

GEOLOGISKT FORUM

Nr 109 ♦ 2021



Lovisamineral

Panamakanal

Sedimentursprung

Krater eller krater?

GEOLOGISKT FORUM

Nr 109 ♦ 2021

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.

Redaktionens adress:

Geologiska Föreningen
c/o Tellurit AB,
Storgatan 11,
972 38 Luleå
e-post: info@geologiskaforeningen.se

Omslagsbild: Trådsilver med cerussit-
kristaller från Lovisagruvan i Västmanland.
Aggregatet är omkring 3 mm brett. Från
Per Nystens samling. Läs mer på sidan 4.
Foto: Torbjörn Lorin.

Upplaga: 500 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. Du
kan också betala direkt med kort på vår
webbplats
www.geologiskaforeningen.se

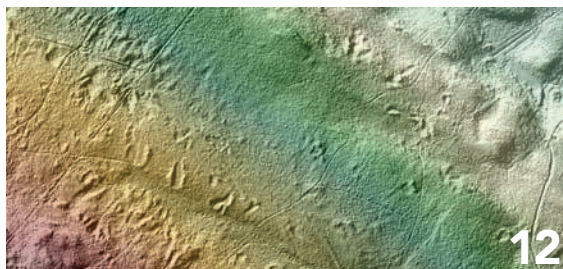
Tidningen publicerar sedan starten år
1994 populärvetenskapliga artiklar inom
geovetenskapens alla områden.

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 juni 2021.

Geologiska Föreningen

I DETTA NUMMER

- 3 Det våras...
- 3 Otillgänglig vulkan undersöks med drönare
- 3 14 kilo meteorit upphittad
- 4 Lovisagruvan – ett mineralogiskt eldorado i det lilla formatet
- 12 Torkratern – en möjligen nedslående omtolkning
- 16 Panamakanalens förspel
- 22 Varifrån kom sedimenten i Bergslagens svekofennium?
- 28 Minnesord: Leif Björk
- 30 Suspekt arbete
- 31 Sista ordet: Föreningen och framtiden



Det våras...

När jag skriver detta snöar det ymnigt, är tio minusgrader och en dryg halvmeter snö. Det kan tyckas som att våren är långt borta, men de ljusare dagarna och solens värme ger ändå hopp om vår.

Även vad gäller pandemin finns det anledning till ett försiktigt hopp. Vaccinationerna är igång, även om det går frustrerande långsamt. Och även om det lokalt fortfarande är stor smittspridning så har i alla fall en stor del av riskgrupperna fått sitt skydd.

Det är bara att hoppas att vaccinationstakten ökar så att vi kan hålla vårt jubileumsmöte i augusti. Jag misstänker att det är många som nu längtar efter riktiga, fysiska möten.

Men i väntan på sådana får vi i alla fall djupdyka ner i den vackra mineralvärlden. Återigen bjuder Torbjörn oss på helt magnifika bilder på mycket små mineral. Per och Torbjörn har utforskat Lovisagruvans mineralskatt och vi får här följa med på en resa bland dessa.

Den fortfarande ganska nya höjdinformationen som Lantmäteriet producerar, Lidar-data, har på sätt och vis revolutionerat jordartskartläggningen. Höjdinformationen är så detaljerad att olika landformer är lätt urskiljbara. Det har lett till att många äldre jordartskartor har uppdaterats. Men informationen kan också användas för nya tolkningar av ytformer.

I det här numret får vi läsa om Torkratern, som nu fått en alternativ tolkning av Christian och Carl. Kanske värd ett besök om ni har vägarna förbi i sommar?

Vi får också i detta nummer ta del av en intressant studie av varifrån sedimenten i Bergslagen kan tänkas ha kommit. Hade de lokalt ursprung? Eller kom de längre bort ifrån? Benno berättar om hur de zirkonkristaller som finns i bergarterna visar vägen.

Panamakanalens betydelse för transporter kan knappast underskattas. Men hur gick turerna egentligen när den skulle byggas? Vem kom på idén? Och hur bestämdes exakt var den skulle gå?

Robert berättar om den prestige och alla pengar som var inblandade. Hade ett liknande projektet föreslagits idag hade det troligen inte varit möjligt att genomföra.

Avslutningsvis vill jag önska en god vår, och att ni snart är färdigvaccinerade så att livet kan återstarta.

Jeanette Bergman Weihed,
redaktör



Otillgänglig vulkan undersöks med drönare

Forskare vid Chalmers har utvecklat drönare som klarar av att mäta gasutsläpp på hög höjd i molnen ovanför vulkaner. Miniaturiserade gassensorer, spektrometrar och provtagningsanordningar som automatiskt öppnas och stängs vid rätt tillfällen har gjort det möjligt att ta prover som aldrig tidigare har kunnat samlas in.

Man flög bland annat två kilometer högt och sex kilometer bort för att nå vulkanen Manams topp där man kunde ta gasprover som sedan analyserades inom några timmar.

Vulkanen Manam ligger utanför Papua Nya Guineas nordöstra kust. Tidigare studier har visat att den är en av världens största utsläppare av svaveldioxid, men ingenting var känt om koldioxidproduktionen vilken nu kunde studeras. ♦



14 kilo meteorit upphittad

Det kan väl knappast ha undgått någon att en 14 kg tung järnmeteorit har hittats utanför Enköping. Medieintresset har varit massivt.

Det var Andreas Forsberg och Anders Zetterqvist, två meteoritintresserade geologer från Stockholm, som gjorde fyndet nära byn Ådalen i Enköpings kommun. Många personer har letat och några mindre fragment hade tidigare hittats i området. Men det var dessa två som gjorde det stora fyndet sjuttio meter från där fragmenten hittades.

Stenen låg delvis nedsunken i mossor och har en speciell form. Ytan har många rundade fördjupningar, vilket är typiskt för just järnmeteoriter. Fördjupningarna uppstår när ytan smälter under inträdet i atmosfären. Det finns också sprickor, och ena sidan är något tillplattad på grund av kollisionen med ett stenblock när den kraschade mot marken.



FOTO: ANDREAS FORSBERG & ANDERS ZETTERQVIST

Själva meteoritfallet inträffade den 7 november 2020 och observerades av massor av människor i östra Svealand. Efter det räknade Eric Stempels, astronom på Uppsala universitet, ut det troligaste nedslagsområdet och sedan var jakten igång.

Meteoriten har nu lämnats in till Naturhistoriska riksmuseet där den kommer att dokumenteras och undersökas, och förhoppningsvis ställas ut.

Det är bara att gratulera till fyndet! ♦





14

Lovisagruvan – ett mineralogiskt eldorado i det lilla formatet

I Lovisa silvergruva bröt man manganhaltig magnetit och silverhaltig blyglans redan på 1700-talet. I dagens Lovisagruva, några få hundra meter bort, är fokus på brytning av bly- och zinkmalm. Men där finns också en mängd intressanta och vackra mineral.

TEXT OCH BILD: PER NYSTEN & TORBJÖRN LORIN

LOVISAGRUVAN LIGGER i ett gruvttätt område i Västmanland, ca 3 km sydväst om Stråssa. Sedan lång tid har man känt till höga halter av silver i området och manganhaltig magnetit med silverhaltig blyglans bröts i Lovisa silvergruva redan på 1700-talet. Området undersöktes i ett samarbete mellan LKAB och svenska BP Minerals på 1980-talet.

Omfattande geofysiska undersökningar, geologisk kartering och

undersökningsborrning mot mineraliseringen i Lovisa silvergruva resulterade i upptäckten av den smala men rika bly- och zinkmalm som bryts idag, omkring 30 m stratigrafiskt ovanför silvergruvans järnmineralisering.

Efter systematisk prospekteringsborrning erhöles utmål år 1989 och underjordsbrytningen kunde påbörjas från en ramp. På grund av låga metallpriser under 1990-talet upp-

hörde dock brytningen under några år, men hösten 2004 startade brytningen i nuvarande regi med Lovisagruvan AB som ägare.

Idag sker brytningen mellan 145 och 235 meters nivåer. Fram till och med år 2020 har 566 000 ton malm med en snitthalt av 8,7 % zink och 6,7 % bly brutits. Mineraltillgången vid utgången av 2020 var ca 603 500 ton vilket uppskattas räcka till omkring femton års ytterligare brytning. Fyn-

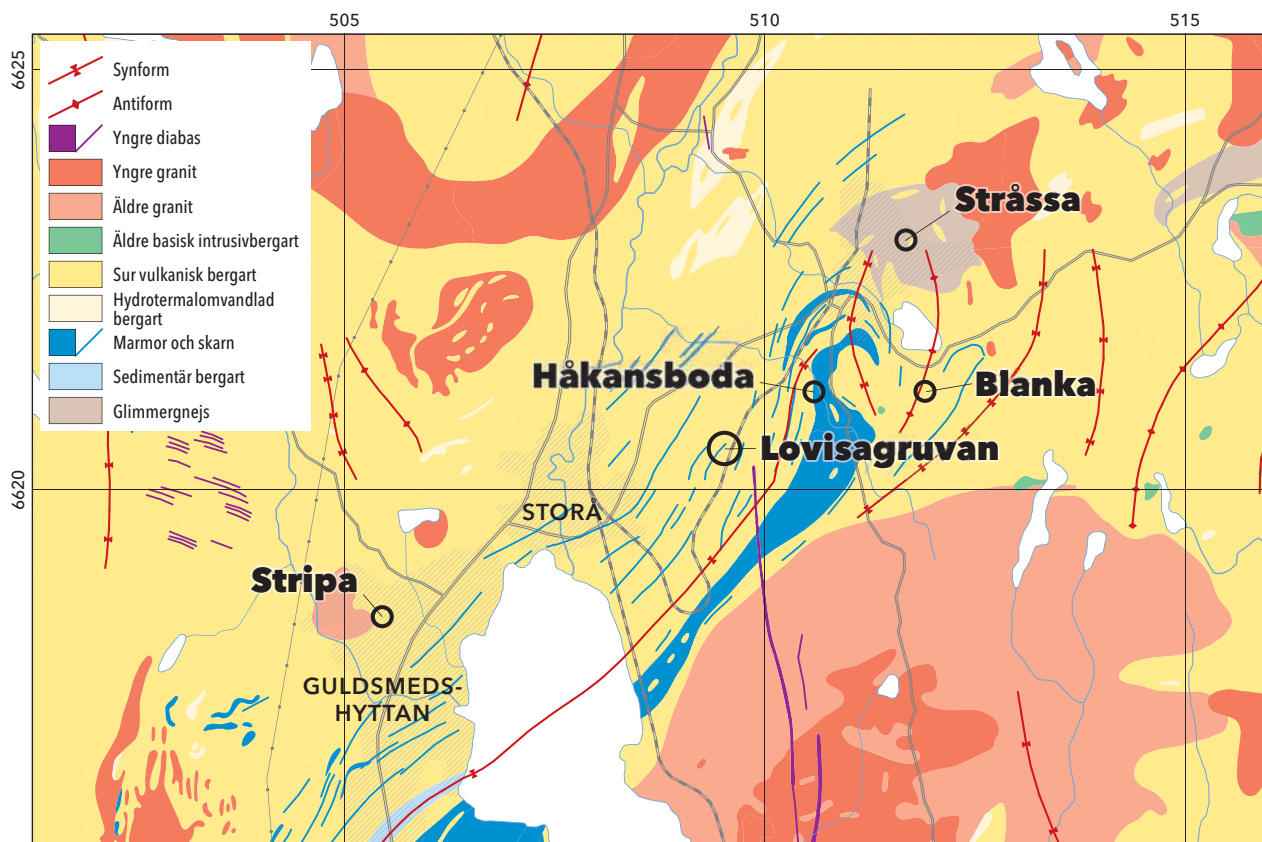


Bild 14: Malakit och cerussit.

Bildbredd 1,5 mm.

Ovan: Kartan visar historiskt viktiga gruvor på en geologisk bakgrund som är förenklad från SGU:s databas Berggrundsgeologi 1:50000, hämtad från Kartgeneratoren.

digheten är fortfarande öppen mot djupet och mot söder. De vanligaste malmtyperna är en finkornig kulmalm med bly och zink (bild 1) och en skarnbandad zinkmalm (bild 2).

Proterozoiska värdbergarter

Malmen i Lovisa ligger i proterozoiska vulkaniska och sedimentära bergarter som framför allt består av pimpstensförande ryoliter med lager av dolomitisk och kalcitisk marmor.

Strukturellt är malmkroppen sönderbruten av förkastningar och ligger i den komplex veckade Guldsmedshyttesyngklinalens västra veckben. Synklinalen är överstjälpd åt väster och bergarterna har en huvudsaklig strykning i nordöst-sydväst.

1,5 km nordost om Lovisagruvan ligger Håkansboda koppar-koboltgruva i skarnig marmor och

mot norr, i en veckomböjning av hela synklinalstrukturen, finns den kvartsbandade järnmalmen i Stråssa. En mäktig marmorhorisont kan dessutom följas längs med hela synklinalen. En detaljerad beskrivning av Lovisamalmens struktur, stratigrafi och bildning har nyligen publicerats av Jansson m.fl.

Själva sidostenen till malmen består av kvartsporfyrisk ryolit och ryolitisk siltsten med inlagrade skarnhorisonter. I anslutning till stora och små förkastningar finns i de ytnära delarna av gruvans områden med kraftig mullmalmsomvandling, och det är i material därifrån som många av de sekundära mineral som denna artikel handlar om har hittats.

Mineralogiska studier

Vi har haft möjlighet att följa brytningen i Lovisagruvan under hela perioden 1995–2020, men de flesta besöken gjordes under 2007–2008 samt 2017–2019. Under den senare delen arbetade Per periodvis för Lovisagruvan AB.

I den här artikeln vill vi framför allt visa mineralogin i de sekundära,

drusiga partierna av malmen där väl utbildade kristaller har avsatts i öppna hålrum som bildats på grund av spröd tektonik. De årtal som anges möjliggör återkoppling till vilka brytningsnivåer som var aktiva vid fyndtillfället. Samtliga fotografier är tagna av Torbjörn, om inget annat angetts.

Silver, Ag

Gediget silver i form av trådar hittades tidigt i brytningsperioden i hålrum i blyrik kulmalm i de övre delarna av malmen, dels 1995, dels 2009.

Trådsilvret sitter både på väggarna till hålrummen och som lösa aggregat och nystan i hålrummen (bild 3–4 samt omslaget). Silveraggregaten som visas här fotograferades kort efter tidpunkten då de hittades. Trådsilver som lämnas öppet blir med tiden övervuxet av silversulfid (akantit, Ag_2S) i form av små svarta ”julgrannar”. Ett prov som förvarats skyddat i en sluten plastlåda har bevarat sin ursprungliga karaktär.

Silver hittades även i december 2007 i skarnig sulfidförande magne-



titmalm som härrör från den närbelägna Lovisa silvergruva. Malmhorisonten påträffades vid konstruktionen av en underjordisk verkstadslokal. På glidytor i amfibolskarnig magnetit låg silvret som tunna plåtar.

Rikligt med silver förekom även inneslutet i associerad pyrit vilket dokumenterades med hjälp av malmmikroskopi, så kallad "dirty pyrite". Denna är sekundär och bildad genom omvandling av magnetkis. Liknande silverrik pyrit har beskrivits från Sågmutgruvan i Gästrikland.

Koppar, Cu

Gedigen koppar observerades 2008 i drusig kalcit som små men tydliga bleck associerad med malakit. Koppar (bild 5) noterades även 2017 från B-malmens södra del på 120-metersnivån i drusig kalcit och grov blågrå delvis drusig kvarts. Kalcit- och kvartssprickorna var ca 2–5 cm tjocka och orienterade vinkelrätt mot den bandade bly-zink-kvartsförande malmen.

Blyglans, PbS

Blyglans utgör, tillsammans med zinkblände, den huvudsakliga malmen. Denna är övervägande mycket finkornig. Vackra körtlar och sprickfyllnader av grovt spaltande blyglans förekommer dock lokalt, speciellt tillsammans med kvarts. Sekundär, omkristalliserad blyglans bildar däremot väl utvecklade kristaller. Dessa förekommer som små, högglänsande kuboktaedrar i öppna hålrum tillsammans med blek cerussit och kvarts (bild 6). De flesta kristallerna är bara några millimeter stora, men större, delvis vittrade kristaller har också observerats.

Zinkblände, ZnS

Välformade zinkbländekristaller med brunorange färg och vaxartad lyster (bild 7) förekommer lokalt rikligt i breccierad, omvandlad zinkmalm. Varje enskild kristall är bara 1–2 mm stor, men i de fall de täcker stora ytor är de enkla att hitta i hålrummen.

Bild 1: Finkornig blyglansrik kulmalm. Foto: Stefan Sädbom.

Bild 2: Bandad skarnig zinkmalm från 235 m nivå. Stuffen är ca 30 cm lång.

Bild 3: Trådsilver funnet i hålrum i kulmalmen. Bildbredd 20 mm.

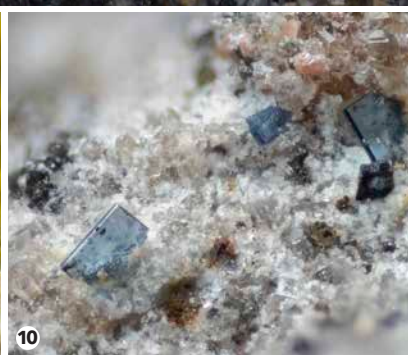
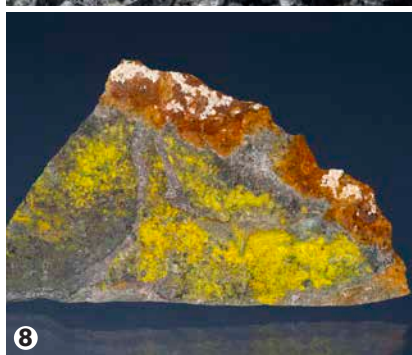
Bild 4: Trådsilver på väggen av ett drusrum i blyglans. Bildbredd 20 mm.

Kopparkis, CuFeS₂

Små kopparkiskristaller finns som påväxt på kalcitkristaller i öppna hålrum. Kopparkisen är ibland klädd med ett tunt svart skikt av okänd karaktär.

Pyrit, FeS₂

Välformad pyrit är lokalt vanlig i beckförande drusrum tillsammans med kalcit. Pyriten bildar i stort sett alltid små, tätt sammanväxta kuboktaedriska kristaller i hålrummen. De kan täcka flera kvadratcentimeter stora ytor vilka då får en typisk metallglans. Väl utbildade, upp till 5 mm stora kuber har även observerats invuxna i klorit.



Greenockit, CdS

Intensivt gulgröna sprickbeläggningar i öppna hålrum och sprickor i finkornig, ljusbrun till brun zinkbländemalm består av mikrokristallin greenockit (bild 8–9, 28). Speciellt i anslutning till mullmalmsliknande omvandlingar av zinkmalmen hittar man rikligt med greenockit.

Anatas, TiO_2

Oxiden anatas observerades första gången år 2018 i ett kraftigt breccierat vulkanitblock. Bergarten är sulfidfattig och tillhör inte den omedelbara malmzonen. Breccian är starkt silicifierad (kvartsomvandlad) och i öppna drusrum hittas svagt blågrå kvartskrystaller och en vit pulvrig lermineralsubstans som möjligen är kaolinit (bild 10).

Anatase förekommer inväxt i lermineralet som högglänsande, blå, tunna, tetragonala plattor som är maximalt 200 mikrometer stora. Tillsammans med anatase hittar man ibland även vita eller ljusbruna, snöstjärnelika plattor av cerussit och gula wulfenitkrystaller som är något millimeter stora.

Pyrolusit, MnO_2

Pyrolusit har hittats på spricktytor i form av vackra svarta dendriter.

Kalcit, CaCO_3

Väl utbildad kalcit är relativt vanlig i brecciezoner och som sprickfyllnader i malmen. De bildar dels vita till svagt gula kristallaggregat med tydligt rundade former som är några centi-

Bild 5: Kopparbleck på sprickyta i kalcit. Bildbredd 11 mm.

Bild 6: Kristalliserad blyglans och cerussit. Bildbredd 8,5 mm.

Bild 7: Zinkblände. Bildbredd 1,5 mm.

Bild 8: Skarpt gulgrön greenockit på sprickyta. I den övre bilddelen ses hemimorfit och goethit. Stufbredd 11 cm.

Bild 9: Gulgrön greenockit på vit hemimorfit. Okänt beige mineral omslutande en bekkula. Bildbredd 5 mm.

Bild 10: Anatasplattor inväxta i kaolinitliknande lermineral. Bildbredd 1 mm.

meter stora, dels tydligt trigonala, små (1–2 mm) transparenta kristaller med en platt avslutning och som spetsiga skalenoedrar. Dessa hittades 2017 i B-malmens södra del på 120 meters avvägning associerad med grå kvarts. Bild 11 visar en ovanligt vacker kalcitform.



11



15



16



19



12



17



20



13



18



21

Bild 11: Kalcit utformad som rosor tillsammans med kvartskrystaller och brun bergbeckstäckt kalcit. Bildbredd 12 mm.

Bild 12: Cerussit, kortprismatisk form. Kristallen är ca 5 mm bred.

Bild 13: Cerussit i form av trilling associerad med hemimorfitblad. Bildbredd 6 mm. Hasse Tranefors samling.

Bild 15: Riklig förekomst av höggylansande, svagt beige cerussitkristaller på väggen av öppen spricka i blyglans. Bildbredd 33 mm.

Bild 16: Kortprismatiska bipyramidala wulfeniter på ett underlag av blågrå kvarts. Bildbredd 8,5 mm.

Bild 17: Cerussit, genomväxningstvilling. Bildbredd 7 mm.

Bild 18: Pyromorfit, tunna ljusbruna nålar. Bildbredd 6 mm.

Bild 19: Gulorange wulfenit med väl utbildade, små sekundära wulfeniter. Bildbredd 4 mm.

Bild 20: Pyromorfit, ovanlig grön typ. Samling och foto Göte Brunnberg. Bildbredd 10 mm.

Bild 21: Wulfenitplattor med påväxta vita hemimorfitblad. Bildbredd 4,3 mm.

På kalciten finns tunna grågröna beläggningar och gröna kulor. Den rundade kalcittypen påminner till utseendet om zinkkarbonatet smithsonit men har med hjälp av elektronmikroskopi identifierats som kalcit.

Siderit, FeCO_3

Tidigt i brytningsperioden hittades siderit som små, rödbruna, långprismatiska kristaller i kvastliknande aggregat. De förekommer i druser med små bergkristaller. Kristallaggregaten är drygt millimeterstora. Mineralet är lätt att förväxla med pyromorfit.

Malakit, $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$

Små välformade borstagggregat av gräsgrön malakit (bild 14) finns i öppna hålrum tillsammans med bleck av gedigen koppar, cerussit och kalcit.

Cerussit, PbCO_3

Cerussitens färg varierar från vit, blekt beige och brun, till mörkt konjaksfärgad. Det friska mineralet är starkt diamantglänsande men vittrade typer är mattvita. Cerussit (bild 6, 12–15 och 17) har hittats under hela brytperioden. Kristallerna förekommer i form av singelkristaller, trillingar och komplexa genomkorsningstvillingar. Kristallformen kan vara som mer eller mindre tjocka nålar och plattor. Kristaller som är upp till 20 mm långa har hittats.

Svagt gråbruna, skivformade cerussitkristaller förekom relativt rikligt under 2017 och 2018 i öppna sprickor i en kompakt blymalm på 235 m nivå. De skivformade kristallerna bildade här genomkorsningstvillingar i två vinkelräta riktningar.

Små snöstjärnelika cerussitaggregat har hittats i en tektoniserad och förkislad (silicifierad) ljusgrå vulkanit (se anatas ovan). Mörkt rödbrun (konjaksfärgad) och diamantglänsande cerussit har observerats i kraftigt omvandlad bly-zinkmalm från 145 meters nivå. Vita aggregat av cerussit förekom rikligt i stora, oregelbundna hålrum (2017) tillsammans med grön klorit i rik blymalm.

Cerussit förekommer även tillsammans med hemimorfit, men då som mer glest utspridda nålar eller skivor av genomkorsningstvillingar

utspridda i drusrum. En äldre generation cerussit kan finnas under hemimorfitkristallerna. Läs mer om detta i beskrivningen av hemimorfit.

Pyromorfit, $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$

Blyfosfatet pyromorfit har hittats i de övre delarna av malmen och rikliga fynd gjordes i april 2007. Mineralets vanligaste form är blekt bruna, tunna nålar av några millimeters storlek i öppna hålrum associerade med svart beck (bild 18 och 20). Nålarna sitter dels spritt på drusrummets vägg, dels mer koncentrerat i täta grupper av kristaller.

Kristallernas yta är matt gråbrun och i tvärsnitt uppvisar de glasglans. En viss färgzonering förekommer med bleka spetsar och mörkare brun bas. Kristallformen är extremt utdragen i tunna spetsar åt båda håll.

Vackra knippen med divergerande, små kristallgrupper som är upp till 4 mm stora har även noterats. Matrix består dels av en finkornig kvartsitisk, fattig zinkmalm, dels av en förskiffrad nästan malmfri grå vulkanit (siltsten).

Pyromorfit åtföljs vanligen av små orange kristaller av zinkblände, blekt beige till vit cerussit, välformade bergkristaller och greenockit. Pyromorfitnålarna växer både igenom de ihåliga beckaggrenen och inuti dessa som det sist bildade mineralet.

I några prover med pyromorfit kan man även se nybildade blad och nålar av svart akantit i hålrum vilket visar att malmtypen här varit silverhaltig. Noterbart är även en grönfärgad pyromorfit som hittats i ett fåtal exemplar av Andreas Forsberg (1993) och Göte Brunnberg (1995).

Wulfenit, PbMoO_4

Lovisagruvan är, så vitt vi vet, den wulfenitrikaste platsen i Sverige. Ett typiskt utseende hos wulfenit är små subkristaller som växer ut från vissa ytor vilka då visar en sidenartad glans (bild 16, 19 och 21). Mineralet förekommer i tre olika associationer.

Den första är i en vulkanitbreccia i nära anslutning till malmen. Där hittas wulfenit som tetragonal, gula till gulbruna bipyramider som är maximalt några millimeter stora. Lystern

är vaxartad till diamantglänsande och kristallerna bildar enskilda individer med avlångt utdragen och något tillplattad spetsig form. Kristallerna är uppbyggda i sektioner vilket ger dem ett svagt konvext utseende.

Det finns även mer kortprismatiska former med tillplattade avslutningar vilket ger kristallerna ett ”knubbigt” utseende. Lokalt ses även parallellt sammanvuxna kristaller och s.k. scepterbildningar, dvs. tjocka, senare bildade kristallavslutningar på tunna kristallspetsar.

Tillsammans med wulfenit finns cerussit som stjärnformade trillingar, bergkristaller och ett poröst lermineal. I breccian har även platta ljusgula wulfenitkristaller som är upp till någon centimeter stora noterats. Den wulfenitförande breccian har observerats regelbundet mellan år 2007 och 2018.

Den andra associationen med wulfenit är i malmzonen som svagt gulaktiga till beigefärgade bipyramidala kristaller som är upp till två millimeter stora. Denna typ noterades bland annat år 2018 associerad med kristalliserad cerussit i en matt, svart kompakt blymalm från 235 m nivå. Beigefärgade, små, avlånga wulfenitkristaller hittades även i drusig zinkmalm 2007. Wulfenit förekommer normalt glest på drusrummens väggar, men lokalt finns större koncentrationer.

Den tredje associationen med wulfenit är i kraftigt omvandlad, brun, limonitrik malm där små, gula wulfenitkristaller förekommer tillsammans med cerussit, hemimorfit och bergbeck. Omgivningen runt wulfenitkristallerna är här ofta brunaktigt orangefärgad av sekundära järnoxider (limonit eller goethit) och kan ha stråk av svarta manganoxider.

Hemimorfit, $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Den hemimorfit (bild 21–26) som observerats i Lovisagruvan är färglös. Enskilda kristaller av mineralet är rektangulära och transparenta, men då de sitter tätt sammanväxta ger de aggregaten en vit nyans. Dessa kan lokalt vara färggranna på grund av tunna beläggningar av järnoxid (gulorange nyans) eller beläggningar av greenockit (intensivt gulgrön ton).

Radiellt utbildade bladrosetter och bollformade aggregat av friska vattenklara hemimorfitblad ger en fin kontrast mot underlaget som kan vara brunaktigt orange (järnoxid) eller bestå av mattvita eller ljus grågröna silikatbeläggningar. Aggregaten kan nå 10 mm i omfång och ytor täckta med hemimorfitbollar kan bli decimeterstora.

Zinksilikatet hemimorfit är vanligt i brecciezoner som skär malmen och det bildar en mångfald av former i öppna drusrum. Brunomvandlade, mullartade, flera decimeter mäktiga partier var vanliga i de krosszoner som hittades på 145-metersnivån.

Mineralet finns företrädelsevis i zinkmalm men har även påträffats tillsammans med kristalliserad blyglans och cerussit. Gränsskiktet mellan kompakt frisk och omvandlad zinkmalm är skarp. En speciellt grov hemimorfitbreccia hittades år 2009. Den bestod nästan enbart av hemimorfitkristaller i upp till 6 cm tjocka, drusiga partier. Noterbart är även kulformigt utbildad svagt gulbrun

hemimorfit som hittades i drusrum 2007 där de enskilda kulorna når 10 mm storlek.

Cerussit är vanligen associerad med hemimorfit där det förekommer glest utspritt bland hemimorfitaggregaten. Vi har även noterat att kristalliserad cerussit bildar underlag för hemimorfitkristaller.

Kvarts, SiO_2

Kvarts är vanlig i Lovisa och bildar kulor i kompakt blymalm, körtlar och ådror sammanväxta med grovkristallin blyglans samt mer eller mindre drusiga partier associerad med grön klorit (bild 26–29). Se även beskrivningen av anatas ovan. En intressant variant är bergkristaller som vuxit som skal runt bergbeckspärlor där bergbecket sedan försvunnit (bild 26 och 29).

De kan se ut som små skålar på bergkristallpelare. Den kompakta kvartsen är mjölkaktigt vit medan bergkristaller varierar i färg från helt transparenta till svagt blå-violetta (t.ex. i den anatasförande vulkanitbreccian).

Bergbeck

Asfaltit eller bergbeck finns som små svarta till rödbruna kulor i drusrum tillsammans med bland annat cerussit och kvarts (bild 29). Lokalt har även stora, beckfyllda, nästan stenkolsartade sprickor noterats (till exempel vid 145-meternivåns hängvägg). Flera generationer av sekundär mineralisering ses i mikroskala i drusrummen. Små, delvis ihåliga beckkulor visar lokalt cerussit- och kvartskristaller anväxta på beckkulans vägg.

Bild 22: Hemimorfit, och underordnat cerussit, i grov breccia. Stuffens bredd 15 cm.

Bild 23: Hemimorfitaggregat och goethit. Drusrum i zinkmalm. Stuffens bredd 8 cm.

Bild 24: Hemimorfit. Bladiga kristallaggregat på goethit, närbild av stuffen i bild 23. Bildbredd 7 mm.

Bild 25: Hemimorfitkvastar och pseudomorfer efter kalcit där skalet består av gulaktig kvarts. Notera den trigonala formen i den nedre "kalciten". Bildbredd 9 mm.



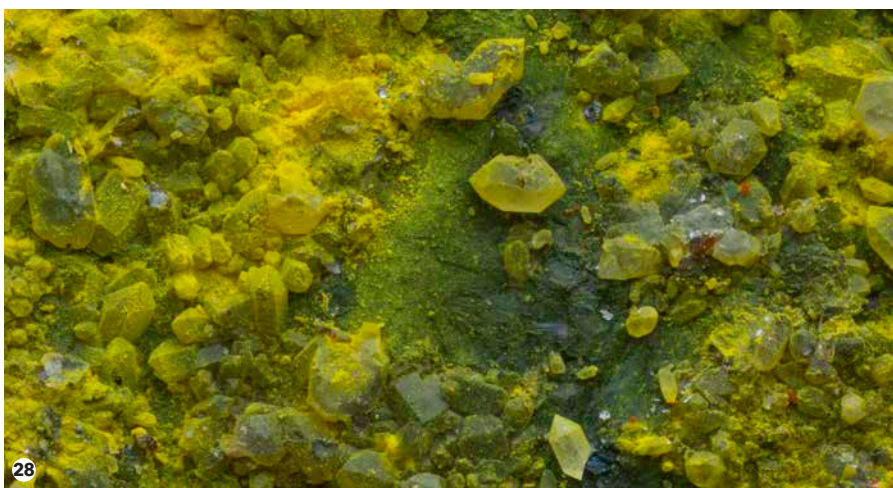


Bild 26: Kvarts som vuxit på en beckkula där becket försvunnit. I centrum ses gul wulfenit. Kulan omges av bladiga hemimorfitaggregat. Bildbredd 6 mm.

Bild 27: Kvarts, två generationer. Finkristallina grupper på blågrå bergkristaller. Notera de helt vita, glittriga kvartsaggregaten i den nedre bilddelen. Dessa är troligen pseudomorfer (omvandling och ersättning av ett mineral efter ett annat) efter spetsiga kalcitskalenoedrar. Bildbredd 10 mm.

Bild 28: Mikrokristallin greenockit på dubbeländade kvartskristaller. Bildbredd 3 mm.

Bild 29: Beckkolor och flera generationer kvarts. Bildbredd 10 mm.

Kristallisationsföljd

De mineraliserande lösningarnas sammansättning har varierat i tid och rum. Ett flertal exempel har observerats då cerussit kristalliserat först följt av hemimorfit. Det omvända förhållandet gäller även och lokalt har de

bildats samtidigt. Kvarts är huvudsakligen tidigt utbildad i hålrummen följt av bergbeck. Det finns dock också kvarts som är yngre än beck (små kvartskristaller på väggarna av ihåliga beckkolor).

Greenockit som bildats på hemimorfit har noterats. I detta fall är greenockit yngre. Även här har dock det omvända förhållandet noterats med både cerussit och hemimorfit tydligt kristalliserade på ett underlag av greenockit. Detta visar att det finns flera överlappande mineraliserings-epoker i drusrummen. Kopparkis, malakit och koppar växer på kalcit och dessa mineral torde höra till de yngsta i Lovisamalmen.

Generellt sett avtar både frekvens och storlek av öppna hålrum, breccior och sprickfyllnader mot djupet i malmen. Men till och med på 235-metersnivån kan man hitta öppna sprickor med vackert utbild-

dad cerussit. Vi ser med spänning fram emot vad som döljer sig i den så kallade C-malmen där brytning planeras i framtiden. ♦

Tack

Vi vill tacka Lovisagruvan AB för möjlighet att samla in material samt tillstånd att publicera artikeln. Vi vill även tacka Stefan Sädbom för konstruktiva textförslag.

Läs mer

Jansson, N.F., Sädbom, S., Allen, R.L., Billström, K. & Spry, P.G. 2017. The Lovisa Stratiform Zn-Pb Deposit, Bergslagen, Sweden: Structure, Stratigraphy, and Ore Genesis. *Economic Geology* 113, 699–739.

Per Nysten är docent i geologi, tidigare vid Uppsala universitet och SGU. Torbjörn Lorin är kemist, amatörgeolog och naturfotograf.

✉ per.nysten@gmail.com

✉ torbjorn.lorin@telia.com



Torkratern – en möjligen nedslående omtolkning

Den geologiskt nyfikne som färdas längs väg 84, mellan Funäsdalen och Hede, stannar givetvis till vid den vägs skylt som pekar mot en meteoritkrater. Nya studier av terrängformer i området ger dock en alternativ förklaring av hur kratern kan ha bildats.

TEXT OCH BILD: CHRISTIAN ÖHRLING OCH CARL REGNÉLL

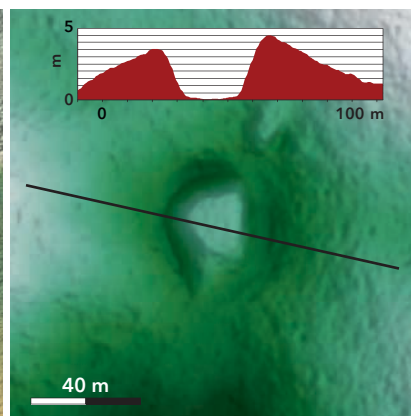
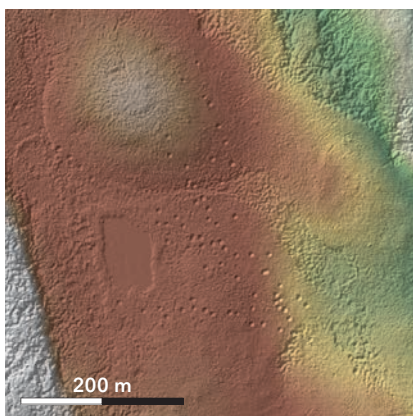
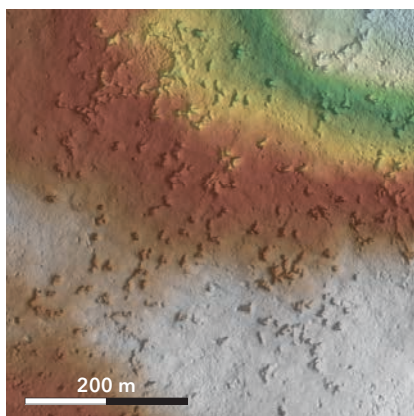
I HÄRJEDALEN LIGGER Ljungans dalgång dränkt under hundratals meter djupt, iskallt vatten. I ytan myllrar det av kringflytande isberg som kalvat loss från inlandsisen i öster. Då och då sjunker vattennivån hastigt allteftersom isfronten smälter längre och längre österut, bort från fjällen och lämnar blottade strandlinjer likt trappsteg ned för de nakna dalsidorna. En del av isbergen slår konstigt, liksom studsar fram, för att sedan fortsatt följa vattenytans rörel-

ser. Andra skapar stora svallvågor när de slår runt. Många isberg slutar följa med vattnets strömmar, stannar upp, som om de kastat ankar, och står där och vickar fram och tillbaka.

Så här kan det ha sett ut för omkring 10 000 år sedan när det skandinaviska istäcket smälte bort och formade landskapet utmed Ljungans dalgång, mellan Funäsdalen och Hede. Här finns en plats som kallas Thorbygget och många är vi som passerat med bil, på väg

till fjällvandring eller skidsemester, och då lagt märke till vägs skylten som markerar en parkeringsplats med texten Meteoritkrater.

Vissa, inte minst geologer, gör valet att ställa sig på bromsen så däcken skriker för att med ett barns begeistring bege sig ut på stigen för att beskåda vad denna rymdsten lämnat för spår. Efter ett par hundra meter möts besökaren av en mäktig och tillika märklig grop, benämnd Torkratern. Gropen mäter 40 meter



Motstående sida: Ett stopp vid Torkratern på väg till vandringstur. Barnet på kraterns botten är ca 130 cm långt. Fotografiet är taget i nordlig riktning den 18 september 2018.

Ovan: Exempel på märkliga gropar i Härjedalen. Den vänstra bilden visar slukhål som bildats i sedimentär berggrund i närheten av Flatruet. Den mittersta bilden visar gropar som sägs vara bombkratrar orsakade av att tyska bombflyg lättat sin last vid Vemdalen under andra världskriget. Den högra bilden visar Torkratern mellan Funäsdalen och Tännäs. Notera skillnaden i skala mellan bilderna.

från kant till kant och har ett djup på upp till fem meter.

Hur länge sagan om stjärnan som föll från himlen berättats är oklart, men på Ekonomiska kartan från 1974 är platsen markerad 'Meteoritnedslag'. Det är först på 1990-talet som forskare faktiskt undersöker gropen och dess omnejd för att se om hypotesen om nedslaget kan stämma.

Eftersom själva gropen är utvecklad i morän måste den ha bildats efter det att inlandsisen lämnade området och vidare noteras att moränen är tilltryckt, dvs. lite hårdare packad, i vallen som omger depressionen. En bit träkol påträffades även under några stenblock och tolkningen var att denna förkolnats i samband med det antagna meteoritnedslaget. Efter kol-14-datering av träbiten drogs slutsatsen att denna impakt skulle ha inträffat för omkring 2000 år sedan.

Historien som därefter berättats, stärkt av forskarnas rapportering, är att en bit asteroid gick in i bana mot jorden och fortsatte in som en 'bolid' för att från sydlig riktning komma

in mot Thorbygget med en 45-gradig vinkel när den slog ned i marken. Händelsen antas ha resulterat i ett kraftigt jordskalv och vi ser att det faktiskt förekommer en del jordskredsår i landskapet vilka skulle kunna användas som indikatorer för seismisk aktivitet. Vi återkommer till dessa.

Trots att det sannerligen lockar att förklara denna härjedalska grop med ett meteoritnedslag, så måste det påpekas att bevisbördan kvarstår oförändrad efter 1990-talets undersökningar. Det krävs mer på fötterna innan man kan säkerställa ett en sådan struktur kan skyllas en meteorit. Ännu har inga entydiga bevis för detta, såsom chockmetamorfa strukturer eller fynd av meteoritfragment, kunnat visas upp.

Det finns flera sätt att skapa en grop

Som alltid när geologer försöker kategorisera och kartlägga landskapets former är det otillfredsställande att lämna något element som okänt eller oförklarat. Inom kvartärgeologin har så kallad dödis ofta fått stå som syndabock för knepiga glaciala landformer och landskap som förbryllat forskarna.

Likaså ligger det nära till hands att förklara märkliga gropar och sänkor med fallna rymdstenar. Det är absolut förstället att forskarna på 1990-talet kom fram till – delvis genom uteslutning – att Torkratern var en nedslagskrater. Likheter med meteoritkratrar av samma storlek i Estland är slående!

Men det finns naturligtvis flera sätt att skapa en grop, t.ex. genom

vittring av sedimentär berggrund och flygbombning (se bilden ovan). Och allteftersom vi bygger på vår förståelse och får tillgång till bättre verktyg bör vi förbli öppna för att ändra vår tolkning till den som enklast kan förklara observationerna utifrån de vid tidpunkten framlagda bevisen.

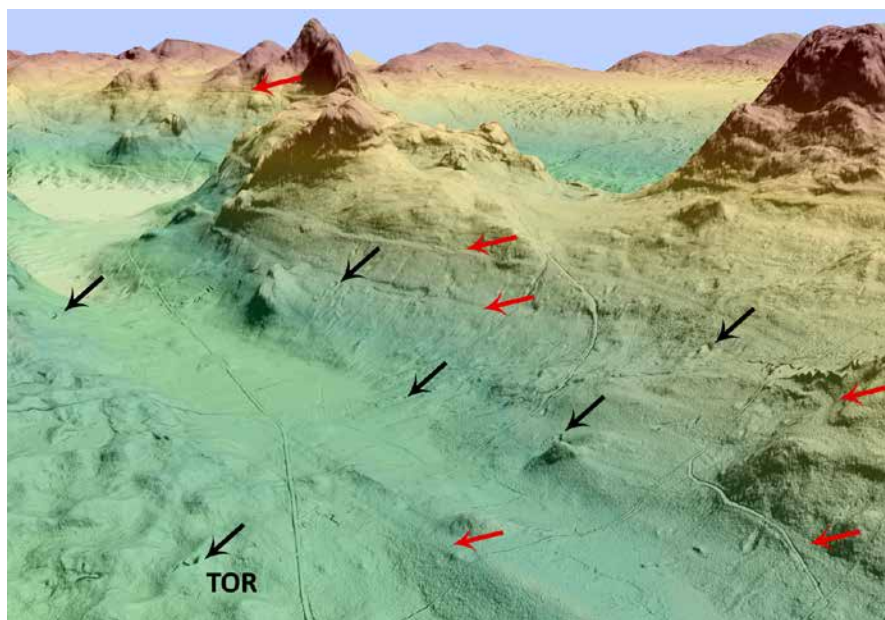
Högupplösta höjddata öppnar våra ögon

Sveriges nya nationella höjddata är baserad på laserskannade data och kan användas för att skapa högupplösta terrängmodeller där även all vegetation har filtrerats bort. Dessa LiDAR-data (*Light Detection And Ranging*) har nästintill revolutionerat fjärranalysen på senare år och är numera standard vid all karteringsverksamhet. Det var med hjälp av sådana LiDAR-modeller, under SGU:s landformskartering av Jämtland, som Torkratern kom att fånga intresset hos några nyfikna kartörer.

Säregna landformer i Ljusnans dalgång

Längs dalsidorna i Ljusnans dalgång löper kilometerlånga terrasser som vittnar om forna vattenstånd, högt över dagens dalbotten (se bilder på nästa uppslag). Området ligger högt över Högsta kustlinjen (HK) och dessa fornstränder kan därmed tyckas en aning malplacé.

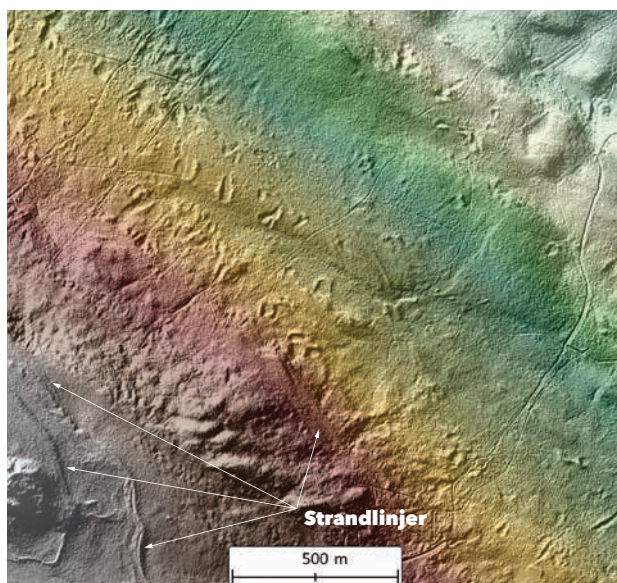
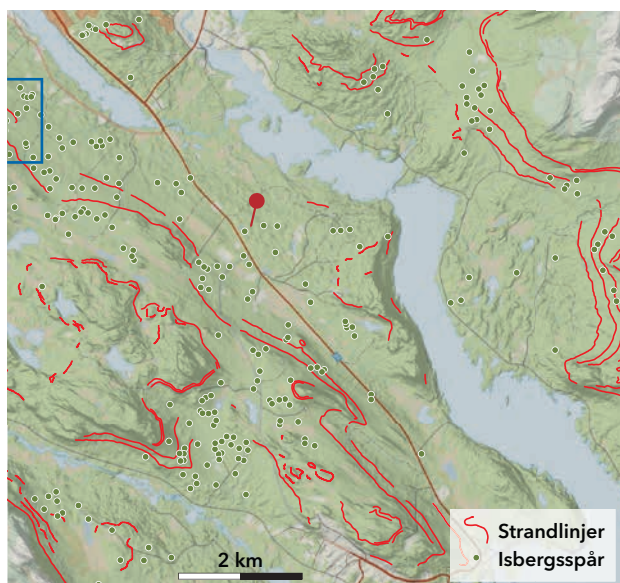
De har dock en enkel förklaring och faktum är att liknande fornstränder är mycket vanliga i den svenska fjällvärlden och bildades mot slutet av istiden då den retirerande inlandsisen drog sig österut och dämde upp smältvatten mellan sig själv och fjäll-



Till vänster: Några exempel på terrängformer vid Torkratern och sluttningarna söder därom. Observera att höjdvärdet i modellen är kraftigt överdrivet (cirka fem gånger). Röda pilar markerar strandlinjer och svarta pilar visar exempel på spår och gropar skapade av isberg. Väg 84 syns som en linje utmed dalbotten, nästan rakt över figuren. Tännäs by ligger runt kröken där vägen försvinner.

Nedan till vänster: Vid landformskartering upptäcktes massvis med gropar och spår (gröna prickar) som tolkades som orsakade av isberg. Den röda knappnålen markerar läget för Torkratern och den blå linjen visar läget för bilden nedan till höger.

Nedan till höger: LiDAR-baserad terrängmodell full av märkliga gropar under strandlinjerna.



kedjan. Dessa forna, uppdämda, sjöar kallas följaktligen för issjöar.

I takt med att inlandsisen drog sig tillbaka kom issjöarnas nivå och utbredning att förändras allteftersom smältvattnets dräneringsvägar anpassade sig till det framsmältande landskapet och den föränderliga iskanten. Det är just i ett sådant område, där issjöar tidigare täckt landskapet, som Torkratern ligger.

Vid landformskarteringen noteras dock att Torkratern inte var unik i området, utan att det faktiskt finns fullt av liknande gropar och sänkor. Vidare noteras att dessa depressio-

ner endast återfinns nedanför fornstrandlinjernas, och därmed under issjöarnas, vattennivå.

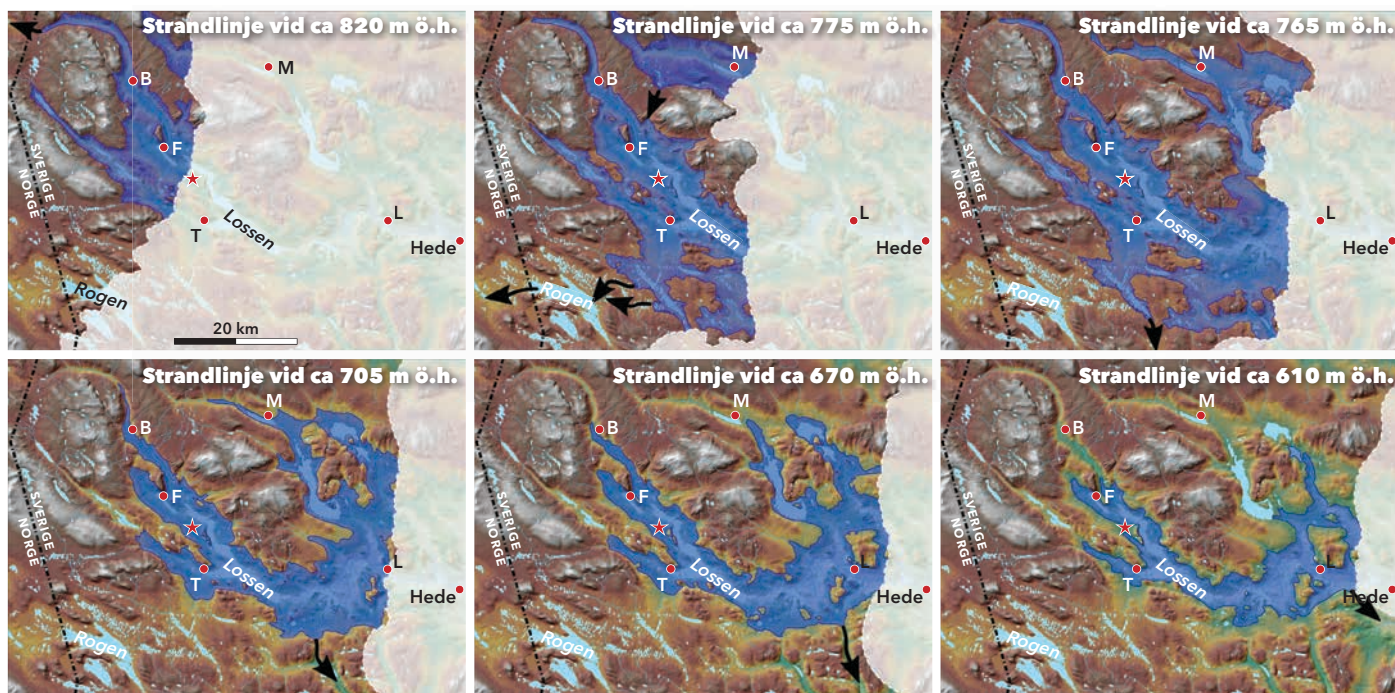
Härjedalens blöta glacialhistoria och Torkraterns uppkomst

Likt ett storskaligt pussel gör de talrika fornstranderna kring Ljusnans dalgång det möjligt att rekonstruera utbredningen av de forna issjöarna. Dessa visar var isfronten måste ha befunnit sig för att kunna dämma upp issjöarna till sina respektive nivåer. På detta sätt kan alltså isavsmältningsförloppet återskapas och utifrån det kan man tolka hur landskapet utvecklats.

Kartläggningen visar att isfronten i området successivt drog sig österut vilket resulterade i mer än 20 olika issjönivåer bara i Ljusnans dalgång.

En isfront som mynnar ut i djupt vatten har en vertikal front från vilken isberg kalvar loss. Dessa isberg kommer sedan att segla runt tills de strandar vid grundare vatten, om de inte hinner smälta först.

I Ljusnans dalgång var issjöarna mycket djupa, ibland över 200 m, och isfronten måste därför ha utgjort en imponerande isklippa från vilken mycket stora isberg kunde kalva. Det faktum att isen drog sig tillbaka



Ovan: Rekonstruktion av isavsmältningsförloppet kring Ljusnans dalgång med omnejd. Som referens till issjöstrandlinjernas höjd ligger sjön Lossen på 565 m ö.h. och Torkratern (röd stjärna) på 630 m ö.h. Vattnets skiftande dräneringsvägar är markerade med svarta pilar. B = Bruksvallarna, M = Messlingen, F = Funäsdalen, L = Långå, T = Tännäs.

österut innebar att isens botten låg i motlut samt att den kalvande fronten ökade i bredd allteftersom dalgången blev vidare.

Kombinationen av isreträtt i motlut och en successivt bredare front på stort vattendjup är dömd att resultera i en flitig kalvning och produktion av isberg. Några av isbergen kom säkerligen att flyta mot issjöarnas stränder och gå på grund där. Andra isberg som befanns sig längre ut i issjöarna levde heller inte säkert utan kunde under mer dramatiska former slå i botten när issjöarnas nivå hastigt sänktes allteftersom isfronten drog sig österut.

Kanske några isberg, likt strandade valar, låg kvar ett tag för att slutligen smälta ut på landbacken. Men när inlandsisen sedan lämnat området helt och de sista issjöarna tömts återstod endast mer eller mindre

runda gropar, däribland Torkratern, och utdragna spår efter isbergen på den då blottade sjöbotten.

Likaså kan de många jordskredsärren i dalgången förklaras med detta händelseförlopp. Då den tidigare mothållande vattenmassan sjunkit undan kom de vattenmättade sedimenten i sluttningarna att ge vika och skreda ut.

Torkratern – fortfarande ett spännande turistmål

Denna nytillkomna information påverkar inte förutsättningarna för geoturism i området. Snarare kan den reformeras och utvecklas med fler besöksmål till förslagsvis strandvalar, skredärr och smältvattenrännor.

Vi rekommenderar starkt ett besök till isbergsgropen Tor, vilken är lättåtkomlig med en kort promenad på bara omkring 200 m från riksvägen. Då ni har vägarna förbi får ni föreställa er platsen dränkt av hundratals meter smältvatten från den tillbakadragande, kalvande, isfronten. Och i vattnet ovan, isberg som seglar omkring, slår runt och går på grund.

Även om sagan om den fallande stjärnan är en fin historia, och även om det finns anledning att förvänta sig fynd av spektakulära postglaciala

LÄS MER

Henkel, H., Tiirmaa, R. & Blomquist, G. 1996. Tor – en meteoritnedslagskrater i Härjedalen, bildad efter istiden. *Trita Geofoto* 1996, 7.

Johansson, L. TOR – det första postglaciala meteoritnedslaget i Sverige? Gård och säter arkivet (GOSA), västra Härjedalen.

Öhrling, C., Mikko, H., Peterson Becher, G. & Regnéll, C. 2020. Meteorite crater re-interpreted as iceberg pit in west-central Sweden. *GFF*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/11035897.2020.1853223>

nedslagskratrar från meteoriter på svensk mark, så kan vi i detta fall med övertygelse meddela att Torkratern är ett spår efter isberg.

Men gropen är ändå en vacker företeelse och vi menar att den fascinerande och dramatiska isavsmältningshistorien i kombination med gropens uppkomst är en berättelse som är väl värd att förmedlas. ♦

Christian Öhrling är statsgeolog på Sveriges geologiska undersökning. Carl Regnéll är kvartärgeologisk expert på Lantmäteriet. ✉ Christian.Ohrling@sgu.se



Panamakanalens förspel

Panama är framför allt känd för sin kanal. Det är knappast en tillfällighet. Konstruktionen av kanalen var på sin tid – krig oräknade – det största och dyraste projekt människan någonsin utfört.

TEXT: ROBERT LILLJEQUIST

DE FRANSKA OCH amerikanska utgifterna för byggandet av Panamakanalen har uppskattats till 639 miljoner USD och som en jämförelse kan nämnas att köpen av de amerikanska staterna Louisiana, Florida, Californien, New Mexico och Alaska jämte Filippinerna endast uppgick till 75 miljoner USD.

Kostnaderna i människoliv var även de dryga. Uppgifterna för perioden 1882–1889 är osäkra men man har beräknat att mellan 20 000 och 22 000 dog. De flesta avled av malaria (ordet kan härledas från italienskans ord för dålig luft) och gula febern. Antalet dödsfall under den andra perioden

1904–1914 uppgick till 5 609, varav 350 var amerikaner. Ingen svensk har rapporterats omkommen!

Sammanlagt schaktades drygt 200 000 000 kubikmeter jord och berg iväg. En stor del av dessa jordmassor härrörde från *Culebra Cut*, där hela 19 miljoner kubikmeter tillkom till följd av ständiga jordskred. Den moderna skredforskningen har sina rötter dels från erfarenheterna vid bygget av Panamakanalen, dels från skredet i Sundsvall.

Ständigt ökande trafik

Den första tiden efter färdigställandet av kanalen användes rutten

ganska sparsamt på grund av första världskriget. I genomsnitt passerade 4–5 fartyg per dag. Tio år efter invigningen hade man kommit upp i 5 000 fartyg årligen, vilket ungefär motsvarade trafiken genom Suezkanalen.

Sedan ljus installerats längs kanalen år 1966 kunde fartyg passera dygnet runt och trafiken ökade då till i genomsnitt ett fartyg i timmen. Under senare delen av 1980-talet släppte kanalen igenom cirka 1 000 fartyg i månaden, och år 2006 trafikerades kanalen av 14 194 fartyg vilka med last vägde totalt 296 miljoner ton.



Avgiften för att trafikera kanalen varierar med fartygets tonnage. Den dyraste passagen stod en lång tid kryssaren Queen Elizabeth II för med 42 977,88 USD år 1975. Men det rekordet slogs den 25 september 2003 av lyxpassagerarbåten Coral Princess som betalade 226 194,25 USD för passagen.

Genomsnittskostnaden ligger numera omkring 54 000 USD per båt vilket motsvarar ungefär en tiondel av den kostnad det skulle bli att segla runt Kap Horn. Skämtsamt brukar man uppge att den lägsta kostnaden uppgick till 36 cents. Så mycket kostade det att slussa igenom Richard Halliburton (som vägde drygt 70 kilo) genom kanalen på 1920-talet.

Kanalens totala sträcka är 77 km och resan tar minst 7–8 timmar. Inför kanalens 100-årsjubileum den 15 augusti 2014 breddades kanalen och gjordes djupare. Tre nya slussar inrättades med avsikt att höja vattennivån en halv meter, eftersom tillrinningen från Gatunsjön emellanåt är otillräcklig på grund av alltför intensiv skogsavverkning.

Tidiga planer och många turer

Händelserna kring byggandet av kanalen var många och märkliga och stora personligheter har knutits till dess historia. De finns alla beskrivna i boken: *The path between the seas* av David McCullough, från vilken de flesta av mina uppgifter kommer.

Det är inte lätt att sätta ett datum för när planerna först utkristalliserades för en kanal genom den smala landbrygga som skiljer Atlanten från Stilla Havet. **Vasco Núñez de Balboa** var den första europé som till fots korsade Panama och det inträffade år 1513. Från Caledonia Bay, som ligger ca 240 km öster om den nuvarande kanalzonen, tog han sig igenom Dariens djungler tillsammans med 190 tungt beväpnade conquistadorer och flera hundra indianer (vilka naturligtvis redan kände till vägen).

Prästen Francisco López de Gómera nämnde möjligheten av ett kanalbygge genom det centralamerikanska näset redan 1552, men först 300 år senare togs planerna på allvar. I början av 1870 rustades en ameri-

Kartan ovan visar hela Panamakanalen från norr (till vänster i bilden) till söder (höger i bilden).

PANAMAKANALEN

Längd: 82 km
Maximal skeppslängd: 366 m
Maximal skeppsbredd: 49 m
Maximalt djupgående: 49 m
Slussar: Tre upp, tre ner per genomfart, i tre sluss-filer
Total slushöjd: 26 m ö.h.
Tid för passage: ca 11,5 timmar
Öppning: 15 augusti 1914
Drivs av: Panama Canal Authority

För räkenskapsåret 2019 registrerade Panamakanalen totalt 13 785 transiteringar, antingen havsgående eller små fartyg, som transporterade 252 miljoner ton gods och genererade tullar som uppgick till totalt 2 592 miljoner USD.

kansk expedition under ledning av kommandör **Thomas O Selfridge**, i avsikt att undersöka en passage genom Darien – med start just utifrån Caledonia Bay. I hans styrka ingick strax under 100 män, varav två läkare,

fem lantmätare, två geologer, tre telegrafister och en fotograf.

Utrustningen var heller inte att förakta. De fick med sig gevär, gummilaken, whisky, kinin, 600 par extra skor, 3 500 kg bacon, 5 000 kg bröd, 3 000 kg tomatsoppa, 30 gallons bönor, 1 250 kg kaffe och 300 kg smör i konserverburkar.

En irländsk fysiker och geograf var den direkta orsaken till sökandet efter en passage genom Darien. **Dr Edward Cullen** hävdade att han utan större ansträngning tagit sig från Atlantkusten till Stilla Havet och att han ingenstans kommit högre än 50 m över havsytan. Hans uppgifter togs på allvar och en gemensamt organiserad expedition med medverkan från Frankrike, England, Colombia och USA organiserades i all hast. Den slutade katastrofalt.

Löjtnant Isaac Strain och 27 man gav sig in i djungeln på jakt efter Cullens väg – med endast ett par dagars proviant. Maten tog slut, gevären rostade och man misstrodde de lokala invånarna som försökte förklara att de var på fel väg. Med endast tre av sina män lyckade Strain så småningom nå en indianby på Stilla Havssidan. Expeditionens överlevande var i uselt skick, som levande skelett med fula sår och bulnader. Strain vägde bara 33 kilo och dog senare av sviterna.

Selfridge undersöker nog

Selfridge hade tagit lärdom av löjtnanten Strains äventyr. Den 21 februari 1870 ankrade fartyget *Nipic* i *Caledonia Bay*. Till den lokala indianhövdingen framförde Selfridge följande: "Jag är hitsänd av min stora hövding med order om att genomkorsa landet. Jag måste lyda honom. Om möjligt tar jag mig över till Stilla Havet fredligt men om jag möter motstånd har jag en stor styrka till mitt förfogande". Det var ord och inga visor.

Selfridges expedition avslutades lyckosamt efter två månader. Strapatserna hade varit hårda, men mest klagade expeditionens medlemmar över myggor och "chitras", en slags knott eller svida som lämnar märkbara kliande sår. Dagarna inleddes med en matsked whisky och två smulor kinin per man – vilket förklarar den fantas-

tiskt goda hälsan. Expeditionen fann snart att det lägsta passet (Sucubti) nådde upp till knappt 200 m över havet, och därmed kunde Cullens osannolika påstående vederläggas.

Kommendör Selfridge fortsatte med ytterligare en undersökning utefter floden Mandinga, som rinner ut i San Blasbukten. Här tog hela förrådet av skor slut – alla 600 par. Han återkom med ytterligare ett par expeditioner till Darien och kunde därmed avskriva möjligheterna för en kanal inom denna del av Panama.

Udda karaktärer

Panamakanalens tillkomsthistoria kryddas av starka personligheter. Den främsta av dessa var kanske **Ferdinand de Lesseps**. Sett i efterhand framstår de Lesseps liv som mycket speciellt – även för artonhundratalet och även om man bortser från äventyret med Panamakanalen.

Ferdinand de Lesseps gjorde lätt intryck på sin omgivning och beskrevs som en glad, attraktiv och medryckande person. Han var under medellängd men väl proportionerad och charmfull. de Lesseps föddes i Versailles den 19 november 1805 som son till en familj av diplomater. Hans farbror *Bertélemy de Lesseps* presenterades för Louis XVI år 1788, klädd i en autentisk dräkt från Kamchatka – efter att ha tillryggalagt sträckan Kamchatka till St Petersburg på hundsläde – och blev omedelbart förklarad nationalhjälte.

Den unge Ferdinand blev således tidigt imponerad av världsliga hjälte-dåd. Hans mor växte upp i Spanien och han blev därför tvåspråkig. Vid nitton års ålder och med lite juridikstudier bakom sig blev han utnämnd till konsulelev åt sin berömde farbror som då var fransk ambassadör i Lisabon. Efter detta arbetade Ferdinand tillsammans med sin far som diplomat i Tunis fram till 1832 och vistades sedan under sju år i Egypten varefter han blev stationerad i Rotterdam, Malaga och Barcelona.

Hans intresse för kanalbyggen initierades i början av 1830-talet under vistelsen i Egypten. Han kom där i kontakt med en grupp religiösa fanatiker under ledning av den dubiösa **Barthélemy Prosper Enfantin**, som

anlänt till Egypten i akt och mening att gräva en kanal genom Suez. Detta var avsett att bli ett arbete av djup religiös betydelse. Världen skulle frälsas från krig och fattigdom genom enorma offentliga byggnadsarbeten: vägar, järnvägar och kanaler. Emellertid lyckades de inte åstadkomma något praktiskt under de fyra år som gruppen bodde i Egypten. Hälften av gruppen dog för övrigt i kolera.

Frankrikes sändebud i Madrid

Vid 43 års ålder (1848) blev Ferdinand de Lesseps utnämnd till regeringens sändebud i Madrid. Han kom emellertid i onåd efter att på den franska regeringens begäran ha försökt medla mellan Mazzini och Garibaldi i Italien. Nu i sin blommas ålder var han arbetslös och hans framtid var ett oskrivet blad.

Ferdinand de Lesseps hade ingen teknisk bakgrund, han saknade administrativ och ekonomisk erfarenhet och allt slags rutinarbete tråkade ut honom. Under de kommande fem åren tillbringade han sin tid mellan Paris och sitt lantställe i centrala Frankrike. Han hade ambitioner att omvandla lantegendomen till ett mönsterjordbruk och tog på sig rollen av lantlig herreman.

För att tillfredsställa sitt sinnelag tog han upp idéerna på ett kanalbygge i Egypten. Han läste allt som han kom över. År 1853 inträffade händelser som kom att bryta hans relativt stillsamma tillvaro.

Abbas Pascha, Egyptens regerande vice-konung var reaktionär, vresig och fåordig och tillbringade all sin tid i sitt palats. 1854 mördades han av två av sina slavar. Till ny vicekonung utnämndes **Mohammed Said**, och honom hade Ferdinand gjort bekantskap med under sina tidigare år i Egypten. Mohammed Said var då en fet och osympatisk pojke utan vänner. Sedan dess hade Said blivit ett veritabelt fläskberg – en man med stora mat- och dryckesintressen och en hängiven berättare av skabrösa historier.

För att testa sina närmaste mäns nerver lät han dem vandra med tända stearinljus genom krutpulver. Said var även känd för sina impulsiva generösa drag. Ferdinand de Lesseps kom senare att hedra honom genom

att döpa Suezkanalens hamn till Port Said.

Ferdinand de Lesseps skyndade sig att avisera sin avresa till Egypten och Said arrangerade en välkomstceremoni i form av en militärmanöver och uppådade en arméstyrka på 10 000 man i det västra ökenområdet. En militärorkester och flera beduinhövdingar deltog.

Det var den typ av tilldragelser som imponerade storligen på de Lesseps. Han själv reste med stil: eget privat tält, mahognymöbler, bäddutrustning i siden och is till groggen.

Hektisk tid för de Lesseps

Mötet med Said blev lyckat. Said ville starta sin härskarkarriär med något storslaget och de Lesseps föreslog en kanal genom Suez. Det var en idé som tilltalade Said och förslaget godtogs – utan att något om eventuella kostnader nämdes. Till historien hör att Ferdinand de Lesseps inte



FOTO: THÉRÈSE BATBEDAT, ÉDITIONS F. JUVEN, PARIS, 1899

hade någon som helst erfarenhet av denna typ av företag, ej heller ägde han någon större organisation eller kontakter med finansieringskällor. Men sådana detaljer tycktes inte bekymra herrarna.

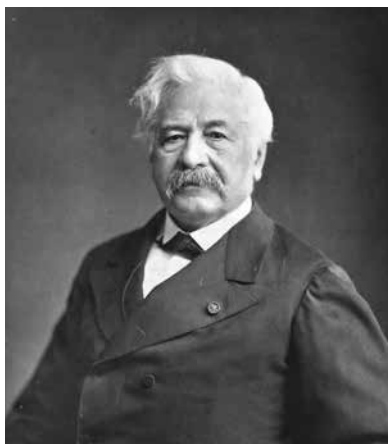
Ovan: Ferdinand de Lesseps fick talrik avkomma på sin ålders höst. Sex flickor och sex pojkar.

FOTO: USA DEPARTMENT OF THE NAVY, BUREAU OF SHIPS.



Thomas O Selfridge jr.

FOTO: GASPARD-FÉLIX TOURNACHON – RIJIKSMUSEUM.



Ferdinand de Lesseps

MÅLNING: BIBLIOTHECA ALEXANDRINA



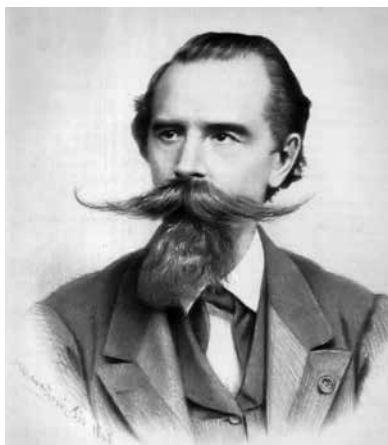
Abbas Pascha

FOTO: FÉLIX NADAR.



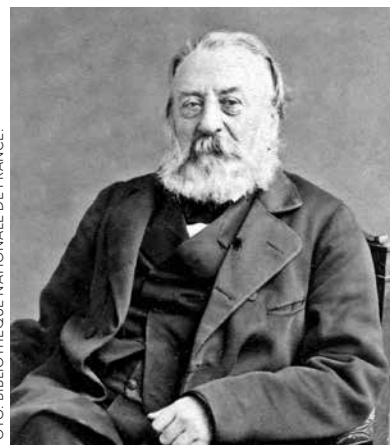
Mohammed Said Pascha

FOTO: JÓZSEF MARASTONI.



Istvan Türr

FOTO: BIBLIOTHEQUE NATIONALE DE FRANCE.



Barthélemy Prosper Enfantin



FOTO: DAVID BROSSARD, CC BY-SA 2.0
WIKIMEDIA COMMONS

CULEBRASKÄRNINGEN

Grävningen av Culebraskärningen var den svåraste och mest oförutsägbara delen av hela kanalbygget. Bergskammen man skulle igenom nådde som mest 64 meter över havet och geologin är komplex. Detta gjorde att en stor mängd skred uppstod, utlösta av regn under regnperioden.

Området är huvudsakligen uppbyggt av kullar av hårdare basalt som är omgivna av lösare vulkaniska och sedimentära bergarter av eocen till miocen ålder. Kanalen grävdes i första hand i dalgångarna vilket förstärkte stabilitetsproblemen.

I förarbetena till bygget hade man också missbedömt bergets stabilitet och kalkylerat med alldeles för branta lutningar på sidorna. Missbedömningen berodde till en del på att de sediment som fanns lite längre ner i marken började oxidera på grund av kontakt med vatten och detta gjorde att lagren förlorade sin stabilitet.

Det första, och största, skredet inträffade 1907 i Cucaracha. Den första sprickan noterades den 4 oktober 1907, och därefter följde ett skred som hade en volym av cirka 500 000 kubikmeter lera. Detta fick många att tvivla på att bygget alls skulle vara möjligt. Efter detta avlägsnades sedimentet i de övre nivåerna av skärningen, vilket resulterade i minskad vikt på de svaga skikten.

Trots det har jordskred fortsatt att vara ett problem även efter kanalens öppning och det finns nu en omfattande övervakning.

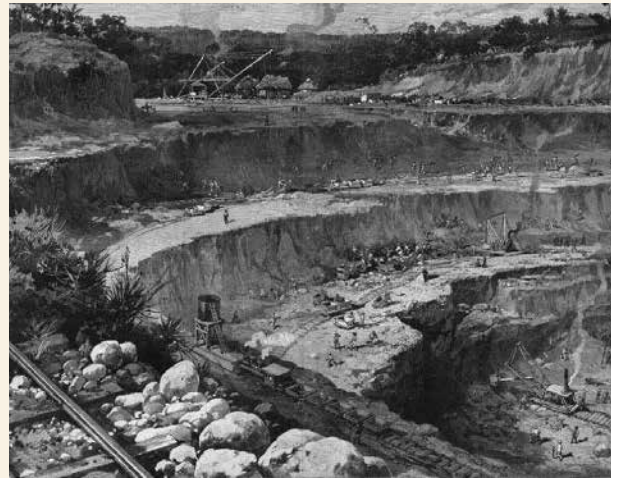


ILLUSTRATION: CHARLES GRAHAM (1852–1911).

Den övre bilden visar Culebraskärningen som den ser ut idag med Contractor's Hill till vänster och Gold Hill till höger. Vattnivån här är 26 meter över havsytans nivå. Den undre bilden visar grävningen av Culebraskärningen och bilden publicerades 1885 i Harper's Weekly.

Nu började en hektiskt tid för Ferdinand de Lesseps. Under de närmaste femton åren för han kors och tvärs mellan Egypten, London, Paris och Konstantinopel för att övertyga kungar, tidningschefer, bankdirektörer med flera om det viktiga i hans uppdrag. "De som inte tror på framgång lyckas aldrig" var hans favorituttryck.

Han lyckades samla in ungefär hälften av pengarna från franska småsparare. Hälften bidrog Mohammed Said med. När Said dog 1863 bidrog hans efterträdare *Khedive Ismail* frikostigt – i överkant. Egypten var närapå bankrutt när kanalen äntligen blev klar.

Pampig invigning av Suezkanalen

Den 17 november 1869 invigdes så Suezkanalen under överväldigande pompa. Den nu vithåriga Ferdinand

de Lesseps stod invid den franska kejsarinnan på däck i yachten *Aigle*. Ismail sparade inte på konfekten. Ett nytt operahus byggdes i Kairo och Verdi själv fick i uppdrag att skriva och uruppföra *Aida*.

Femtusen kockar och tusen servitörer kom resande från Europa för att förstärka de lokala resurserna. de Lesseps hade dragit det långa strået. Av kejsarinnan fick han ta emot Hederslegionens stora kors och ett dussintals banketter anordnades i Paris till hans ära. Premiärminister Gladstone lät meddela att Hennes Majestät tilldelat honom *The Grand Cross of the Star of India*.

Ferdinand de Lesseps hann även vara aktiv på andra områden. Några dagar innan invigningen av Suez-kanalen lät han, nu vid 64 års ålder, gifta om sig med en 20-årig skönhet, *Luise Hélène Autard de Bra-*

gard och med henne producerade han tolv barn, sex gossar och sex flickor. Inom vissa kretsar i Frankrike ansågs detta vara en mycket större bedrift än genomförandet av kanalbygget.

Ferdinand de Lesseps var nu ordförande och president för Suez Kanalbolag och trivdes med sin roll. Han fantiserade om att bygga en järnväg som skulle förena Paris med Moskva, Peking och Bombay och att skapa en ny insjö i Sahara – av minst Spaniens storlek.

Planer på en till kanal presenteras

Det var vid en internationell geografisk kongress (1875), anordnad av Société de Géographie, som de Lesseps första gången offentligt dryftade sitt intresse för en inter-oceanisk kanal i Panama. Först var det nödvändigt att hitta den bästa sträckningen och sedan de tekniska



förutsättningarna menade han, bland annat om kanalen skulle konstrueras i havsnivå eller med slussar. De Lesseps bestämda uppfattning var att kanalen skulle byggas utan slussar.

Ett ekonomiskt syndikat vid namn *Société Civile Internationale du Canal Interocéanique de Darien* dominerades av tre direktörer av vilka den mest iögonenfallande var en ungrare, *Istvan Türr*, som under tidigare år varit Garibaldis "second in command" och som enligt samtida vittnen hade den största mustaschen i Paris.

Nya expeditioner

Türrs syndikat tillförsäkrade sig ett tillstånd att bedriva undersökningar i Colombia och sände 1876 en sjuttonmannas expedition till Panama ombord på fartyget *Lafayette* under ledning av Türrs svåger löjtnant Wyse. István hade 1861 gift sig med Mantova Adelina Bonaparte Wyse. Hon var dotterdotter till Lucien Bonaparte, brodern till Napoleon.

Expeditionens uppgift var att undersöka den bästa kanalsträckningen och expeditionen varade i sex månader, varav två till havs. Samtliga deltagare led av malaria, två dog i djungeln och en avled på väg hem. Wyse blev mycket desillusionerad och ärrad av myggbett. Han föreslog oin-

spirerad en kanal över Darien inkluderande en 15 kilometer lång tunnel. Ferdinand de Lesseps hade vid denna tidpunkt ingen roll i dramat.

Löjtnant Wyse anordnade en andra expedition med i stort sett samma medarbetare, men ingen egentlig ny undersökning utfördes. Medan hans närmaste man, löjtnant Réclus, reste med järnvägen mellan Colón och Panama för Wyse till Bogotá i Colombia. Resan dit från Panama tog vid denna tid upp till en månad i anspråk och var mycket strapatsrik. Wyse valde vägen över Buenaventura och anlände till Bogotá smutsig och med kläderna i trasor, varför han inte blev insläppt på något av de mer anständiga hotellen.

Men efter rakning, bad och nya kläder fick han möjlighet att träffa en representant för utrikesministeriet och så småningom själva presidenten. Den 23 mars 1878 hade han förhandlat klart ett kontrakt med president Parra. Kontraktet skrevs under av den colombianska kongressen ett par månader senare.

Väredfullt privilegium

Från Colombia tog Wyse vägen över Nicaragua till Washington för att vid Marindepartementet försöka få tag på kartor och planer från tidigare utförda amerikanska undersök-

Till vänster: Del av Panamakanalen innan den återfylldes med vatten 1914.

ningar. Men han kom tomhändert hem – förutom det värdefulla kontraktet. Detta garanterade för en period av 99 år *Société Civile* privilegiet att bygga en kanal tvärs över Panamanäset.

Villkoret var att 750 000 franc skulle sättas in på en bank i London senast 1882 och att en ny undersökning av en internationell kommission skulle genomföras inom tre år. Tiden för byggandet av kanalen stipulerades till tolv år. Colombia garanterade fem procent av intäkterna under de första 25 åren och intäkterna ökade till åtta procent under slutet av arrendetiden.

Väl tillbaka i Paris sammanställde Wyse och Reclus en plan som de presenterade för Ferdinand de Lesseps. Kanalen skulle gå utmed järnvägen mellan Colón och Panama City och skulle anläggas i havsnivå. Stärkta av framgångarna med Suezkanalen inleddes byggandet av en kanal genom provinsen Panama (som då tillhörde Colombia) den första januari 1881.

Men fransmännen under ledning av Ferdinand de Lesseps fick ge upp på grund av sjukdomar och svårigheten att bygga en kanal i havsnivå. USA köpte den franska utrustningen och återupptog arbetena 1904 – efter att ha intrigerat för att Panama skulle förklaras självständigt mot Colombia. Kanalen invigdes formellt den 15 augusti 1914. ♦



Robert Lilljequist är fil. lic. och Eurogeolog. Bor numera i Estepona, Spanien.
✉ robertlilljequist@gmail.com



Varifrån kom sedimenten i Bergslagens svekofennium?

Sedan medeltiden har en intensiv malmbrytning ägt rum i Bergslagen och traditionellt har metaller som järn, koppar, zink och bly samt i viss mån även nickel, volfram och svavel eftersökts och brutits. I Bergslagen finns också många av de innovationskritiska metallerna och mineralen, såsom kobolt, sällsynta jordartsmetaller, volfram, grafit och indium, som behövs inom ny grön teknik som i sin tur behövs för att klara teknikomställningen inför klimatförändringen.

TEXT OCH BILD: BENNO KATHOL

ANSAMLINGEN AV VÄRDEFULLA metaller och mineral i berggrunden i Bergslagen gör området till en av de stora malmprovinserna i Sverige. Med anledning av förekomsten av speciellt de innovationskritiska metallerna och mineralen startade Sveriges geologiska undersökning

(SGU) våren 2017 ett nytt projekt: Bergslagsprojektet.

Inom projektet bedrivs multidisciplinära studier av befintliga och nya insamlade data som kan ge en bättre förståelse för och kunskaper om de geologiska processer som bidragit till bildningen och utvecklingen av berg-

grunden i Bergslagen. När man tittar på en berggrundskarta över Bergslagen och omgivningen, så ser man flera områden som markerats med olika nyanser av ljusblått.

Berggrunden i dessa områden består av olika varianter av svekofenniska, 1,92–1,87 miljarder år gamla

Bild 1, till vänster: Gråvackeklippor i närheten av provtagninglokalen Rävstavig på nordöstra Utö i Stockholms skärgård.

Bild 2, till höger: Kartan visar de sedimentära bergarterna i Bergslagen och omgivningar. Provtagningslokaler och undersökningsområden i de 1,92–1,87 miljarder år gamla sedimentära bergarterna är markerade med cirklar respektive röda rektanglar. Numren vid provtagningslokaler hänvisar till raderna i bild 4. Bilden visar också platserna för de radiometriskas åldersbestämningar av magmatiska bergarter som använts i projektet.

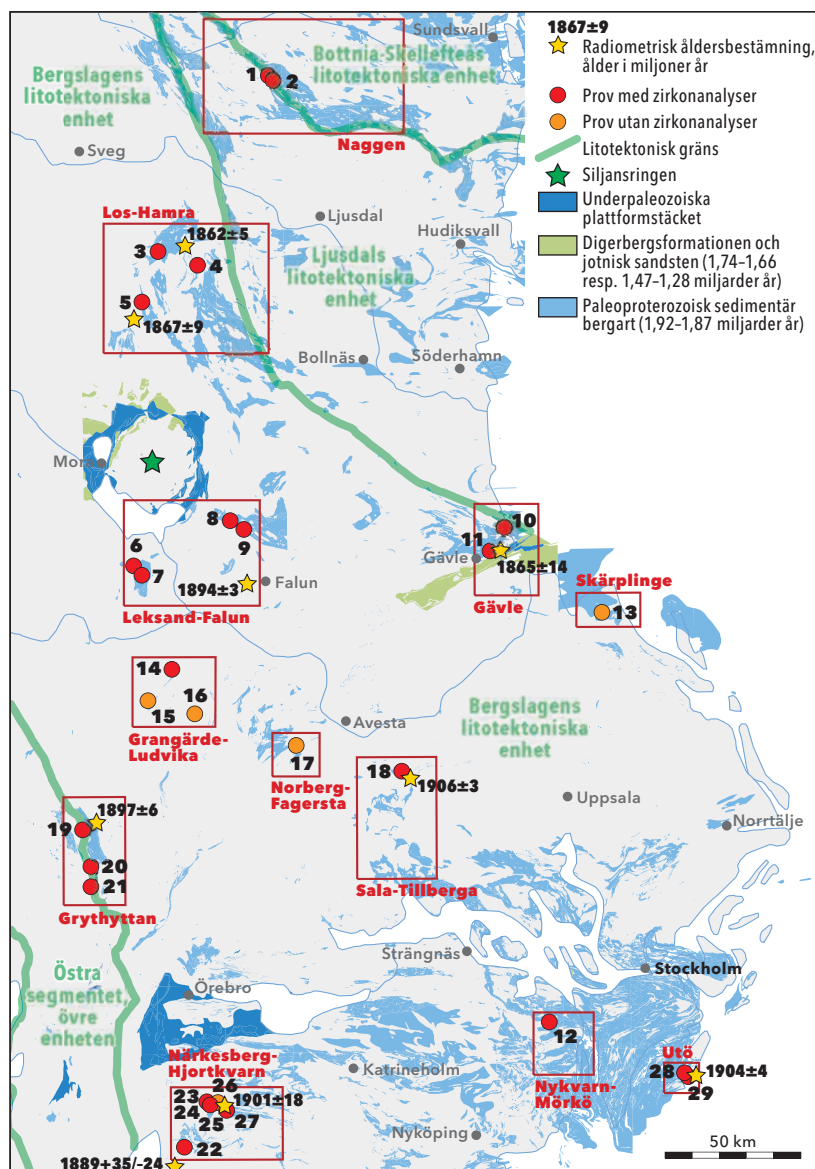
sedimentära bergarter som avsattes samtidigt med de vulkaniska bergarter och karbonatbergarter som är värdbergarter till de mineralfyndigheter som finns i Bergslagen.

De sedimentära bergarterna utgörs idag främst av kvartsiter, sandstenar, gråvackor, skiffrar och paragnejser. Ursprungligen bestod de av sediment av olika slag som bildats genom erosion av äldre berggrund. Efter erosionen transporterades sedimenten genom inverkan av vatten, luft eller is till sitt nuvarande läge där de avsattes.

I ett senare stadium blev sedimenten litifierade (omvandlade till sten genom trycket av de överlagrande sedimenten) och ännu senare, under den svekokarelska orogensen, blev de i olika grad deformerade och omvandlade.

Källan till sedimenten

Så vilken proveniens har då dessa sediment? Det vill säga, var kom sedi-



menten ifrån? Vilken slags berggrund var det som blev eroderad och hur gammal var den?

Svaren på dessa frågor bidrar med information som kan hjälpa till att rekonstruera den geologiska miljön som rådde då metall- och mineralfyndigheterna bildades.

För att svara på dessa frågor har SGU genomfört proveniensstudier av de svekofenniska sedimentära bergarterna i Bergslagen och dess omgivning (bild 2). Hösten 2017 samlades därför 29 prover in från 28 olika platser i tolv utvalda undersökningsområden.

Hur gör man?

Eftersom sedimentära bergarter kan innehålla material från många bergarter med helt olika ålder kan man inte bestämma åldern på själva bergarten direkt med till exempel radiometrisk åldersbestämning på magmatisk, dvs. nybildad zirkon, som man gör med magmatiska bergarter såsom granit, granodiorit eller vulkanit. I stället får man bestämma åldern indirekt.

Om till exempel en lagerföljd av gråvacka intruderar eller överlagras av en vulkanisk bergart, så måste gråvackan vara äldre än vulkaniten.

Om man då bestämmer åldern på vulkaniten får man en minimi-ålder för gråvackan.

Det omvända är fallet om till exempel en sandstenssekvens överlagrar en granit så måste sandstenen vara yngre än graniten, och en åldersbestämning av graniten ger en maxi-ålder på sandstenen.

De direkta åldersbestämningar som använts för att få en uppfattning om de tidsintervall då sedimenten avsattes och sedimentbergarterna bildades visas i bild 2.

Även om de sedimentära bergarterna inte innehåller nybildad zirkon, som bildats samtidigt som bergarten, så finns där i många fall så kallade detritiska zirkonkorn. Detta är korn som har sitt ursprung i de bergarter som vittrade och senare bildade själva sedimentbergarten.

Genom en radiometrisk åldersbestämning av dessa detritiska zir-

konkorn kan man få en uppfattning om åldern på de olika bergarter som sedimentmaterialet eroderades ifrån, och på det viset också en uppfattning om de berggrundsområden som har levererat sedimenten, dvs. sedimentbergarternas proveniens.

Många zirkoner hittade

Av de insamlade proverna från Bergslagen innehöll 24 tillräckligt många zirkonkorn för att ge ett statistiskt säkert resultat. Sammanlagt har 2 203 zirkonanalyser utförts med LA-ICP-MS (laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry). Analyserna utfördes på GEUS (den danska motsvarigheten till SGU) i Köpenhamn.

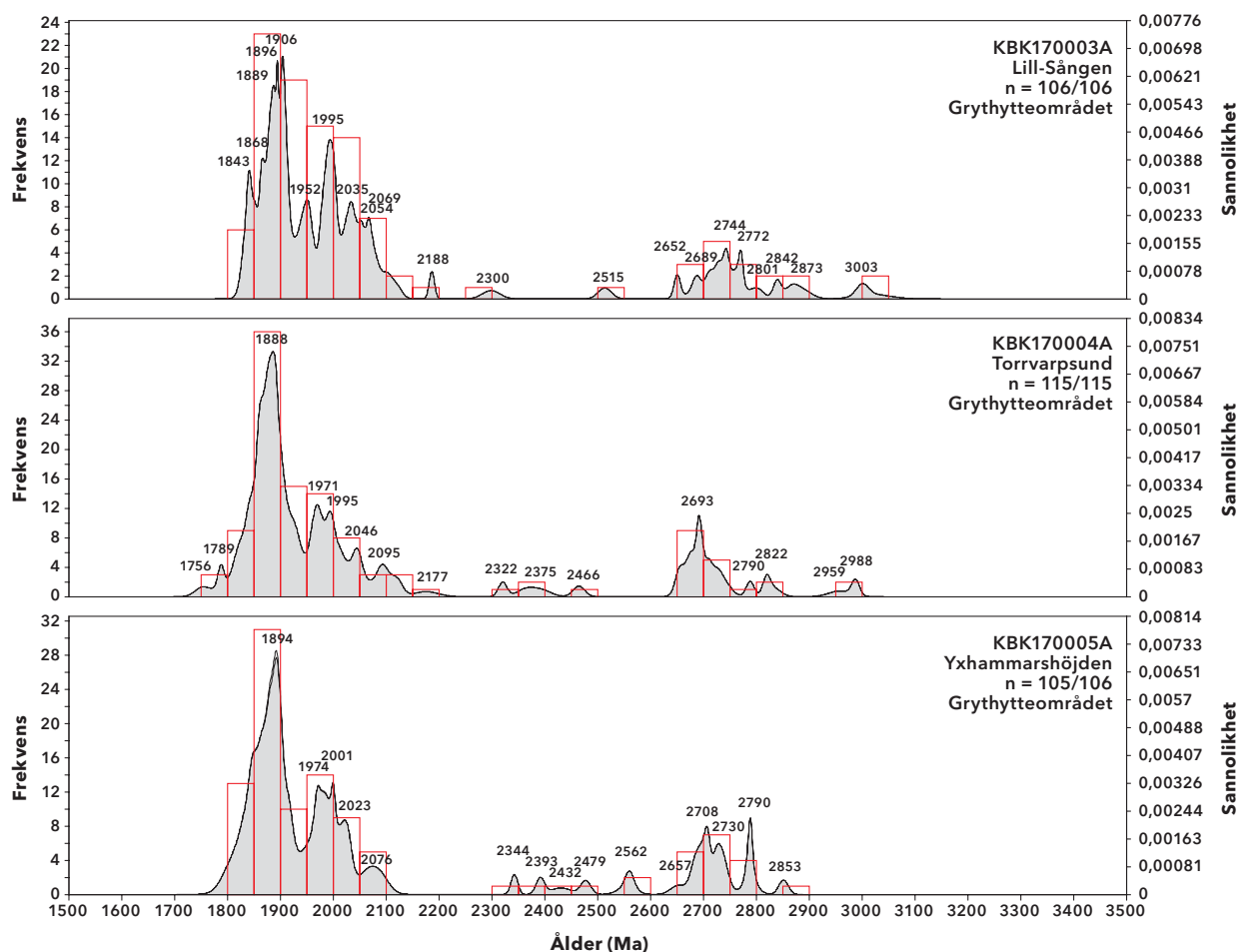
Paleoproterozoiska zirkonkorn

Resultaten från analyserna visar att alla prov som studerades innehöll zirkoner med åldrar i intervallet

2,2–1,7 miljarder år, dvs. paleoproterozoiska åldrar. Med undantag för tre prover, innehöll alla prover också arkeiska zirkonkorn i olika mängd och av olika ålder. Däremot hittades endast några få eller inga zirkonkorn alls från åldersintervallet 2,5–2,3 miljarder år.

Det senare stämmer väl överens med tidigare studier i Sverige och

Bild 3: Exempel på ett stacked diagram som visar zirkondata från provlokaler i undersökningsområdet Grythyttan inom tidsperioden 1500–3500 miljoner år. Varje diagram består av en kombination av ett frekvenshistogram och ett sannolikhetsdiagram. Det första anger antalet zirkonkorn i åldersintervall med en förvald storlek, i det här fallet 50 miljoner år. Det andra visar med en sannolikhetsfunktion beräknade distinkta fördelningsmaxima av zirkonpopulationer från respektive prov. Observera olika vertikala skalor, beroende på antal analyser.



Finland, och innebär troligen att det inte funnits några bergarter med en ålder av 2,5–2,3 miljarder år som källa till sedimenten.

Förutom rådata, som kan laddas ner från Geolagret på SGUs webbplats, presenterades resultaten av GEUS också i form av så kallade *Combined binned frequency histograms and probability density distribution plots* (PDP). Dessa består av en kombination av ett frekvenshistogram och ett sannolikhetsdiagram. Det första anger antalet zirkonkorn i åldersintervall med en förvald storlek, i det här fallet 50 miljoner år. Det andra visar med en sannolikhetsfunktion beräknade distinkta fördelningsmaxima av zirkonpopulationer från respektive prov.

Diagrammen från ett enstaka undersökningsområde har sammanfattats i *stacked diagrams*. Ett exempel på ett sådant ges i bild 3 som bygger på analysdata från Grythytteområdet.

Hur presenteras resultaten

Dessa *stacked diagrams* gör det möjligt att jämföra data inom ett undersökningsområde, men de är inte

lämpliga för att åskådliggöra resultaten från alla områdena i en enda bild. Därför har det gjorts ett försök att visa resultaten från alla områdena i ett enda diagram (bild 4).

Diagrammet illustrerar frekvenserna av de paleoproterozoiska zirkonåldrarna, som också här är indelade i åldersintervall av storleken 50 miljoner år. Frekvenserna, dvs. antalet zirkonkorn per intervall, uttrycks här som procent av hela antalet analyserade zirkonkorn per prov, uppdelat i fyra grupper med olika frekvensinnehåll. Grupperna har avgränsats med en statistisk metod. Dessutom visas den första, och ifall de finns, den andra och tredje ordningens maxima i de intervall som innehåller mest zirkondata (den högsta frekvensen) för varje prov.

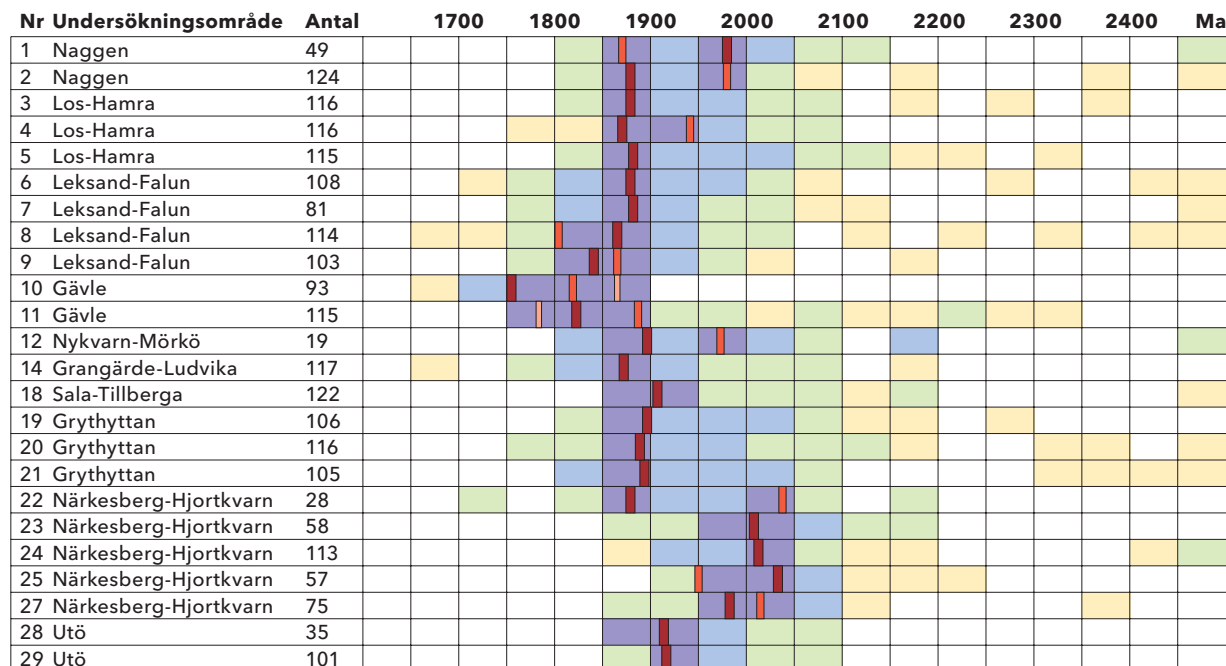
De flesta proverna från Bergslagenområdet har flest zirkonkorn inom åldersintervallen 1850–1899 och 1900–1949 miljoner år (bild 4). De äldsta zirkonpopulationerna ligger i intervallet 2000–2050 miljoner år och finns i Närkesberg-Hjortkvarnområdet.

I Gävle- och Leksand-Falun-områdena har de dominerande

zirkonpopulationerna åldrar som är yngre än bergarternas minimi-ålder som bestämts indirekt. Det beror troligen på att dessa sedimentbergarter överpräglats genom yngre metamorfa händelser.

Att de flesta zirkonpopulationerna har åldrar i tidsintervallet 1850–1949 miljoner år innebär att de flesta detritiska, paleoproterozoiska zirkonkornen i de här områdena har åldrar som ligger nära eller inom tidsperioden för avlagringen av de sedimentära sekvenserna i Bergslagen och omgivningen. Detta antyder i sin tur att sedimentmaterialet härstam-

Bild 4: Diagrammet sammanfattar analysresultaten för alla analyserade prover och illustrerar frekvenserna av de paleoproterozoiska zirkonåldrarna, som delats in i åldersintervall av storleken 50 miljoner år. Frekvenserna, alltså antalet zirkonkorn per intervall, uttrycks här som procent av hela antalet analyserade zirkonkorn per prov, uppdelat i fyra grupper med olika frekvensinnehåll. Dessutom visas den första, och i fall de finns, den andra och tredje ordningens maxima som tagits från de kombinerade frekvens- och sannolikhetsdiagrammen (som i bild 3).



Innehåll i intervall om 50 miljoner år

<2%
 2–7,9%
 8–17,9%
 >18%
 Första
 Andra
 Tredje ordningens maximum

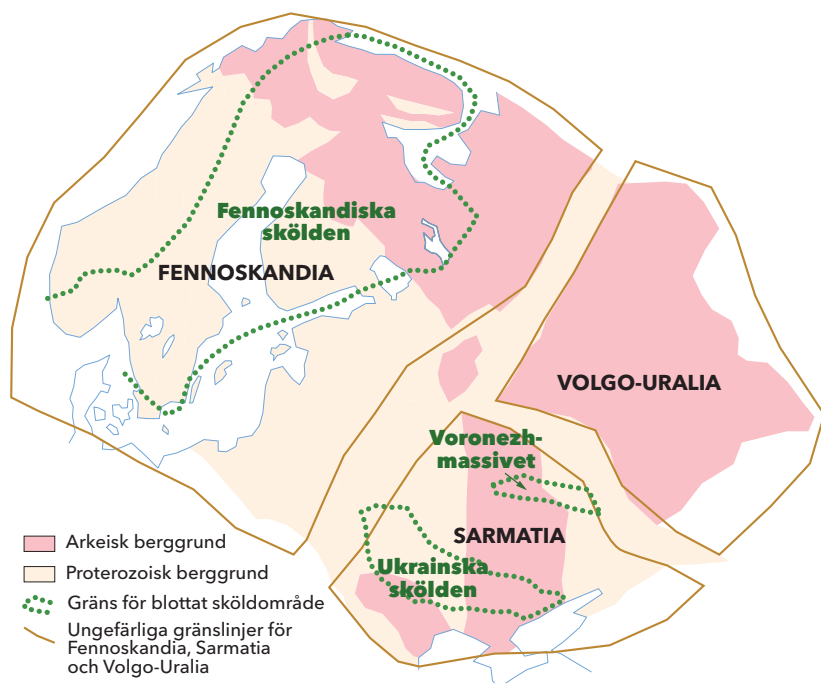


Bild 5: Skiss över den östeuropeiska krationen med de tre jordskorpe-segmenten Fennoskandia, Volgo-Uralia och Sarmatia.

mar från närbelägna svekokarelska intrusivbergarter och svekofenniska vulkaniska bergarter.

Närkesberg–Hjortkvarnområdet skiljer ut sig

De sedimentära bergarterna i Närkesberg–Hjortkvarnområdet är bland de bäst bevarade i de studerade delområdena. De höga åldrarna på zirkonkornen från detta område tyder på sedimenttillförsel från en mer än två miljarder år gammal kontinent.

Frånvaron av zirkoner överpräglade av yngre metamorfa händelser antyder att sedimenten härstammar från en kontinent som inte hade påverkats av svekokarelsk metamorfos vid tidpunkten för erosion och antagligen också sedimenttransport.

Kontinental skorpa som bildats i tidsintervallet 2,05–1,95 miljarder år och som innehåller större magmatiska bergartsområden som kunnat leverera detritiska zirkonkorn finns idag inte blottad i den fennoskandiska skölden.

Zirkonkorn med en liknande ålder som i Närkesberg–Hjortkvarnområdet har också rapporterats från centrala och södra Finland samt från Hamrånge-, Norberg- och Västerviksområdena i Sverige. Dessutom har man hittat sådana zirkonkorn i

borrkärnor från det prekambrisk underlaget i nordöstra Polen.

För zirkonpopulationerna från både södra Finland, Västerviksområdet och nordöstra Polen föreslogs att ursprunget till zirkonkornen fanns i den västra eller nordvästra delen av Sarmatia och den ukrainska skölden (bild 5).

Det är således troligt att även de sedimentära bergarterna i Närkesberg–Hjortkvarnområdet härstammar från områden vid gränsen mellan den fennoskandiska och den ukrainska skölden, snarare än från områden i norr eller nordost.

Det är möjligt att sedimentmaterialet från de sydöstra områdena avsattes i en randbassäng som låg nära den arkeiska krationen och som sträckte sig från dagens södra Bergslagen till nordöstra Polen. Detta innebär att bergarterna i Närkesberg–Hjortkvarnområdet intar en särställning inom Bergslagen och dess omgivning.

Arkeiska zirkonkorn

De flesta av de arkeiska zirkonåldrar som uppmäts ligger i åldersintervallet 2500–2949 miljoner år. Sju zirkonkorn är äldre än 3,2 miljarder år. De har hittats i Naggenområdet, i Leksand–Falunområdet, i Grythyttområdet och i Närkesberg–Hjort-

kvarnområdet. Dessutom fanns det sex äldre arkeiska zirkonkorn i ett prov från Närkesberg–Hjortkvarnområdet som samlats in i ett annat syfte.

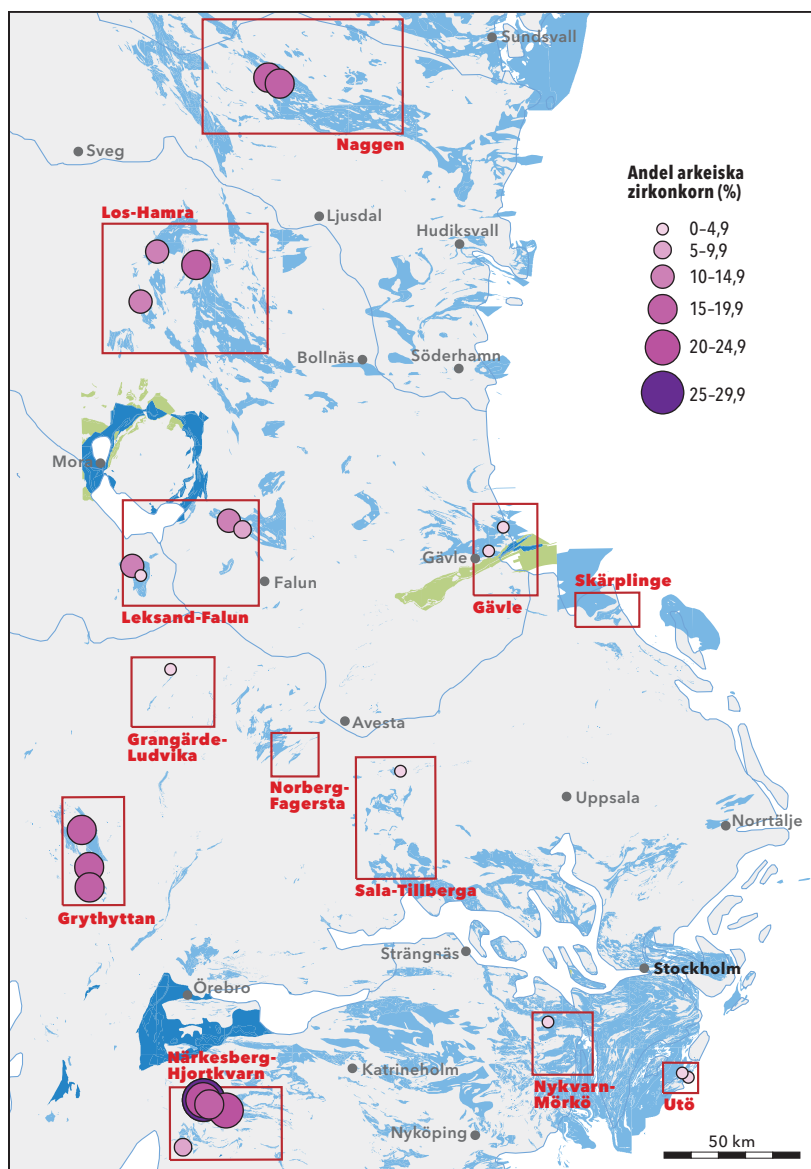
I norra Fennoskandia finns en arkeisk kontinentalkärna av 2,80–3,20 miljarder år gamla gnejser. Arkeiska populationer av detritiska zirkonkorn i norra Skandinavien tolkas ha sitt ursprung i dessa gnejser, och det är troligt att även det mesta av de arkeiska zirkonkornen i Bergslagen också härstammar från dessa områden.

Även här är det annorlunda i Närkesberg–Hjortkvarnområdet

Som beskrevs tidigare är det troligt att bergarterna i Närkesberg–Hjortkvarnområdet härstammar från gränsområdet mellan den fennoskandiska och den ukrainska skölden. Detta gör det troligt att även de arkeiska zirkonkornen i dessa bergarter kommer från samma område, snarare än från de arkeiska bergarterna i norra delen av Skandinavien.

I den ukrainska skölden och Voronezhmassivet (bild 5) finns tre områden med arkeisk kontinentalskorpa som har åldrar mellan 3,65 och 2,8 miljarder år. Det är

Bild 6: Fördelning av de arkeiska zirkonpopulationerna i Bergslagen och omgivning. Andelen av arkeiska zirkonkorn anges i procent av det totala antalet analyserade korn per prov. Övriga symboler i kartan är lika som i bild 2.



troligen härifrån de arkeiska zirkonpopulationerna i Närkeberg-Hjortkvarnområdet kommer, och möjligen även de zirkonkorn som är äldre än 3,2 miljarder år i de andra undersökningsområdena.

Ojämn fördelning av arkeiska korn

Den rumsliga fördelningen av arkeiska zirkonpopulationer i Bergslagen med omgivning illustreras i bild 6. De flesta av de arkeiska zirkonkornen förekommer i prover från de nordvästra och sydvästra delarna av det undersökta området, medan endast få eller inga arkeiska korn alls hittades i prover från de centrala och sydöstra delarna av Bergslagen.

Den högsta andelen arkeiska zirkonkorn, drygt 25 procent, konstaterades i ett prov från Närkebergformationen i Närkeberg-Hjortkvarnområdet. I detta prov hittades också det äldsta zirkonkornet som kommer att bli föremål för en alldeles egen undersökning.

Och till slut

Sammanfattningsvis kan man säga att de centrala delarna av Bergslagen verkar ha varit ett ganska slutet geologiskt system när man tittar på proveniens hos de svekofenniska sedimentära bergarterna. Däremot fanns

i de sydöstra delarna, och i viss mån även de norra delarna runt Naggen, stort inflytande från andra, utanför liggande geologiska miljöer. Framför allt gäller detta Närkeberg-Hjortkvarnområdet där sedimentmaterialet troligen har transporterats längre sträckor och härstammar från ett område längre mot dagens sydost. ♦



Benno Kathol är statsgeolog på avdelningen för mineralresurser på SGU.
✉ benno.kathol@sgu.se

Läs mer

Kathol, B., Hansen Serre, S. & Thomsen, T.B., 2020: Provenance of Svecofennian sedimentary rocks in Bergslagen and surrounding areas. *SGU-rapport 2020:22*, Sveriges geologiska undersökning, 1–84.



Minnesord Leif Björk

Nyligen nåddes vi av det tragiska beskedet att vår vän och tidigare kollega och chef vid SGU, Leif Björk, hastigt gått bort. Närmast sörjande är Leifs fru Monica och sönerna Anders och Henrik med familjer.

LEIF FÖDDES I HELSINGFORS och tog studentexamen 1968 vid Pargas svenska samskola. Efter studenten började han studera berggrundsgeologi vid Åbo Akademi och tog sin kandidatexamen 1973 och filosofie magisterexamen 1976. Pro gradu-avhandlingen beskrev en ringformig granitintrusion på Seglinge i sydvästra Finland. Förutom att studera geologi blev Leif även reservofficer 1975 vid artillerilinjen vid sjökrigsskolan i Sveaborg.

Under utbildningstiden hade Leif extrageologanställning vid Pargas kalk AB i Finland 1969–1971, på västra Grönland för Kryolitselskabet Öresund A/S 1972 och vid Geologiska Forskningscentralen (GTK) 1973 och 1974. Arbetsuppgifterna som extrageolog bestod av berggrunds-kartering, prospektering och vissa geofysiska undersökningar. Arbetena för GTK utgjordes av berggrunds-kartering i skärgården öster om

Åland och här hade Leif stor nytta av, och fick beröm för, sitt sjömannaskap och goda navigeringsförmåga.

Leif deltog sommaren 1974 i en skärgårdsexkursion med geologer från Finland och Sverige. Under denna exkursion uttryckte han en önskan att få anställning vid Sveriges geologiska undersökning, vilket han fick ett par år senare, och 1976 påbörjade Leif sin karriär vid SGU. Han anställdes först som extrageolog och



Motstående sida: På exkursion i Eskilstunatrakten 2002. Från vänster: Leif Björk, Sven Aaro, Sam Sukotjo och Ildikó Antal Lundin.

Ovan till vänster: Leif Björk på exkursion i Nattavaara 2008.

Ovan till höger: På exkursion i Åbo skärgård i juli 1974. Från vänster: Karl-Axel Kornfält, Veli Suominen (exkursionsledare), Leif Methers och Leif Björk.

fick sedan en timanställning vilken 1982 övergick i en tillsvidareanställning som geolog. Leif steg i graderna och blev 1984 statsgeolog och 1986 förste statsgeolog. Arbetsuppgifterna var i första hand berggrundskartering i södra Mellansverige, sammanställningar och bearbetning av insamlad information.

Leif hade en utpräglad administrativ skicklighet och hans excel-ark, många gånger större än skrivbordet, är berömda! På ett lyckligt sätt kunde han förena kraven på god kvalitet i karteringen med de ständigt ökande kraven på administrativ styrning. Särskilt ska framhållas att Leif insåg den stora betydelsen av gemensamma exkursioner för de karterande geologerna. Dessa exkursioner lade grunden för en gemenskap och en sammanhållen strategi för kartornas utformning.

Leif blev 1989 chef för den nya berggrundsundersökningen *Bas-kartering, berg*, med ansvar för

samordning och uppföljning av den berggrundsgeologiska undersökningsverksamheten i Gävleborgs, Västernorrlands och Västerbottens län. Samtidigt som Leif ansvarade för verksamheten var han också själv ansvarig för ett antal karteringsprojekt.

1994 blev Leif även chef för delprogrammet reguljär berggrundskartering med fokus på undersökningar i södra delen av Sverige. Han hade dessutom ett stort engagemang i de norrbottniska projekt som vid den tiden och senare påbörjades i större skala. Han fortsatte sedan att ha chefspositioner för berggrundsrelaterade verksamheter fram till sin pensionering 2013.

Bland de berggrundskartor som bär Leifs namn märks följande: i SGU:s serie Af var det Filipstad NV samt i SGU:s serie Ai Björna, Vännäs, Fredrika, Lycksele, Järvsjö, Åsele (alla tillsammans med Leif Kero) och Vilhelmina SO (tillsammans med Leif Kero och Ebbe Zachrisson). Leif har också medverkat i ett antal vetenskapliga publikationer, bl.a. rörande åldersbestämningar av bergarter i Bergslagen och Västerbotten.

Leif var ambitiös, samvetsgrann och lojal. Han var beslutsam och ibland ganska envis men inte långsint, egenskaper som gjorde att han var uppskattad av såväl chefer som medarbetare.

På ett lugnt och behärskat sätt löste han de arbetsuppgifter han mötte,

och de problem han stötte på klarades av till synes utan större svårigheter. Leif var alltid beredd att hjälpa sina arbetskamrater på alla sätt och vann därför ett stort förtroende bland sina kollegor.

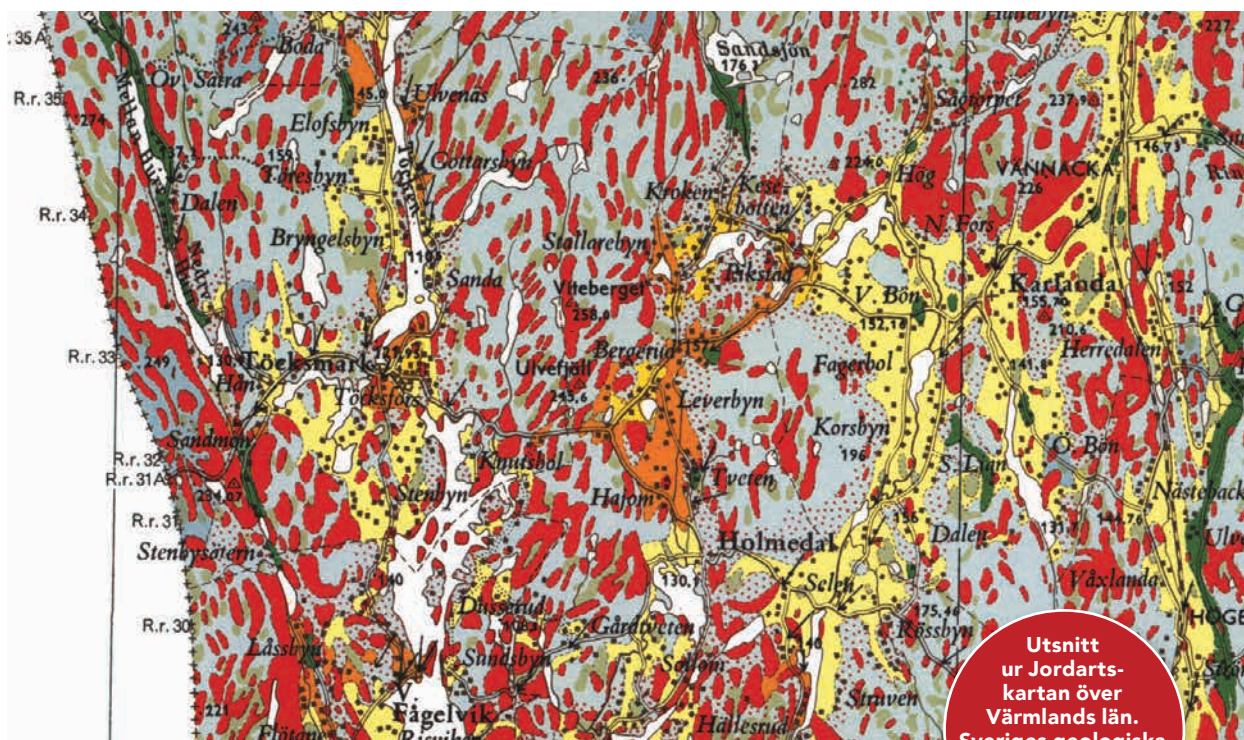
Leif var en glad lax och hade lätt för att skratta. När surströmming kom på bordet var det fest, och några minns trevliga kvällar såsom vid Blå Lagunen vid Umeälven eller en och annan utflykt längs Silvervägen över till den norska sidan. Under karteringen i Västerbottens skogsland tillryggalades ibland långa sträckor längs vägarna i hyrbilar under anmärkningsvärt kort tid!

Leif var en friluftsmänniska. På vintern åkte han skidor om vädret tillät och på sommaren var segling en stor begivenhet. Han återvände gärna till Finland under ledigheter för att besöka släkt och vänner. Annars skötte han sitt hus i Storvreta tillsammans med Monica. Det berättas att för några år sedan fick de fukt i källaren. Då grävde Leif för hand ett dike runt hela huset. I arbetet motiverades också hans två söner, dock mot viss ersättning. Med andra ord: Leif var verkligen inte rädd för att ta i och hade ofta tips om hur man fixar saker själv.

Det är med stor saknad vi minns Leif som vän och kollega. ♦

Ildikó Antal Lundin, Stefan Bergman, Thomas Lundqvist, Lars Persson, Magnus Ripa, Michael Stephens och Carl-Henric Wahlgren





Suspekt arbete

Då man är ute på karteringsjobb kan man ibland hamna i ganska bisarra situationer. Som framgick av min lilla berättelse i nr 107 av Geologiskt forum kunde man till och med bli misstänkt för att vara mördare.

Detta fick jag uppleva ytterligare en gång då jag 1953 började jordarts-kartera i Värmland för mitt första egna SGU-projekt. Vid tillfället arbetade jag längs norska gränsen i trakten av Töcksfors. Gränsen var då, några få år efter kriget, ordentligt spärrad. Tullen bestod av en stuga vid kanten av den mellanriksväg som nu växt ut till E18. Där höll tullaren till och över vägen sträckte sig en hand-driven bom.

Stationen var belägen några kilometer från riksgränsen och jag skulle vid ett tillfälle kartera området mellan denna och tullen. Det blev en obehaglig upplevelse. Tullaren som vaktade stationen vägrade att öppna bommen för min bil. Istället beordrade han mig att stänga av motorn och kliva ur bilen, varpå jag blev

införd och inlåst i ett rum i det lilla huset. ”Ni är efterlyst” blev svaret på min enkla fråga om anledningen. Samt att polisen var på väg för att ta hand om fallet! Situationen kändes verkligen otrevlig – kanske hade jag kört ihjäl någon stackare utan att märka det?

Polisen fanns i Töcksfors, omkring en halvmil bort. Jag kunde efter en stund genom ett fönster se en polisman anlända på cykel. Han kom in och började ivrigt förhöra mig. Han påminde om en ivrig jakthund som skulle göra sitt livs kap. Men allteftersom förhöret fortskred slokade, bildligt talat, hundens svans alltmer.

Jag hade då ilsknat till och krävde en förklaring. Polismannen berättade då att en person sett mig gå ur bilen flera gånger längs en väg och då stuckit ner en borr (stickborr av SGU-modell) samt till och med grävt några gropar.

Den något långsökta slutsatsen var att jag troligen var den person som något tidigare mördat en stackars

liten flicka – i Stockholmstrakten! Och nu letade han efter en plats att gräva ner nästa lik på!

Min förklaring till vad jag gjorde accepterades dock av den nu ganska skamsne polisen, varpå han, jag och tullaren skildes som vänner och gränsbommen öppnades. Jag kunde kartera området mot riksgränsen – vilket dock visade sig onödigt. Där fanns bara ett tunt moräntäcke med uppstickande hållar som var för små för att tas med på jordartskartan i skala 1:200 000.

Det är lätt att skratta åt den här historien men man ska kanske vara glad att allmänheten reagerar när man ser något mystiskt samt att polisen kan reagera snabbt på en anmälan. ♦

FOTO: LENA LUNDQVIST



Jan Lundqvist, professor vid Stockholms universitet 1980–1993.

✉ jan.lundqvist@geo.su.se



Föreningen och framtiden

SISTA ORDET

SOM NYTILLTRÄDD ordförande i föreningen är jag tacksam för medlemmarnas förtroende. Jag ser fram emot och det ska bli

spännande att verka som ordförande.

Vad tycker jag då är viktigt med föreningen och dess arbete? Jag tror jag börjar mitt resonemang med hur det hela började. I mitt arbete sitter jag ofta och gräver i gammal svensk geologisk litteratur och då är tidskriften GFF en given källa till information, men också till muntrationer.

Geologiska Föreningen fyller 150 år i år och i föreningens barndom i slutet av 1800-talet och början av 1900-talet hade föreningen möte varje månad och tidskriften GFF innehöll utöver vetenskapliga artiklar och rapporter om föredrag också ett slags protokoll över de geologiska diskussioner som hölls på mötena. Dessa var ibland både bitska och ganska underhållande, men ger också en fantastisk inblick i framväxten av ny geologisk kunskap, i synnerhet i Sverige.

Det som fascinerar mig mycket är att det då var föreningen som var den dominerande plattformen för dialoger och diskussioner om svensk geologi. Denna plattform finns kvar i form av GFF, och numera också Geologiskt

forum, men det känns onekligen som att omfattningen och temperaturen i diskussionen har gått ner en del.

Behöver vi en diskussion om svensk geologi? Naturligtvis behöver vi det! Kanske nu mer än någonsin. Vi använder våra georesurser och vår mark i aldrig tidigare skådad omfattning och alltså har vårt behov av kunskap om vår jord aldrig varit större än nu.

Hur säkrar vi relevant kunskap om geologin i vårt eget land för framtiden?

Jag önskar en levande och dynamisk diskussion om geologi och geologiska förutsättningar i Sverige och jag hoppas att med föreningen som plattform få till fler möten, i fysiska och i digitala rum och, inte minst, ute i fält! Jag hoppas innerligt fortfarande på att det blir ett jubileumsmöte i Uppsala i augusti i år (du kommer väl?), men om det inte kan genomföras i år flyttar vi fram mötet till 2022. Jag hoppas också på att få till fler möten framöver. ♦

*Emma Rehnström,
ordförande*



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

Geologiska Föreningen tackar sina sponsorer för 2021

Platinasponsorer



UPPSALA
UNIVERSITET



Stockholms
universitet

Institutionen för geologiska vetenskaper
Institutionen för naturgeografi

L
LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET

Guld sponsorer

BOLIDEN



LUNDS
UNIVERSITET

LKAB



KAUNIS IRON



Zinkgruvan Mining
a subsidiary of **lundin mining**



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Geoveta



Nu längtar vi nog alla
efter umgänge och en
rejäl geologisk exkursion.
Här sydvästra Tasmanien.