analys av innehållet av industrikemikalier, bekämpningsmedel, oljerester och tungmetaller. Resultaten visade att de allra flesta fiberbankar och fiberrika sediment som identifierats innehåller höga halter av de flesta ämnen som analyserats.

Av de organiska ämnena så förekommer PCB och DDT i höga halter medan det bland tungmetallerna ofta är kvicksilver och kadmium som

förekommer i högst koncentrationer. Halterna av miljöföroreningar visade sig vara så höga att det finns anledning att oroa sig över deras påverkan på omgivande vattenmiljö.

Fiberbankar utgör instabila havsbottnar

Vid de två karteringsprojekt som genomfördes mellan åren 2010 och 2015 upptäcktes att fiberbankarna utsätts för fysiska påfrestningar som gör dem instabila. Fiberbankarna

utgörs till största delen av organiskt terrestriskt material som bryts ner av mikroorganismer i botten efter hand.

Då halten organiskt material är ovanligt hög i fiberbankarna räcker inte syrgasen till och en syrefri (anoxisk) miljö bildas från bottenytan och ner genom sedimenten. Bristen på löst syrgas i sedimentet gör att det organiska materialet i stället fermenteras varpå metangas och koldioxid bildas i botten. Gasen

Till höger: Materialet i denna fiberbank består av cellulosa och kan beskrivas som en blandning mellan bomull och blött toalettpapper. Det är 10 cm mellan de gula strecken på kameraburens ram.

Nedan: Fiberbankarna som består av cellulosa och träfibrer ligger ofta direkt utanför det gamla utloppsröret. Fiber-materialet har också spridits med vågor och strömmar och avsatts på ett större område utanför fabriken där det blandats upp med naturliga leror. Detta uppblandade sediment kallas fiberrikt.



FOTO: SGU

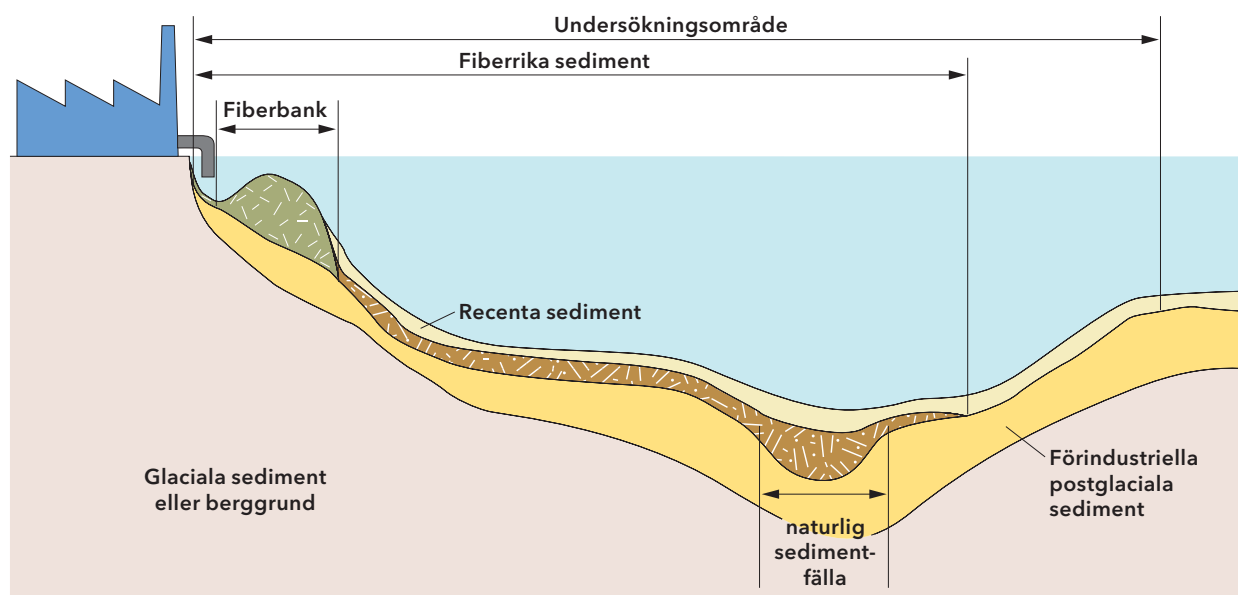




FOTO: SARAH JOSEFSSON.



FOTO: SGU.

migrerar upp genom sedimentet och frigörs i bottenytan i form av gasbubblor. Denna process ökar risken för spridning av föroreningarna genom frigörandet av porvatten vid gasavgången vid ytan.

Ett annat fenomen som identifierades under karteringens gång var undervattensskred. Fiberbankarna deponerades ofta i kanterna av vattendrag där bottenytans lutning ofta är större än i havs- eller sjöbasängerna. Detta har bidragit till att fibermassorna på sina håll har rasat ner för slänterna och åter deponerats längre ut från källan.

Massrörelser som dessa gör att stora mängder förorenat fibermaterial frigörs och transporteras bort på en och samma gång vilket har bidragit till att stora mängder förorenade massor har spridits i vattensystemen under årens lopp.

Fiberbanksmaterial kan också spridas på grund av båttrafik eller vågpåverkan. Det senare kommer med tiden att bli mer och mer påtagligt på grund av landhöjningen.

Utgör fiberbankarna ett hot mot djur och natur?

Resultaten från SGU:s fiberbanksprojekt gav upphov till frågan: utgör de förorenade fiberbankarna ett hot mot miljön? För att besvara den frågan fick SGU tillsammans med Uppsala universitet, Sveriges lantbruksuniversitet, Statens geotekniska institut, Lunds universitet och Stockholms universitet flera olika forskningsanslag för att bedriva forskning om fiberbankarnas spridning.

Mellan år 2015 och 2017 har geologiska, geotekniska, geokemiska, miljökemiska och mikrobiologiska undersökningar bedrivits i ett pilotområde i Ångermanälven och studierna syftar till att studera om och hur fibermaterialet och de inbundna föroreningarna sprider sig till omgivningen.

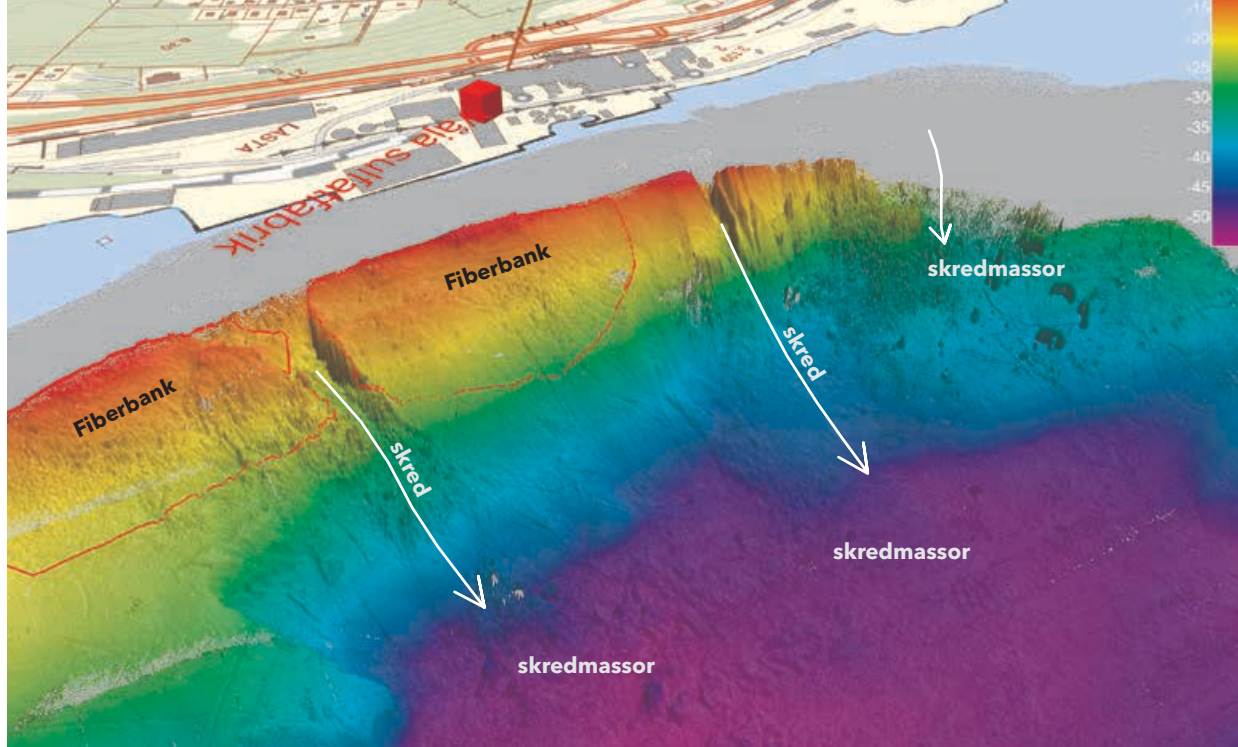
Då fiberbankarnas sediment är helt syrefria och mycket ogästvänliga är bottenarna fria från makrofauna. Däremot har ishavsgråsuggan *Saduria entomon* och havsborstmasken *Marsenzelleria* hittats i de fiberrika sedimenten.

Ovan: Ishavsgråsugga (till höger) och havsborstmask (till vänster) kan inte leva i de ogästvänliga fiberbankarna. Däremot trivs de i de fiberrika sedimenten där de äter och bioackumulerar organiska miljöföroreningar.

Till höger: Terrängmodellen visar hur skred har inträffat i den branta botten utanför Väja sulfatfabrik. Avloppsrör från fabriken har haft sina mynnningar vid de uttridade sedimentskreden och kan ha orsakat dessa.

Vid analys av fettvävnaderna i dessa bottenlevande djur syntes en tydlig bioackumulering av organiska miljögifter. Steget mellan sediment och näringskedjan kan på så vis vara fastslaget. Att utröna om det finns en koppling mellan fiberbankarna och marina predatorer som havsörn och säl, och hur spridningsvägarna däremellan ser ut, kräver dock mer forskning.

De metaller som finns i fiberbankarna verkar däremot vara mycket starkt bundna till bottenmaterialet. Cellulosa i den organiska delen av sedimentet har en komplex struktur som är uppbyggd av makromolekyler och dessa kan effektivt adsorbera



metaller. Detta visar sig i det por- och bottenvatten som analyserats och där mycket låga halter av samtliga analyserade metaller uppmättes.

Fastän höga halter av både kadmium och kvicksilver uppmättes i själva sedimentet är halterna av dessa ämnen under kvantifieringsnivå i både por- och bottenvatten. Läckaget av metaller från fiberbankarna är litet i nuläget. Huruvida t.ex. kvicksilver bioackumuleras eller ej är dock ännu inte klarlagt.

Ska fiberbankarna åtgärdas eller ligga kvar?

Då vi idag är medvetna om fiberbankarnas förekomst, geografiska utbredning och deras potentiella påverkan på miljön, är det troligt att saneringsåtgärder kommer att krävas inom en snar framtid.

Det finns en rad olika faktorer som redan idag bidrar till att de förorenade fibermassorna sprids, t.ex. landhöjningen, båttrafik samt bygande och fördjupande av hamnar längs kusten.

Dessvärre finns idag varken juridiska eller tekniska verktyg i Sverige för att börja utforma en åtgärdsplan för de förorenade sedimenten. Kostnaderna för sanering av sediment är mycket höga, och för de fiberbankar som genererats av fabriker som idag upphört kommer staten med största sannolikhet att få stå för notan.

Några fiberbankar ligger dock utanför fabriker som fortfarande är i drift och vid utredning av betalningsansvar vid sanering av dessa bankar kan de juridiska processerna bli långa och invecklade. Det är mycket svårare att leda i bevis varifrån föroreningarna kommer när de transporterats i vatten än när de släpps ut på land.

Vad spelar geologin för roll?

Ångermanälvens kvartärgeologi karaktäriseras av den pågående landhöjningen och av sediment som har avsatts sedan inlandsisen drog sig tillbaka för omkring niotusen år sedan.

Ångermanälvens dalgång är känd för skred och ras som är tydliga på land. De maringeologiska och geotekniska undersökningarna i området visar att även undervattensskred har inträffat. Fiberbankar kan också ha rasat på grund av att det legat instabil silt och lera under dem.

Ändrade hydrologiska förutsättningar som påverkar grundvattenströmning och portryck, och till och med jordbävningar, är faktorer som man måste räkna med när risken för spridning av föroreningar från en fiberbank ska beräknas.

Övertäckning eller muddring

Under år 2017 startade Vinnova-projektet FIBREM som syftar till att studera hur föroreningar läcker ut från

sedimentet och se om det skulle vara möjligt att täcka över dem med passande material för att på så sätt förhindra spridning.

Det finns beprövade metoder för förorenade sediment med relativt högt innehåll av minerogent material, men fiberbankarna är unika på grund av deras höga organiska halt, låga densitet och innehållet av gas.

Dessutom ligger vissa fiberbanker i relativt branta kustzoner och på sediment som kan rasa om ytterligare vikt läggs på. Å andra sidan är konventionella metoder som gräv- och sugmuddring problematiska då de riskerar att grumla upp och sprida sedimenten under arbetets gång.

Oavsett vem som betalar och vilken metod som kommer att användas för eventuella åtgärder är det viktigt att frågan om fiberbankarna som aktiva källor till föroreningar till Östersjön belyses för att vi på sikt ska kunna få ett friskt hav och uppnå de nationella miljömålen. ♦



Anna Apler är marin-geolog på SGU och doktorand på Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet. Ian Snowball är professor i kvartärgeologi på samma institution. anna.apler@sgu.se



Att kommunicera geologi på museum

TEXT: MAGNUS HELLOQVIST

I den nya basutställningen i Gruvmuseum vid Falu Gruva uppmärksammas naturligtvis geologin. Men på museet ska mycket information samsas: kulturhistoria, om människorna i gruvan, miljö, teknik och mycket annat. Frågan är hur man bäst gör för att lyfta in geologin och få den till en integrerad och naturlig del i en utställning? Kan en malmstufv bli attraktiv för vem som helst? Detta är ett par av de frågor kring geologi som varit i fokus under museiutvecklingen.

PÅ MUSEET VID GRUVAN i Falun har man de senaste tre åren arbetat med att utveckla en ny basutställning om gruvan, dess historia och dess roll i samhället och för människor. Utställningen har utvecklats i tre etapper under perioden 2014–2017 och här ska så mycket som möjligt få plats om gruvans historia.

När man bygger upp en ny basutställning kring en gruva så är naturligtvis geologi viktigt, men även geovetenskap i allmänhet. Naturresursen i form av berget och malmen är en självklar del, men genom utnyttjandet av detta så berörs också annat inom geovetenskap, t.ex. landskapsförändringar, vatten, miljö och teknikutveck-



FOTO: PER ERIKSSON

ling. Till det kommer den sociala aspekten med människorna som arbetat med berget och malmen genom många olika tidsepoker, men även de människor som varit bärare av kunskap om berget, dvs. den geologiska kunskapsgrunden.

Hård gallring och interaktion

Då basutställningen som byggts upp har så många olika delar har det gallrats hårt i innehållet. Besökaren ska på ett rimligt sätt kunna ta till sig berättelsen om gruvan och det måste vara både intressant, informativt och lustfyllt. Då kan det vara en stor utmaning att integrera geologin på ett sätt så att det väcker besökarens nyfikenhet. Utställningen och informationen måste bli tillgänglig och stimulerande för en bred grupp av besökare.

Som i många andra museisammanhang är barn och ungdomar en viktig målgrupp. För dessa krävs inte bara en utställning med information, utan även möjligheter till aktiviteter och interaktion med utställningen. Att bara titta på skyltar och montrar fångar *inte* dagens unga publik.

Geologin bakom allt

För många är och förblir det svårt att förstå hur berggrunden har bildats. De flesta kan få en grundläggande förståelse genom förenklade resonemang. Ofta måste man inom populärvetenskap eller i en utställning utnyttja det många redan vet, eller associera till sådant som många känner igen.

Denna del av utställningen är ett aktivitetsområde för kunskapen om gruvan och brytningen. Här finns bl.a. en tredimensionell gruvkarta utskuren i väggen, möjligheter att lära sig om kartläggning och ett interaktivt spel.

På samma sätt kan det vara en sak att lära sig ett mineral eller en bergart som är lätt att känna igen, men så småningom går man över gränsen för när en djupare kunskap och förståelse är nödvändig. Frågan är då hur långt man kan gå i en utställning som i många delar ska kunna tala till en bred publik utan att man förlorar besökarens koncentration och intresse. Ett mineral kan vara vackert och ibland möjligt att känna igen för många, men att förstå hur det är uppbyggt kräver en annan nivå av bildning.

Bygg din egen bergart

När det gäller exempelvis bergarter kan man överbrygga kunskapsproblemet genom att hoppa över stora delar av bergarternas struktur och uppbyggnad och koncentrera sig på de centrala delarna. I utställningen vid Falu gruva har man valt att låta besökaren genom olika lekar och spel få bygga sin egen bergart, men bara med en mycket begränsad del av de mineral som behövs och framför allt de mineral som man kan förvänta sig att många känner till. Man kan även prova på att mala lite på bergsalt och att smaka på det så att nya sinnen fångas upp. Detta ger besökaren en ny uppfattning om vad ett mineral kan vara.

När besökaren väl är på plats vid gruvan och rimligtvis inser vikten av att förstå geologin för att också förstå den grundläggande resursen (malmen) finns ju också en möjlighet att skapa mer insikt och bildning. Därför har man skapat ett slags "laboratorium" där man försöker rama in en liten del av utställningen som behandlar kunskapen om berg och mineral i en slags laborativ aktivitetsyta.

En av aktiviteterna i laboratoriet tar till vara den grundläggande delen på grundkurser i bergarts- och mineralkunskap. Besökaren får en chans att testa olika bergarter och mineral på klassiskt manér med metall, propp, magnet och lupp, samt försöka beskriva egenskaperna hos det som testas med hjälp av instruktioner på plats. Denna del av utställning fungerar dock bäst om besöket leds av en guide, så materialet är utformat så att även en museiguide kan använda det.

Men hur gör man ett mineral- eller bergartsprov, en stuf, mer attraktiv? För den som är geologiskt intresserad är stuffen redan attraktiv i sig själv, men för den som inte från början är intresserad är det bara "en sten" bland andra. I den nya utställningen har man valt att behålla delar av den kända mineral- och bergartsutställning som tidigare fanns i det gamla museet och man har arrangerat stufverna på ett tilltalande sätt i montrar vid den laborativa aktivitetsytan.

När miljön var orörd

Traditionellt finns i Falun den gamla sägningen om bocken Kåre som avslöjade malmen genom att feja hornen när han var ute på skogsbete. Samma historia förekommer i olika varianter på många platser i Europa kring upptäckter av en gruva. Tanken på att hitta och upptäcka är dock något som



FOTO: PER ERIKSSON.



FOTO: MAGNUS HELLOQVIST.



kan tilltala alla besökare. Det är fascinerande och spännande hur något börjar, och att vara den som upptäcker något som blir så stort och viktigt. Till denna känsla kan man koppla förståelse för hur man idag letar efter malm och mineral.

På platsen där Falu gruva och den berömda gropen Stora Stöten ligger nu fanns från början en våtmark som förr kallades Tiskasjöberg. Denna våtmark utgör en del av den geologiska bakgrunden som kan vara fantasieggande och som kan tala direkt till de flesta besökarna eftersom många har varit ute på en våtmark – ett kärr, en mosse eller en myr.

I utställningens början kommer besökaren in i ett mörkt rum med trädstammar och väggfilmer som leder besökaren in i den natur som ursprungligen fanns på platsen och den våtmark som låg där. Där finns även en rekonstruktion av hur platsen såg ut, gjord av konstnären Anders Björnhager. Målningen är placerad så att man på tavlan kan se samma vy som den man ser när man tittar ut genom fönstret. Detta hjälper besökaren att associera. Idag är våtmarken borta och kvar är bara den enorma grop som utgörs av Stora Stöten. Det finns fortfarande rester efter våtmarken inom gruvområdet, men detta är inget som en vanlig besökare kommer i kontakt med.

Museet ingång till utemiljön

Det finns många möjligheter att röra sig i utemiljön runt gruvan och här kan museet vara en bra ingång till att själv

Denna sida: Den stora gropen Stora Stöten är väldigt påtaglig i utemiljön, men historiska bilder visar områdets utveckling. Bergsskolan har fått en egen monter, med videoselfies av nutida geologistuderenter.

Motstående sida: Montern Luft–vatten–jord ger perspektiv på miljöfrågan. Besökare kan även prova på att bestämma bergarter och mineral. Samtidigt visas inte bara gruvarbetarens arbete, utan även geologisk provtagning med borrhärlor.

gå ut och uppleva landskapet. Genom utställningens introduktion kan man på egen hand förstå den stora omvandlingen av landskapet och hur mycket berg och annat som försvunnit från platsen med hjälp av människokraft.

Våtmarken utgör också ett viktigt arkiv för att förstå den historiska utvecklingen av området och kan ge en inblick i hur en geolog kan söka information om miljöns utveckling. Besökaren får här en första inblick i hur man genom borrhning, provtagning och analyser i våtmarker och sjöar kan studera områdets tidiga historia. Den delen återkommer när besökaren kommer fram till den del i utställningen som kallas Luft–vatten–jord, där man vill förmedla hur gruvan påverkat miljön och hur man har undersökt detta.

Vattnet och miljön i fokus

En utmaning i utställningsarbetet var hur temat jord, luft och vatten skulle presenteras på bästa sätt. Alla tre delarna är av stor betydelse när det gäller landskapets för-

ändringar och miljön, och centrala delar i berättelsen om gruvans historia. De är också en viktig del i kedjan mellan dåtid och framtid. På museet har detta tema fått ett eget utrymme sammankopplat med geologi, kemi, teknik och lärandet om berget och gruvan.

En svårighet är vattnet som har två sidor: en del som energikälla och en annan del som miljöproblem! Vattnet var under historisk tid viktigt som energikälla för att driva olika spel och maskiner som behövdes för gruvbrytningen. Samtidigt påverkas vattnet av tungmetaller och andra utsläpp från gruvan och utgör en transportör av dessa hela vägen till Östersjön. Mycket av senare tids åtgärdsarbete av miljön i Falun har handlat om just ytvatten och grundvatten.

Museet är ju egentligen en del i ett större sammanhang, som hänger ihop med besöksgruvan och vandringsmöjligheter i landskapet. När det gäller vattnet finns det stora möjligheter för besökaren att själv ta sig ut i landskapet runt gruvan och studera vattnets väg till gruvans centrala delar, via sjöar, diken och dammanläggningar. Under gruvans långa historia har man i stor skala skapat fördämningar, grävt diken, höjt vattennivåer i sjöar och främjat vattnets väg till gruvan.

Geologin gav teknologi och kunskap

Det har naturligtvis under gruvans hela historia funnits behov av att förstå den resurs – malmen – som man brukade. Detta gjorde att den geologiska och kemiska kun-

skap som utnyttjades successivt ökade, samtidigt som tekniska innovationer kom till. Den industriella miljö som finns runt en gruva bidrar till en innovativ miljö baserat på olika behov. Det kanske inte är direkt kopplat till geologi, men geologin skapar behoven, ger förutsättningar och främjar utvecklingen på många andra områden.

Omfattande och bra tekniska lösningar krävs för att malm brytningen och uttaget ut gruvan ska fungera så bra som möjligt. I början var de tekniska lösningarna ganska enkla, men ju längre verksamheten pågick och ju djupare man kom i berget, desto bättre lösningar krävdes. I utställningen märks denna innovativa del i de många originalmodellerna av olika spel som finns utställda. Besökaren kan själv pröva olika knep och lösningar i några av modellerna.

Falu gruva utmärker sig i att det finns många originalbyggnader kvar och de står ofta fortfarande på sina ursprungliga platser. Även här fortsätter utställningen alltså utomhus.

I utställningen lär man känna en av de mest kända innovatörerna, Christopher Polhammar, eller Polhem som han kom att heta efter erhållen adelstitel och nytt namn av kungen. Men det fanns naturligtvis många konstmästare både före och efter honom. Polhem började vid Falu gruva 1693 och blev med tiden gruvans konstmästare. Han kom att skapa många och kända tekniska lösningar för arbetet i gruvan. Några av de mest kända är hans blankstötspel som kunde ta upp drygt 240 tunnor malm per dygn vid lugn gång och hans stänggångsdrivna linspel.





FOTO: PER ERIKSSON.

Utbildning behöves

Men kunskapen om berget, geologin och gruvan har en ännu större plats i den avslutande delen av utställningen. I en gruvverksamhet som i Falun har exempelvis kunskap om kemi varit viktig och denna utvecklades mycket under 1700-talet när det blev en nedgång i malmbrytningen och nya produkter behövde utvecklas. En av de verksamma kemisterna var Johan Gottlieb Gahn och han arbetade även för att man skulle starta den högre Bergsskolan, som placerades i hans bostad.

Berättelsen om berget och geologin är inte bara en fråga om att förstå geologin som resurs i gruvan. Det handlar även om vikten av att skaffa sig utbildning och fördjupad kunskap i geologi – något det fanns stort behov av och det rädde brist på utbildningar i Sverige. Där kom Bergsskolan i Falun in som en viktig del. Här skapades den första utbildningen till bergsingenjör i Sverige. Men utbildningen flyttades 1869 över till Kungliga Tekniska högskolan i Stockholm, eller Teknologiska institutet som det då hette.

Bergsskolan var en plats där männen dominerade och branschen i sig var under lång tid dominerad av män. Detta stämmer dock inte med dagens bild av vilka som arbetar med geologi. Presenterar man bara Bergsskolan blir bilden skev, så för att balansera detta kan besökaren se och läsa om Bergsskolan och dess verksamhet, men samtidigt se videoselfies av kvinnliga studenter som läser geologi idag. Detta är ett sätt att visa på hur det geologiska kunskapsämnet idag engagerar många fler.

Tredimensionella kartor

En annan viktig kunskapsdel om gruvan är kartläggning. Det finns en hel vägg i utställningen som är utformad som en gruvkarta – en tredimensionell karta som är utskuren genom väggen och som fångar besökarens uppmärksamhet.

De kända gruvkartorna är i sig fantastiska dokument som togs fram inom ett eget och avancerat kunskapsområde, markscheideriet. Kartorna upprättades runt om i Sverige genom statligt påbud och den första tillkom i

Besökare kan prova på att bygga en enkel bergart med några mineral. Detta kräver dock vissa akrobatiska färdigheter.

Falun 1629 och gjordes av gruvmätare (markscheider) Olof Swart. Med bl.a. mätbord, diopterlinjal och kvadrant kartlades gruvorna i hela landet med stor noggrannhet. Detta var en bedrift i en miljö inne i berget, utan naturlandskapets hållpunkter. Gruvkartorna ritades med ett blad för varje brytningsnivå i gruvan. Ofta skar man ut öppningarna ner i gruvan som hål i papperet. På det sättet kunde man lägga ihop bladen till böcker som gav en tredimensionell bild av gruvans utseende.

IRL – det som inte kan ersättas

Falu gruva har många geologiska resurser och sevärdheter att erbjuda och som är svåra att bygga in i museet. Geologin upplevs ju alltid bäst i verkligheten, in real life – IRL, ute i naturen. Men det är inte alltid lätt att uppfatta eller förstå vad man ser, speciellt inte för ett otränat öga.

Men i Falun är i alla fall gruvans miljöpåverkan uppenbar för alla besökare. Där finns mängder av slagghögar och varphögar och det är lätt att uppfatta den omfattande omvandlingen av landskapet. Allt är tillgängligt och synligt utanför dörren till museet. Den enorma grop, Stora Stöten, som är resultatet av en gruvkollaps 1687, med efterföljande utvinning i schaktet och utvidgning av gruvan in i modern tid är också uppenbar för alla.

Men stora mängder avfall i form av varphögar och slagghögar finns också utanför gruvområdet och Falun. Dessa syns väl, men det gör inte de stora mängder slagg som användes som utfyllnad vid uppbyggnaden av Falu stad. Sådant kan man bara avslöja i ett museum.

Vid Falu gruva går det att se både lämningar i form av byggnader och de tekniska lösningar som använts i olika tider, och samtidigt i museet ta del av modeller och förklaringar kring hur allt har fungerat. Ser man tillbaka i historien är det dessa sinnrika tekniska lösningar som haft störst inverkan på vattnet i gruvans omgivning, eftersom vattnet var den tillgängliga energiresursen.

Besöksgruvor, som den vid Falu gruva, finns även vid flera kvarvarande gruvmiljöer både i Sverige och Europa. Sådana miljöer och upplevelsen av att komma ner under jord är svår att återskapa i ett museum. Men man har lyckats mycket bra med detta på Tekniska museets nya gruvutställning i Stockholm. Med film och interaktiva delar av utställningen har museet försökt återskapa hur det är att åka ner i en gruva så att även de som inte har möjlighet att ta sig till en riktig gruva kan få ta del av upplevelsen. Men den ultimata upplevelsen av geologin är ju ändå, trots allt, möjligheten att själv åka ner i berget. ♦



Magnus Hellqvist är universitetslektor i geovetenskap vid Institutionen för geovetenskaper, Paleobiologi, Uppsala universitet. Magnus.Hellqvist@geo.uu.se

Var med och nominera pristagare!



Munthepriset inom området kvartär utvecklingshistoria

Geologiska Föreningen delar varje år ut pris ur sin Jubileumsfond. Fondens ändamål är att med priser belöna och stimulera dels betydande vetenskaplig forskning, dels betydande populärvetenskaplig verksamhet.

I år delas **Munthepriset** inom området kvartär utvecklingshistoria ut. Vi söker nu nomineringar för pristagare.

Nomineringsförslag skickas till Geologiska Föreningen, c/o Pär Weihed (par.weihed@angstrom.uu.se), senast 29 september.



Jan Bergströmpriset till unga forskare

Jan Bergströmspriset delas ut till unga geoforskare som redan tidigt i sin vetenskapliga karriär gjort betydande insatser för geovetenskaperna. Priset består av ett diplom, en prissumma på 10 000 kronor och, om inte pristagaren redan är medlem, ett års medlemskap i Geologiska Föreningen.

- Bedömningen kommer i huvudsak att grundas på artiklar den nominerade har publicerat tidigt i sin karriär och som förstaförfattare.
- Priset kommer att ges till en geovetare med tydlig koppling till Sverige, genom antingen nationalitet, anställning eller forskning om svensk geologi. Kandidaten behöver inte vara svensk eller anställd i Sverige.
- Den nominerade ska ha doktorerat inom de senaste sju åren.

Nomineringsförslag skickas till Geologiska Föreningen, c/o Pär Weihed (par.weihed@angstrom.uu.se), senast 29 september. Nomineringen ska innehålla ett cv och ett rekommendationsbrev från en senior forskare.



Nordiska geologiska vintermötet 2018

Nästa nordiska geologiska vintermöte kommer att äga rum på Danmarks tekniska universitet, DTU, i Kgs. Lyngby, Köpenhamn den 10–12 januari.

Mer information om det vetenskapliga programmet samt datum för registrering och inlämning av bidrag finns på www.tilmeld.dk/ngwm2018

Mötet arrangeras av Dansk Geologisk Forening.

Glöm inte att uppdatera din e-postadress

För att hålla nere kostnaderna kommer föreningen framöver att framför allt kommunicera med medlemmarna via e-post. Det är därför bra om du går in på föreningens hemsida och uppdaterar dina uppgifter.

Gör så här: Gå in på hemsidan och klicka på **Medlemskap** i menyn till vänster. Därefter klickar du på **Mina uppgifter** i vänstermenyn. Skriv in dina inloggningsuppgifter. Om du inte gjort detta tidigare eller har glömt ditt lösenord klickar du på länken **Glömt lösenordet/Skapa nytt**. När du fått nytt lösenord och loggat in kan du kontrollera dina uppgifter.



FOTO: MIKAEL CALNER

Geologi och geomorfologi i norra Bohusläns kustlandskap

TEXT: MIKAEL CALNER, HELENA ALEXANDERSON & ANDERS SCHERSTÉN

Norra Bohusläns granitlandskap och skärgård är kända för sin skönhet och spektakulära natur. Landskapet är ett sprickdalslandskap och består av vidsträckta hällområden som regelbundet avbryts av sprickdalar och klyftor. Där sprickdalarna genom vittring och erosion vidgats till breda dalgångar och dagens flacka odlingslandskap breder ut sig, dominerar sediment som avsatts under den senaste istidens avsmältning.

DET HAR TIDIGARE funnits en föreställning om att det huvudsakligen är inlandsisen som har skulpterat landskapet som vi ser det idag. Numera vet vi att landskapets geomorfologi är mycket äldre och har sitt ursprung i omfattande mekanisk och kemisk djupvittring av berggrunden under mesozoisk och kenozoisk tid och att strukturer bildade av den senaste inlandsisen endast överpräglar det gamla vittringslandskapet.

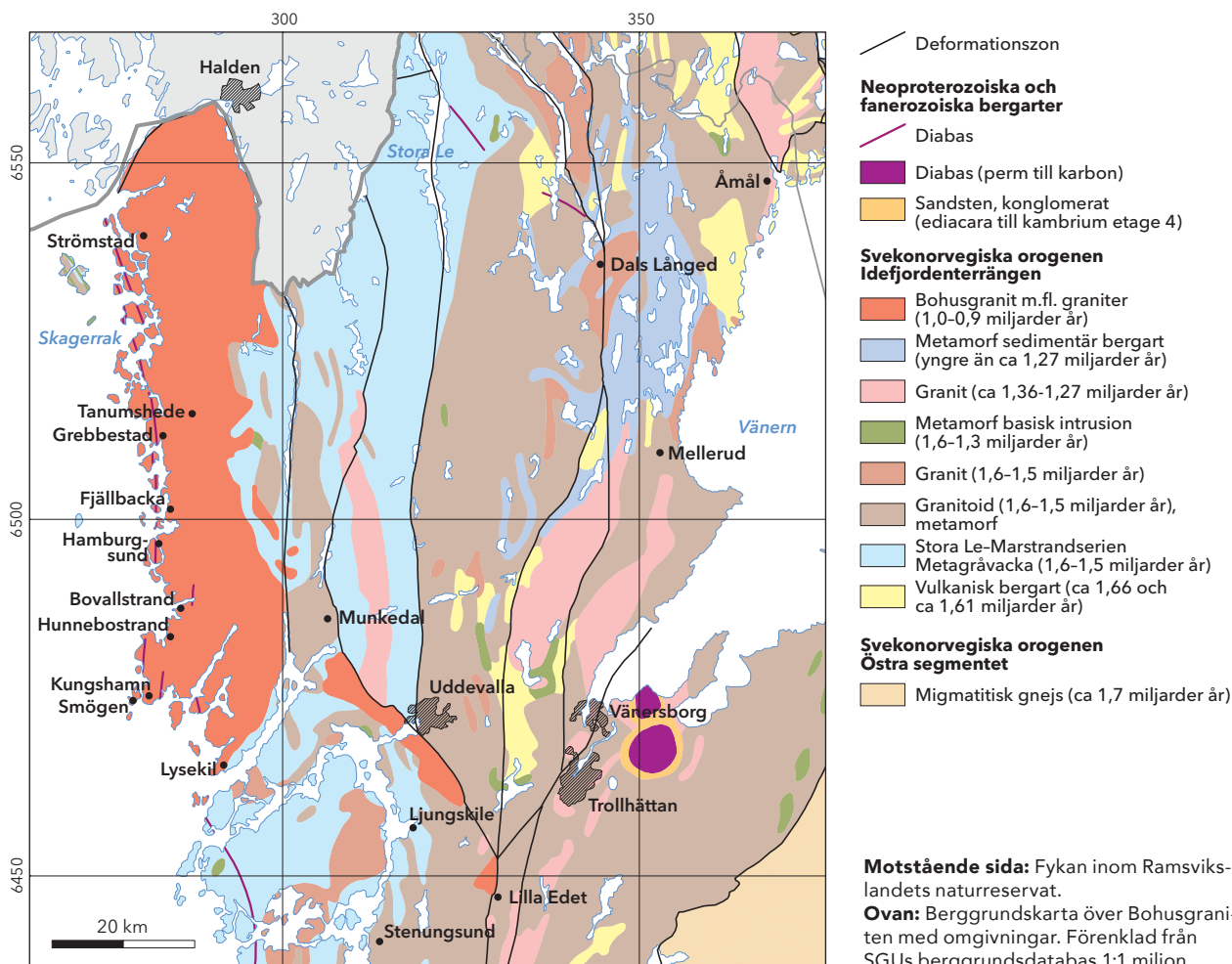
I den här artikeln belyser vi Bohusläns geomorfologiska utveckling, med början för närmare en miljard år sedan när graniterna bildades till dess att den senaste inlandsisen drog sig tillbaka från området för omkring 14 000 år sedan.

I en separat artikel i detta nummer finns en kort beskrivning och guide till *Hunnebo klåvor*, som är namnet på spektakulära vittringsfenomen i Röseberget i Hunnebostrand. Res

gärna dit och fascineras av det unika vittringslandskapet!

Bohusgranitens ålder och utbredning

Bohusgraniten är ett av Sveriges yngsta granitmassiv och består av en serie 920 miljoner år gamla intrusio-
ner. Bergarten är mestadels en jämnkornig och finkornig röd till grå granit som lokalt innehåller talrika och stora brottstycken (*xenoliter*) av gnejs.



På många platser har graniten genombrutits av magmor som stelnat till gångbergarter som diabas, rombporfyr och pegmatit. Pegmatiterna har troligen bildats kort efter själva graniten medan åldern på diabaser och rombporfyr är permisk och relaterad till de isärdragande jordskorperörelser som bildade djuprännan som förbinder Koster- och Väderöfjorden med Oslofjorden.

Magmatismen som bildade Bohusgraniten sammanföll med slutfasen av den svekonorvegiska bergskedje-bildningen då superkontinenten Rodinia bildades och berggrunden i sydvästra Sverige deformades kraftigt.

Bergskedjan som uppstod hade betydande mått, och geologiska data visar att storleken var jämförbar med dagens Himalaya. Långt under bergskedjans toppar, i en svaghetszon som mot djupet lutar österut, trängde Bohusgranitens magma upp och började kristallisera då den långsamt kyldes av.

Beräkningar gjorda av Thomas Eliasson (SGU) med flera visar att magman vid tiden för intrusionen hade en temperatur av omkring 715 °C och att den slutliga kristallisationen ägde rum vid 680–670 °C och ett tryck av ungefär fyra kilobar. Detta motsvarar ett djup av ungefär 15 km under den väldiga bergskedjan. De mineral som bildades och som idag är huvudingredienser i graniten är fältspat och kvarts med inslag av glimmer och hornblände.

Det subkambriska peneplanet

Idag är den ovanliggande bergskedjan sedan länge nederoderad. Redan i sen neoproterozoisk tid var den borta. Kvar vid kambriums början fanns endast en mycket flack och utbredd vittringsyta som sannolikt sträckte sig över hela nuvarande Norden.

Denna yta kan fortfarande studeras i området kring Trollhättan och Vargön där den lokalt täcks av

de lagrade, fossilförande bergarter som bygger upp de Västgötska platåbergen. Eftersom vittringsytan försvinner in under kambriska lager har den fått namnet *subkambriska peneplanet*.

De enorma massor av vittringsmaterial som forslats bort under den tid som den svekonorvegiska bergskedjan långsamt vittrade och eroderade avsattes och ombildades med tiden till sedimentära bergarter som konglomerat och sandstenar vars öde inte är speciellt väl kända. Möjligen kan avlagringarna i Visingsögruppens mer än 1000 m mäktiga lagerföljd i Vätternsänkan kopplas till denna erosion.

Bohusgraniten når ytan

Den successiva erosionen exponerade till slut Bohusgraniten som alltså var en del av det regionala peneplanet. Senare jordskorperörelser har lyft upp graniten och gjort att den på nytt



FOTO: MIKAEL CALNER.



FOTO: MIKAEL CALNER.

Ovan: Norra Bohuslän (här Sjövik, Hamburgö) präglas av höga berg med branta sidor och smala sprickdalar. De lite knöliga och jämnt rundade storformerna är typiska för landskapet och beror på att kemisk djupvittring har ägt rum under markytan och att bergen därefter frilagts genom erosion.

Till vänster: Bankningsplan har en betydande effekt på Bohusläns geomorfologi. I denna bild från Fykan på Ramsvikslandet är det tydligt hur bankningsplanen bildar trappsteg i bergen.

utsatts för omfattande vittring och erosion och i etapper fått dagens utseende.

Idag framträder Bohusgraniten som ett långsmalt, skivformigt massiv som sträcker sig från Gullmarsfjorden och Lysekil i söder till Idefjorden i norr. I geologisk terminologi bildar graniterna en *batolit* som består av ett flertal *plutoner*.

Själva batoliten lutar brant åt öster och är ett tiotal kilometer bred inom sitt utbredningsområde. I öster lutar

Bohusgraniten in under gnejser som bildats av sedimentära och vulkaniska bergarter, och som tillhör den 1590 miljoner år gamla Stora Le-Marstrandgruppen. Gnejser väster om Bohusgraniten på Koster och Väderöarna har bildats senare och har en ålder på 1570–1550 miljoner år.

Rundade bergknallar

Bergen i Bohuslän bildar karaktäristiska höga knallar som typiskt är fint

rundade med branta sidor. Höjdskillnaden mellan de högsta topparna och botten på sprickdalarna är normalt 20–100 m men kan i mer sällsynta fall vara mer än 200 m. Regionalt har dock topparna ungefär samma höjd och ligger sannolikt nära nivån för det ursprungliga subkambriska peneplanets yta efter att det lyfts upp.

Den nuvarande geomorfologin är ett resultat av områdets tektoniska utveckling och samverkande meka-

niska och kemiska vittringsprocesser. Vissa av dessa processer pågår fortfarande, om än långsamt, och kan studeras på många platser, inte minst i området kring Hunnebostrand och Ramsvikslandets naturreservat på Sotenäset.

Uppkomsten av spricksystem

Bohusgraniten genomkorsas av både horisontella och vertikala sprickor och för att förstå bergets nuvarande former måste vi först förstå hur dessa spricksystem har bildats.

De spricksystem som mer eller mindre följer bergets topografi kallas *bankningsplan* eller *exfoliation*, och vissa av dem har bildats före de vertikala spricksystemen. Bankningsplan uppstår då bergartskroppar som är bildade på stort djup i jordskorpan långsamt friläggs genom vittring och erosion (*avlastning*). När trycket av ovanliggande berggrund successivt försvinner expanderar bergkroppens yttre delar mer än dess inre vilket gör att berget spricker upp i plan som är mer eller mindre parallella med den avlastade ytan.

Eftersom Bohusgraniten bildades på ca 15 km djup har en omfattande tryckavlastning skett. En stor del av denna avlastning måste inledningsvis ha ägt rum genom att den svekonorvegiska bergskedjan vittrade och eroderades under neoproterozoikum.

Därefter fortsatte vittring och erosion under lång tid vilket ledde till bildandet av det subkambriska peneplanet och att Bohusgraniten närmade sig jordytan. Bankningsplan bör ha uppstått i denna process men det är inte självklart att det är dessa vi ser idag eftersom ytterligare förändringar av peneplanet har skett långt senare.

Under äldre paleozoisk tid (för 542–416 miljoner år sedan) var Bohuslän på nytt ett havsområde och en relativt tunn lagerföljd av kambriska, ordoviciska och siluriska avlagringar täckte området mot slutet av tidsperioden.

Deras mäktighet bör inte ha varit större än ett fåtal hundra meter. Sannolikt har även en tunnare sekvens devonska och karbonska lager täckt området men dess mäktighet är svår att tolka.

Tyngden av dessa täckbergarter var givetvis ändå betydande och det är först efter att dessa avlagringar eroderat bort, vilket måste ha skett i allra yngsta paleozoikum eller, mer troligt, i mesozoisk tid, som Bohusgraniten frilades på nytt. Det är sannolikt inom detta tidsspänn som merparten av de bankningsplan vi ser idag uppstod.

Skivigt landskap

I norra Bohuslän är bergens ytformer i stor utsträckning definierade av bankningsplanen. De är normalt några decimeter till några meter tjocka och bildar en karaktäristisk skivighet i landskapet.

Denna skivighet syns även i de permiska gångar av diabas och porfyr som bryter igenom graniten vilket stöder att bankningsplanen uppstod efter att gångarna intruderade berggrunden för mer än 250 miljoner år sedan.

Vertikala klyftor

Bankningsplanen bryts igenom av regelbundna vertikala sprickor. Många av dessa bildar öppna klyftor (lokalt kallat *klåva*, uttalat klöva) och hela sprickdalar.

Det vertikala spricksystemet kännetecknas av tre huvudriktningar: nordliga, nordöstliga och västnordvästliga. Sprickorna bildades troligen av de tensionskrafter som verkade längs Oslofjorden under karbon–perm, dvs. något innan eller samtidigt som Bohusgraniten frilades från sina äldre paleozoiska täckbergarter.

I stora delar av norra Bohuslän bildar de horisontella och vertikala sprickorna sammantaget en blockstruktur med romboedrisk eller kubiska former. Resultatet blir ett tredimensionellt nätverk av sprickor som transporterar vatten och som därför påskyndar de kemiska vittringsprocesserna.

Klimatförändringar

I början av mesozoisk tid hände något som fick stor inverkan på vittringen i våra områden. Superkontinenten Pangea började spricka upp och det torra kontinentala klimat som dominerat det enorma landområdet under trias förändrades till ett varmt och

fuktigt klimat i takt med att nya havsarmar bildades. Därigenom transporterades fukt och värme till områden som tidigare legat i kontinentens inre delar.

Det varma Tethyshavet spred sig norrut i just en sådan havsarm som nådde de sydvästra delarna av vårt land i slutskedet av den triassiska perioden. Vid denna tid befann sig södra Sverige på ca 25–30 grader nordlig bredd.

Djupvittring under mesozoisk tid

Klimatförändringen påverkade vittringen och erosionen, och i samtida kontinentala sedimentära bergarter i Skåne är detta mycket tydligt. Där överlagras triassiska konglomerat och fältspatrika sandstenar (arkoser) abrupt av djupt genomvitrade, kvartsdominerade sandstenar (kvartsareniter) och kollager från och med senaste trias och in i jura.

Den varma perioden fortsatte in i kretaceisk tid. Runt Ivösjön i nordöstra Skåne täcks kraftigt vittrade urbergsområden av kretaceiska kalkstenar och här kallas vittringslandskapet därför för den *subkretaceiska vittringsytan*, en yngre morfologisk modifiering av det ursprungliga subkambriska peneplanet.

Även i Skagerrak utanför Bohuslans kust förekommer mesozoiska sedimentära bergarter direkt på urberget. Då det inte finns några tydliga fynd av jurassiska eller kretaceiska sedimentära bergarter i direkt anslutning till de Bohuslänska graniterna kallas vittringslandskapet här i stället för den *submesozoiska vittringsytan*. Man får utgå från att även djupvittringen i Bohuslän ägde rum under denna värmeperiod.

Som nämnts ovan tyder allt på att de horisontella och vertikala spricksystemen redan var väl utvecklade vid denna tid och att graniterna var frilagda från täckbergarter. Vittringen verkade utefter de befintliga spricksystemen. Vatten och syre transporterades ned i sprickorna och vittringen arbetade utåt så att sprickorna hela tiden vidgades. Detta medförde att ytterligare vatten och syre kunde cirkulera i sprickzonerna och lösa mindre motståndskraftiga mineral.



Hydrollys och grusvittring

Två av de dominerande vittringsprocesserna inom Bohusgranitens spricksystem under mesozoisk och kenozoisk tid har varit *hydrollys* och *grusvittring*. Den senare är en mekanisk vittringsform som bygger på att det järn som är bundet i glimmermineralet biotit oxiderar i närvaro av syre. Oxideringen gör att biotiten ökar i volym vilket leder till att omgivande mineral Korn, huvudsakligen kvarts och fältspat, lossnar från varandra.

Den hårda graniten ombildas alltså med tiden till en lös avlagring – ett vittringsgrus. Denna typ av berg kallas ibland för ruttet berg eftersom man kan gräva i den med en spade eller till och med handen. I vetenskapen benämns vittringsprodukten *saprolit*.

De mikroskopiska sprickor som bildas genom oxidation av biotiten skapar ytterligare transportvägar för vatten. Detta möjliggör för andra vittringsprocesser att ta vid, såväl mekaniska vittringsprocesser, t.ex. *frostsprängning*, som kemiska vittringsprocesser.

Parallellt med grusvittringen ombildas därför vissa mineral till

följd av *hydrollys*. Hydrollys bygger på spjälkning av vattenmolekylen i närvaro av en syra. Hydroxidjonen (OH^-) kan då gå in och ändra kristallstrukturen i bergartens mineral, vilket alltså skapar ett nytt mineral. Hydrollys angriper i synnerhet granitens fältspater och ombildar dem till lermineralet kaolinit. Kaolinit finns fortfarande bevarat i en spricka vid Hunnebo stenhuggeri (se punkt 8 i kartan på sidan 22).

Torbildning

De block som en gång begränsades av horisontella och vertikala sprickor har rundats av och har legat som *kärnblock* inneslutna i den leriga och grusiga saproliten. Idag är det mesta av vittringsgruset borta men här och var står stenstoder, *torbildningar*, kvar i sprickorna.

Inlandsisens påverkan på landskapet

Under den senaste nedisningens maximala utbredning för 21 000 år sedan täcktes norra Bohuslän av en is som var omkring 2000 m tjock. Det var inte första gången som Bohuslän var täckt av is, utan en av många gånger under de senaste 2,6 miljoner

Denna sida: Torbildningar i den nedre klyftan vid Hunnebo klävor. Vita pilar markerar bankningsplan. **A.** Notera de rundade formerna och den råa vittrade ytan samt skalvittring i det mellersta blocket. **B.** Torbildningar som denna måste ha varit inbäddade i vittringsgrus eller (kanske mindre troligt) snö under senaste inlandsisens avsmältning i området för att inte rasa. Man kan därför sluta sig till att vittringsmaterial, åtminstone i de djupaste delarna av klyftorna, har legat kvar långt in i sen tid. **C.** Notera ökad rundningsgrad av de ingående blocken uppåt i denna torbildning.

Motstående sida: Rundhäll på Ramsvikslandet där man ser den flacka, slipade stötsidan med alla sina isräfflor och den branta läsidan med lagom sitthöjd. Isräfflorna har bildats genom att stenar som varit fastfrusna i isen har släpats över berget under högt tryck.

åren (kvartärtiden). Men det är den senaste nedisningen som vi vet mest om eftersom det är den vi ser mest spår av i landskapet.

Isen rörde sig då från nordöst mot sydväst över landskapet och den påverkade sitt underlag genom slipning, lossbrytning och uppluckning. Stenar som satt infrusna i isen trycktes mot det underliggande berget vilket ledde till att bergytan slipades och

långa, smala isräfflor uppstod, särskilt på bergkullars nordöstsida. På läsidan i isens rörelseriktning kunde isen i stället bryta loss och plocka upp större bergblock.

De här processerna har bland annat lett till att det finns många s.k. *rundhällar* i Bohuslän. De karaktäriseras av en flack, mjuk stötsida (ofta åt nordöst) och en brant läsida (ofta åt sydväst).

Isen har också avsatt *morän*, en jordart som består av alltifrån lera till block, men inte i särskilt stora mängder.

Att isen har påverkat sitt underlag på det här viset tyder på att den åtminstone delvis och tidvis var *bottensmältande*, det vill säga att det förekom smältvatten under isen. I samband med att isen smälte av och iskanten långsamt drog sig bakåt, mot nordnordöst, ökade smältvattnemängden. Det här smältvattnet hjälpte till att transportera bort löst

material från landskapet, inklusive vittringsmaterialet i sprickorna.

När iskanten drog sig tillbaka från norra Bohuslän för omkring 14 000 år sedan följde havet efter. I havet avsattes den lera som i dag fyller stora delar av dalgångarna, och längs den dåvarande stranden – som låg ungefär 150 m över dagens havsyta – svalade vågorna det lösa material som låg där. Sannolikt var det då som de sista resterna av vittringsmaterialet sköljdes ut ur sprickorna och ut i nuvarande Skagerrak.

Att torbildningar överhuvudtaget står kvar i sprickorna är anmärkningsvärt i sig. Möjligen har borttransporten av vittringsmaterialet skett gradvis under nedisningarna, eller så kan de ömtåliga torbildningarna ha varit skyddade genom att sprickorna varit fyllda med andra sediment eller med snö som hindrat is och smältvatten från att påverka dem alltför mycket. ♦

Läs mer

- Eliasson, T., Ahlin, S. & Petersson, J. 2003. Emplacement mechanism and thermobarometry of the Sveconorwegian Bohus granite, SW Sweden. *GFF* 125, 113–130.
- Olvmo, M., Lidmar-Bergström, K. & Lindberg, G. 1999. The glacial impact on an exhumed sub-Mesozoic etch surface in southwestern Sweden. *Annals of Glaciology* 28, 153–160.
- Åhäll, K.I., Cornell, D.H. & Armstrong, R. 1998. Ion probe zircon dating of meta-sedimentary units across the Skagerrak: new constraints for early Mesoproterozoic growth of the Baltic Shield. *Precambrian Research* 87, 117–134.



Mikael Calner, Helena Alexanderson och Anders Scherstén jobbar alla på Geologiska institutionen vid Lunds universitet.

mikael.calner@geol.lu.se



FOTO: HELENA ALEXANDERSON.

1. Den nedre klyftan

Den nedre klyftan är omkring 3 m bred och dess sträckning sammanfaller med det övergripande öst-västliga spricksystemet i området. Väggarna i klyftan är skrovliga, och om man stryker över dem med handen så känner man de skarpa kanterna på fältspatkristaller som ger ytan en vass karaktär.

På botten av sprickan ligger ett svagt rödfärgat vittringsgrus som består av kantiga mineralfragment. Gruset är resultatet av biotitoxidation och grusvittring och man får tänka sig att hela klyftan en gång har varit fylld av en blandning av sådant grus och lermineralet kaolinit. Torbildningarna och de stora rundade blocken som ligger längre in och högre upp i klyftan var då inneslutna i detta vittringsmaterial.

Till höger: Nedre klyftan vid Hunnebo klåvor. Notera stora block på botten av klyftan och torbildning i den bortre delen.

Nedan: Gruset som ligger på botten av spricksystemen vid Hunnebo klåvor är inte sorterat och består av kantiga korn. Det tyder på att gruset representerar det ursprungliga vittringsgruset från graniten.



FOTO: MIKAEL CALNER.



FOTO: MIKAEL CALNER.

2. Torbildningar

En bit längre in i klyftan står tre smala stenpelare av staplade granitblock, så kallade torbildningar (se bilderna på sidan 20). Blocken är avskilda från varandra av bankningsplan. De har fortfarande en rå och kantig vittringsyta men är som helhet jämnt avrundade.

De block som är underst i tornen är minst avrundade och rundningsgraden ökar successivt uppåt eftersom de tillhör en högre nivå i vittringsprofilen och därför har utsatts för mer omfattande vittring.

De starkt rundade blocken som man finner på klyftans botten har alltså sitt ursprung från klotvittring högre upp i torbildningarna och har sedan

rasat nedåt då det omgivande vittringsmaterialet successivt har transporterats bort och frilagt berggrunden.

Vittringsprocesserna verkar fortfarande i klyftan och på bergväggarna ser man effekterna av skalvittring, ett kombinerat resultat av spänningsförändringar i berget och pågående frostsprängning då det normalt är fuktigt i klyftorna och temperaturen pendlar kring fryspunkten under vinterhalvåret.

Den nedre klyftan slutar i en T-korsning där man ansluter till det mer nord-sydliga spricksystemet i området. Här går det att klättra norrut i sprickan och studera liknande vittringsstrukturer men man bör då vara mycket försiktig då det finns flera djupa hål mellan stenblocken. Vi går i stället söderut.



FOTO: MIKAEL CALNER.

Ovan: Skalvittring, som är vanligt i den nedre klyftan, kan uppstå genom spänningsförändringar i sprickor och underlättas vidare av växling mellan kyla och värme. Det är därför en vanlig vittringsform i områden där temperaturen pendlar kring fryspunkten.

3. Utsikt mot nedre klyftan

Från denna punkt kan man studera övre delen av den nedre klyftan och mest slående är en serie tättställda bankningsplan. Lägg märke till att planen inte fullt ut är horisontella utan i stället parallella till bergets ovanyta eller följer andra former i berggrunden.



FOTO: MIKAEL CALNER.

4. Den övre klyftan

Den övre klyftan skiljer sig en hel del från den nedre. Den är smalare och mer vindlande i sin form. Andra processer än endast djupvittring och friläggning har format den.

Speciellt i den övre delen av denna klyfta är formerna mjuka, bergytan är mindre rå och man anar att vatten har varit viktigt för formernas bildning. En uppenbar skillnad från nedre klyftan är att torbildningar helt saknas och de block som ligger i botten av klyftan är mindre och rundare än de i den nedre klyftan.

Skillnaderna beror på att vi här är på en topografiskt högre nivå och därmed längre från vittringsfronten. Om torbildningar har funnits här har de sett annorlunda ut än i den nedre klyftan. Dessutom har den senaste inlandsisen och dess smältvatten, samt marina processer efter inlandsisens avsmältning, haft en större påverkan på dessa nivåer.

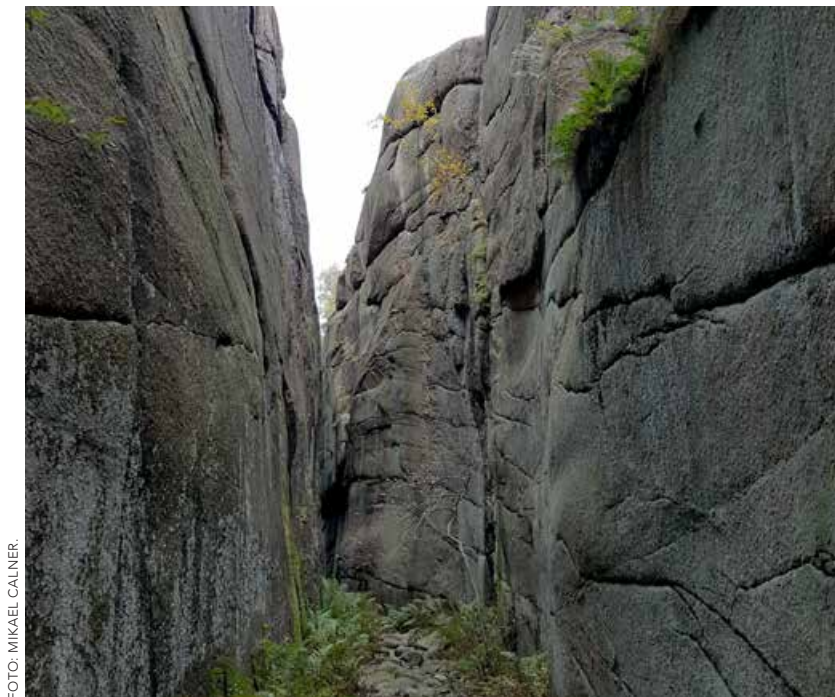


FOTO: MIKAEL CALNER.

5–6. Erosion av smältvatten

Fortsätter man österut längs den övre klyftan och ser dess övre delar, är isens fysiska påverkan mer tydlig. Här ser man till exempel isräfflor på väggarna. De verkligt mjuka formerna i berget är så kallade *p-former*.

Dessa har bildats genom erosion av smältvatten under isen. Detta vatten, som innehåller små sedimentpartiklar, står under oerhört högt tryck under en is som inte är bottenfrusen och hjälper till att skulptera berget då det pressas fram.

Högst upp i övre klyftan, där den på nytt ansluter till det nord-sydliga spricksystemet, kan man se hur smältvattnet följt bankningsplanens svaghetszoner och utvidgat dem till långsträckta *p-former* som ger graniten en mjuk, bullig form som är typisk för många bergområden i norra Bohuslän.

Smältvattnet under isen har utnyttjat bankningsplanen och gjort formerna mer konkava längs de horisontella sprickorna i den övre delen av klävnarna.



FOTO: HELENA ALEXANDERSON.

7. Trång passage

På vägen ner från den övre klyftan följer man lämpligen en mycket smal klyfta i det nord-sydliga spricksystemet. Denna leder ner till stenhuggeriet. Längs denna klyfta är *p-former* vanliga och vid dess slut finns även en halv jättegryta.

Härifrån går man lämpligen till punkt 8 i den södra delen av stenhuggeriet och försöker gräva fram lite saprolit ur sprickan vid stenbrottets golv. Lermineralen i saproliten utgörs av kaolinit och smektit, mineral som är typiska för den mesozoiska värmeperioden.

LÄS MER

Olvmo, M., Lidmar-Bergström, K. & Lindberg, G. 1999. The glacial impact on an exhumed sub-Mesozoic etch surface in southwestern Sweden. *Annals of Glaciology* 28, 153–160.

Gold



Under våren 2017 hade filmen *Gold* premiär på biograferna, men filmen var endast uppe på vita duken en kort tid. Under juli månad blev filmen tillgänglig på dvd och att ladda ner.

RECENSION

Filmen har ett bra manus och bygger till stor del på den verkliga historien om det Calgary-baserade företaget Bre-X. Sagan om detta företag är värd en egen artikel som kan komma i framtiden. I filmen *Gold* spelar Matthew McConaughey den misslyckade affärsmannen Kenny Wells. Denna karaktär motsvarar David Walsh som grundade Bre-X. Édgar Ramírez spelar geologen Michael Acosta vilken motsvarar verklighetens Michael de Guzman.

Året är 1981 och de första minuterna av filmen *Gold* visar en ung och smal Kenny, med hår, som arbetar på sin pappas prospekteringsföretag Washoe. Kort därefter går Kennys pappa bort och för företaget går det bara utför.

Sedan hoppar handlingen fram till 1988 då Kenny är småfet och har en växande flint. Han är fullständigt misslyckad och framstår som en begagnad bilförsäljare i sin desperata kamp för att hitta lättförtjänta (snabba) pengar med alla metoder. Trots alla katastrofer är Kenny fortfarande gift med Kay som han friade till i filmens första scen.

En natt drömmer Kenny om guld och Indonesien och när han vaknar

minns han fortfarande drömmen. Kenny hade just läst om geologen Michael Acostas stora kopparfynd i Indonesien. Kenny pantsätter då alla smycken och reser till Jakarta, där han har stämt möte med Michael. Kenny övertygar Michael och de två åker långt ut i Indonesiens väglösa djungel och blir kompanjoner.

Kenny reser sedan hem och lyckas få fram pengar till både inmutning och provborrningar varefter han reser tillbaka till Indonesien. Borrningarna börjar men resultaten uteblir – det är panik. Den malarisjuka Kenny ger de sista pengarna till Michael och när Kenny vaknar upp ur sin sjukdom har Michael hittat GULD!

Detta är en bra film där de två huvudrollsinnehavarna Matthew McConaughey och Édgar Ramírez gör övertygande rolltolkningar. Manuset är bra och har verklighetens händelser som en röd tråd. I filmen är geologin det viktigaste och den är i stort sett mycket korrekt återgiven.

Filmen är spännande både för geologer och alla andra. I filmen finns en manlig geolog (Michael Acosta) i en av huvudrollerna, och långt ner i rollisten finns ytterligare en manlig geolog utan namn. Michael Acosta passar inte helt in i stereotypen för en geolog, trots att han dricker, men han

är alltför prydlig med välansat skägg och klädd i kostym.

Ytterligare en geologfilm med namnet *Gold* finns. Denna är från 1974 och hade Roger Moore i huvudrollen.

I år har ännu en geologfilm gått upp på biograferna: *Kong: Skull Island*. I denna film finns en geolog Houston Brooks som jobbar med seismologi. ♦



Erik Sturkell är professor i geofysik vid Institutionen för geovetenskaper på Göteborgs universitet.
erik.sturkell@gvc.gu.se

SKANDALEN

Bre-X Minerals Ltd. var ett kanadensiskt bolag som var inblandat i en av de mest omtalade skandalerna i gruvvärlden. Företaget köpte en inmutning i Busang på Borneo i mars 1993 och i oktober 1995 rapporterade de att de hittat stora mängder guld varpå aktierna steg kraftigt i värde. Guldfyndighet visade sig senare vara en bluff. Man hade saltat borrhov med guld för att höja värdet på fyndigheten. Företaget kollapsade 1997 i en av de största aktieskandalerna i Kanadas historia.



Ordning och reda i svensk litostratigrafi

TEXT OCH BILD: MARK JOHNSON

Naturen kan tyckas väldigt rörig, och geologi är vanligtvis väldigt komplex. För att förstå jordens berättelse måste geologer prata med varandra om geologiska bergarter och enheter. Nu finns en ny litostratigrafisk guide för Sverige tillgänglig som hjälper oss att tala samma språk.

DET ÄR VIKTIGT att geologer kan kommunicera tydligt med andra, och det är viktigt att vi är överens om vad de ord vi använder betyder! Vilken sandsten menar du? Hur ser den ut? Vilken granit menar du? Hur utbredd är den? Och när du säger *granit*, menar du då en bergart av en viss sammansättning eller en tredimensionell kropp som består av granit? Vad menar geologer när de pratar om *formationer*?

Under nästan två seklar har geologer gradvis utvecklat terminologi och nomenklatur om de olika geologiska enheter som syns och kan karteras. Stratigrafiska guider har tagits fram i många länder och internationellt under decennier. Nu har Sverige äntligen fått sin egen stratigrafiska guide! I årets första nummer av GFF, Geologiska föreningens vetenskapliga tidskrift, publicerades *Guide for geological nomenclature in Sweden*. Man kan ladda ner just denna artikel gratis på <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/11035897.2016.1178666>.

Sedimentära bergarter kan delas upp i olika lager (strata) beroende på den litologiska sammansättningen (litostratigrafi). Men samma lager kan också delas upp baserat på bergartens ålder (kronostratigrafi) eller innehåll av fossil (biostratigrafi).

Det finns en process i alla stratigrafiska guider (också i Sveriges) som beskriver hur man formellt definierar de olika enheterna. Vissa kriterier måste vara uppfyllda innan en enhet kan betraktas som formellt namngiven. Med den nya guiden kan även kristallina bergarter delas in i olika enheter, som kallas litodemer.

DET HELA BÖRJADE i Storbritannien när brittiska geologer under tidigt 1800-tal började använda kronostratigrafiska termer som silur, kambrium och devon för att definiera specifika lager och enheter. Att få alla geologer att komma överens om vad man menade när man sade

devon var en lång kamp med många diskussioner och skilda meningar. Men till slut kom man i alla fall överens.

Sedan dess har nomenklatur utvecklats för att garantera klarheten i diskussioner om geologi och för att minska missförstånd. Men förtydligandet av nomenklaturen är en ständig process!

I den publicerade artikeln i GFF står Risto Kumpulainen (bilderna till vänster) som författare till den stratigrafiska guiden, men många personer har varit involverade och det har varit en tio år lång process att färdigställa guiden! I början leddes arbetet av Maurits Lindström, men sedan han gått bort togs arbetet över av Risto. Han tilldelades Geologiska Föreningens Lindströmpris år 2016 för sitt arbete med den stratigrafiska guiden.

Kungliga Vetenskapsakademins Klass 5 etablerade år 2007 en kommitté, *Committee for Swedish Stratigraphic Nomenclature*, som består av 19 geologer, och utkastet till den publicerade artikeln granskades av dessa och ytterligare 20 geologer från Sveriges geologiska undersökning och universiteten i Sverige. Den slutliga versionen granskades dessutom av geologer från Norge, Finland och Estland.

I guiden framgår vilka termer man ska använda för att beskriva inte bara stratigrafiska och litodemiska enheter, utan också tektoniska enheter och geologiska strukturer. Guiden innehåller också rekommendationer för användning av tektonostratigrafiska termer och benämning av landskapsformer som utvecklats i berggrunden.

Det visar sig att man i Sverige inte alls har varit konsekvent i hur man definierat och namngett olika bergartsenheter. Även om olika kalkstenslager och gnejskroppar har fått namn i litteraturen, har väldigt få av dessa följt

internationella regler för att få namnen formaliserade. Detta är en av de stora anledningarna till att geologer har framhållit behovet av en stratigrafisk guide för Sverige. Nedan beskrivs ett par fall där välbekanta namn används på ett otydligt sätt.

FORMELL STRATIGRAFI är inte ett mål i sig. Alla namn och guider är till för kommunikationens och tydlighetens skull. Det är inget vetenskapligt mål att se till att alla Sveriges bergartsenheter (och jordenheter – man kan formalisera ler- och moränlager också) har formella namn. Men förhoppningsvis kan vi gradvis städa upp vår nomenklatur på samma sätt som man gör i andra länder. GFF:s redaktion har beslutat att inga nya artiklar publiceras som inte följer rekommendationerna från den stratigrafiska guiden.

Sveriges geologiska undersökning har tagit på sig uppdraget att bygga en databas som innehåller landets stratigrafiska och litodemiska enheter. I databasen ska det finnas inte bara olika namn och enhetstyper, utan också information om huruvida namnet är formaliserat (godkänt) eller inte. Det går självklart att använda gamla namn också i fortsättning, men det är då viktigt att nämna i texten att sådana namn är informella. ♦



Mark Johnson är universitetslektor och prefekt vid Institutionen för geovetenskaper, Göteborgs universitet.
mark@gvc.gu.se

Bohusgraniten

Bohusläns landskap har fått sitt typiska utseende genom mesozoisk vittring längs sprickor i den så kallade Bohusgraniten (läs mer om detta i artikeln på sidan 16). Notera här att när man säger *Bohusgraniten* finns det två möjliga betydelser: man kan mena bergarten som har en viss mineralogi, men man kan också avse den tredimensionella kroppen som består av granit. Det senare är det som kallas för en stratigrafisk enhet.

På grund av att kristallina bergarter inte uppträder som lager har geologer tagit fram ordet litodem (eng: *lithodeme*) som betyder en kropp av kristallina bergarter.

Det är väldigt få kristallina enheter i Sverige som har formaliserade namn, i första hand därför att det var för sedimentära bergarter som användningen av stratigrafiska enheter utvecklades.

Om man skulle vilja formalisera den stratigrafiska enheten för Bohusgranit skulle den kunna heta Bohusgranit (*Bohus Granite*) eller kanske Bohuslitodemet (*Bohus Lithodeme*). Men om namnet Bohus redan använts på någon annan enhet måste man hitta ett annat namn, t.ex. Smögengranit (*Smögen Granite*). Hur som helst, enheten är ännu inte formaliserad!



Bohusgraniten utanför Ramsvik.

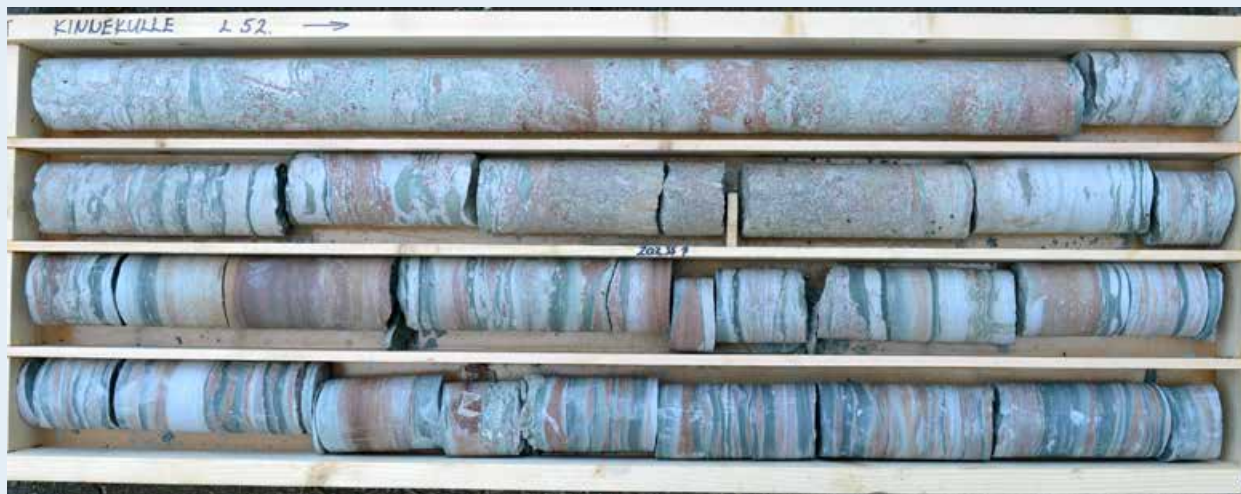
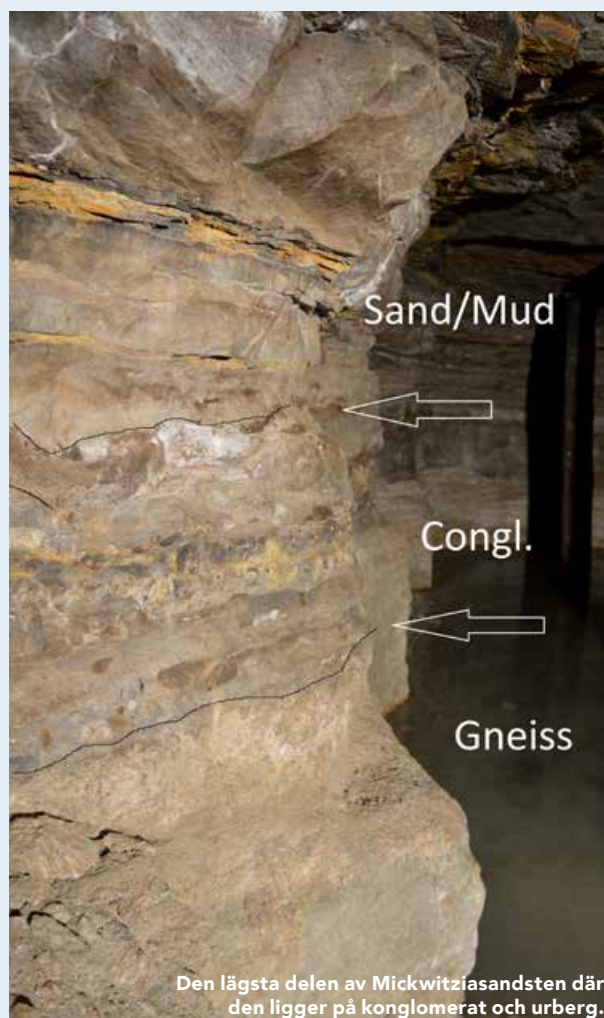
Den kambriska Mickwitzia-sandstenen

Många skolbarn i Sverige har lärt sig Kinnekulles stratigrafi genom ramsan USA K1 3 som uttolkas urberg, sandsten, alunskiffer, kalksten, lerskiffer och trappsten (diabas). Sandstenen som ligger ovanpå urberget delas in i två olika lager: Mickwitziasandstenen och Lingulid-sandstenen. Dessa namn har använts i mer än hundra år. De två sandstenarna är tillsammans en del av File Haidar-formationen.

Mickwitzia är en trilobit och lingulid är en brachiopod som kan hittas i dessa två lager. Enligt den stratigrafiska guiden (och internationellt bruk) är en formation den centrala enheten i en litostratigrafi. Alla lager ska ingå i en formation. Men en formation kan delas in i olika, mindre lager som kallas för led (eng: *member*).

I en rapport som publicerades nyligen kallades sandstenen på Kinnekulle för *Mickwitzia Sandstone Member of the File Haidar Formation*. Det ser bra ut, men enligt internationellt bruk och den svenska guiden finns det några fel! För det första ska *Sandstone* ha ett versalt S och *Member* ett versalt M bara om enheten är formaliserad, och *Mickwitzia* har inte formaliserats. För det andra ska litostratigrafiska enheter ges namn efter en geografisk plats i närheten av där den först beskrivs. Man kan alltså inte ge ett led namn efter ett fossil!

Sandstenen skulle kunna kallas Kinnekullesandstenen (*Kinnekulle Sandstone*) såvida namnet Kinnekulle inte har använts formellt för någon annan enhet. Slutligen, även om det finns en praxis att namnge ett lager efter den dominerande bergarten (*Kinnekulle Sandstone*), så rekommenderar guiden att man använder *formation* eller *led* i stället. Därför skulle enheten kunna kallas *Kinnekulle Member of the File Haidar Formation*. Nu har jag bara hittat på *Kinnekulle* som ett namn, men formen är rätt. Hur som helst, namnet *Mickwitzia* är inte formaliserat och passar inte in i guidens rekommendationer!



Några av de borrkärnor som nyligen tagits upp från Kinnekulle. De visar lagring i Mickwitziasandstenen som tyder på en marin bildning.

På gång

9 september. Geologins dag. Läs mer på www.geologinsdag.nu

14 september. Seminarium om värdeskapande efterbehandling i samarbete mellan LTU och Svemin. Läs mer på www.ltu.se/org/sbn/Kalendarium/Till-vad-kan-man-anvanda-gamla-gruvomraden-1.165244

3–4 oktober. Svemins miljökonferens. Läs mer på svemin.se

7–8 oktober. Västerås Amatörgeologiska Sällskaps mineral- och smyckemässa. Läs mer på www.geonord.org/org/VAGS/show.shtml

10–12 oktober. International Meeting of Sedimentology. Toulouse, Frankrike. Läs mer på www.sedimentologists.org/ims2017

31 oktober till 2 november. 11th Fennoscandian Exploration and Mining (FEM). Levi, Finland. Läs mer på fem.lappi.fi/en

6–11 november. Ninth International Conference on Geomorphology, New Delhi, Indien. Läs mer på www.icg2017.com

7–8 november. Grundvattendagarna 2017 på Sveriges geologiska undersökning. Läs mer på www.sgu.se/eventangrundvattendagarna-2017

19 november. Stockholms Amatörgeologiska Sällskaps årliga mineral- och smyckestensmässa. Läs mer på www.sags.nu

Boka in redan nu!

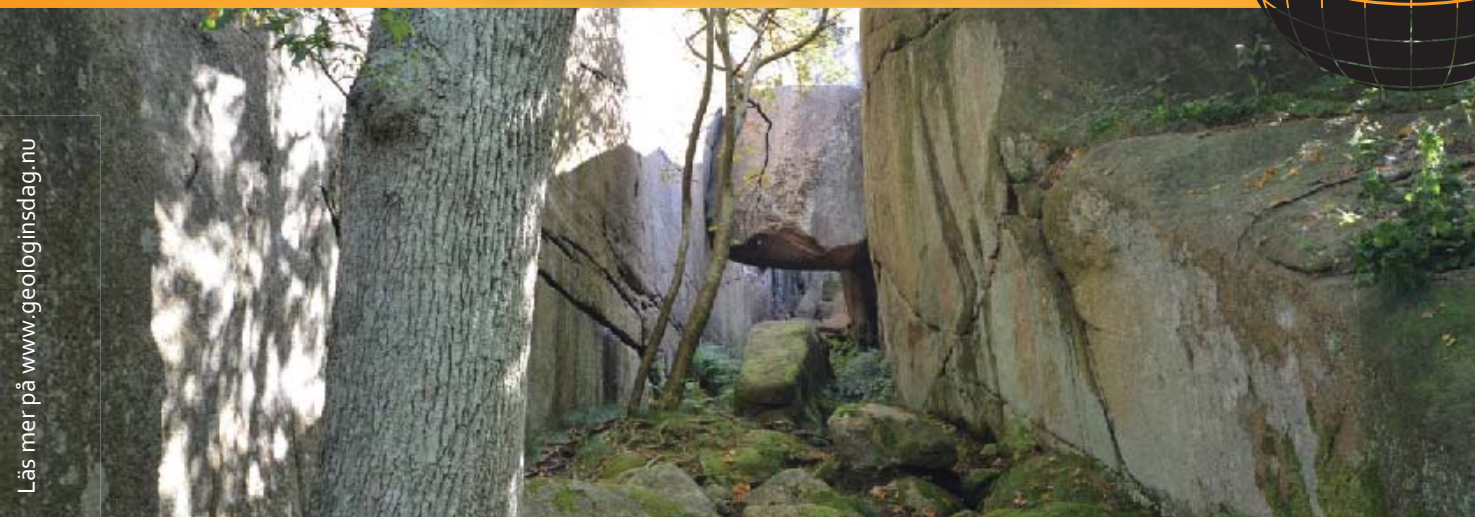
Prisutdelningen till Årets **geolog**, som i år är föreningen Geologins Dag, kommer att äga rum den 9 november i Uppsala på Sveriges geologiska undersökning.

I samband med det kommer också Geologiska Föreningen att presentera 2017 års pristagare av Jan Bergströmpriset till unga forskare och Geologiska Föreningens Munthepris inom området kvartär utvecklingshistoria.

Programmet för dagen är ännu inte helt fastställt, men det kommer inom kort att finnas mer information på www.geologiskaforeningen.se och www.naturvetarna.se/Medlem/Professionsforeningar/Geosektionen/

Geologins Dag

lördagen den 9 september



I samarbete med:

Boliden Mineral AB • FAB – föreningen för Aktiva i Borrbranschen • Georange • Geotec
Naturvetarna • Stockholms universitet • Svensk Kärnbränslehantering AB
Sveriges Bergmaterialindustri • Uppsala universitet

SGU
Sveriges geologiska undersökning

SveMin


Naturhistoriska
riksmuseet



Spår av isälv.
Foto: Thomas Eliasson, SGU.



Vem bryr sig?

SISTA ORDET

I MARSNUMMRET av Geologiskt forum i år (Geologiskt forum nr 93) skrev Jenny Andersson, statsgeolog på Sveriges geolo-

giska undersökning, under rubriken "Vem kan svensk regionalgeologi" om nedmonteringen av svensk regionalgeologisk kunskap och de negativa konsekvenser det kommer att få på det svenska samhället inom en rad olika områden. Hon avslutade sin text med "Kanske behöver vi starta en svensk regionalgeologisk förening? En förening som organiserar exkursioner, möten och publikationsforum för upprätthållande och utveckling av svensk regionalgeologi? Eller kan Geologiska Föreningen fylla denna funktion?"

Svaret på Jennys frågor är självklart att Geologiska Föreningen ska vara ett forum för svensk regionalgeologi där medlemmar och andra intresserade träffas för att organisera exkursioner och möten, och där föreningens tidskrifter bör utgöra det publikationsforum som Jenny efterlyser.

Frågan är dock mer komplex än så. Vem eller vilka har ansvar för att upprätthålla en kompetensnivå inom regionalgeologi i bred bemärkelse så att kunskapen kan utgöra beslutsunderlag för rätt beslut för att tackla en mängd av de aktuella utmaningar det moderna samhället står inför. Vem har ansvaret för att den geologiska kunskapen håller den kvalitet som ett samhälle som Sverige har rätt att kräva? Det finns flera som bär det ansvaret enligt mitt sätt att se.

I första rummet vår grundskola. I ett land som skapat en stor del av sin välfärd genom att utnyttja naturtill-

gångar i form av malm, skog och vatten, är det en gåta hur skolsystemet fullständigt kapitulerat när det gäller ansvaret att erbjuda skolungdomarna färdigheter och kunskaper om det land de lever i, hur det formats, hur det präglas av den geologiska uppbyggnaden och hur människans utveckling, fortlevnad och välbefinnande, kanske mer än inom något annat vetenskapsområde, präglas av de geologiska förutsättningarna. Svensk grundskola tävlar i dag i den absoluta botten vad gäller att förmedla kunskap till våra barn om geologins betydelse för i stort sett alla större samhällsutmaningar som till exempel klimatförändringar, materialförsörjning, vattentillgångar m.m.

I andra hand har våra universitet och lärosäten en självklar roll att spela. Här är det också klenställt med den regionalgeologiska kompetensen ... och det går brant utför! Detta belyser också Jenny i sin artikel. Universitetsforskarna är pragmatiska – därtill är de nödd och tvungna. I en tid när finansierarna av forskning enbart fokuserar på excellens och banbrytande forskning som kriterier för finansiering står sig den regionalgeologiska forskningen slätt. Således har vi nu en situation där det endast finns en handfull lärare på universitetet som har en gedigen erfarenhet av svensk regionalgeologi och kvaliteten i undervisningen blir därefter. Här efterlyser jag universitetsövergripande samarbeten för att erbjuda studenterna en möjlighet att förkovra sig i svensk regionalgeologi. Sveriges geologiska undersökning har här också ett ansvar att medverka, inte minst ur ett egenintresse.



Amfibolit och granitisk gnejs.
Foto: Thomas Eliasson, SGU.



En liten ås i Höljessjöns vatten.
Foto: Kajsa Bovin, SGU.

Så till de som sitter på lösningen och bär det största ansvaret: geologiska myndigheter, skolmyndigheter och våra närings- och utbildningsdepartement. Jag vet att Jenny föreläst om detta på myndigheter och departement. Jag vet också att detta mottogs väldigt positivt hos de enskilda tjänstemännen på departementen. Så kanske kan vi sakteliga få en förståelse för dessa frågor hos våra beslutsfattare?

I en tid då kunskap nedprioriterats och vi diskuterar ”alternativa sanningar” som sprids i sociala medier är det viktigare än någonsin att dessa organisationer tar sitt ansvar att stå upp för faktabaserad kunskap. Geologisk kunskap kommer att få ökad betydelse, och geologisk kunskap kommer att utgöra en konkurrensfördel i en värld som ska ställa om till ett hållbart samhälle. Då duger det inte att politiskt nedprioritera den kunskap som skapar förutsättningar för ett modernt hållbart samhälle och som kan vara ett viktigt instrument för att öka Sveriges konkurrenskraft i en globaliserad värld.

Detta borde innebära en rejäl resursförstärkning till geologin över tid i stället för ständiga brandkårsutryckningar, som t.ex. nu senast när SGU tillfördes mera pengar på grund av att grundvattennivåerna är låga. Självfallet borde medelstillsdelningen över tid till SGU vara på en sådan nivå att den kunskap som nu ska samlas in (för sent?) utgör en del av myndighetens ordinarie verksamhet ... över tid.

Det blev också en del reaktioner på Jennys artikel. En läsare skriver ur ett säkerhetsperspektiv att ”I takt med den annars allmänna debatten om ett osäkerhetsläge sett ur försvarsmaktens synpunkt är det av yttersta vikt att Sverige nu snabbt återställer SGU till det läge som denna myndighet hade på 1980-talet, med en aktiv berggrundskartering och undersökningsbörningar m.m., den nedmontering som kontinuerligt har skett av SGU de senaste 10–20 åren anser jag vara en säkerhetsrisk för Sveriges

framtida råvaruförsörjning och i synnerhet om det skulle uppstå ett ansträngt försvarsläge ... Politiker i såväl regering som andra partier i Sveriges riksdag har nog inte tillräckligt förstått det långsiktiga allvaret i situationen eftersom de verkar ha ett kortsiktigt byråkratiskt tunnelseende och det räcker att vi tar en titt tillbaka i backspegeln till andra världskriget för att få en förståelse över hur viktigt det är att varje land har en toppmodern geologisk myndighet för att vara standby i händelse av krisläge.”

Intressant iakttagelse dessa dagar eller hur? Och självfallet borde medelstillsdelningen över tid till SGU vara på en sådan nivå att den kunskap som säkerställer att vi har ett ekonomiskt geopolitiskt försvar i kristider utgör en del av myndighetens ordinarie verksamhet ... över tid!

Sveriges geologiska förening är dess medlemmar och om vi vill kan vi också göra skillnad, men då krävs ett engagemang. I tider där ideella organisation kämpar med sviktande medlemsantal utgör inte Geologiska Föreningen något undantag. Vi behöver sponsorer för att kunna ge ut våra tidskrifter, vi behöver medlemmarnas engagemang för att kunna göra just det Jenny efterlyser, och visst skulle vi kunna vara mer synliga i samhällsdebatten om vi alla drar vårt strå till stacken.

Vi lever och verkar i olika sammanhang, men vi har alla ett intresse för geologi. Med gemensamma krafter kan vi bidra till att vända den negativa trenden som Jenny beskriver genom att påverka beslutsfattare, informera lekmän och hjälpa till att förmedla geologins roll och betydelse i olika sammanhang. ♦



Pär Weihed är Geologiska Föreningens ordförande. Han är professor och prefekt på Institutionen för teknikvetenskaper, Ångströmlaboratoriet, Uppsala universitet. par.weihed@angstrom.uu.se

POSTTIDNING B
Geologiska Föreningen
c/o Tellurit AB
Storgatan 11
972 38 Luleå

Geologiska Föreningen tackar sina sponsorer för 2017

Platinasponsorer

NEW BOLIDEN

L
LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET

Guld sponsorer



Stockholms
universitet



UPPSALA
UNIVERSITET



LUNDS
UNIVERSITET



GÖTEBORGS UNIVERSITET



De yttre öarna i Luleå
skärgård är låga och
glest skogbevuxna.
Strandvallar är vanliga.