

GEOLOGISKT FORUM

Nr 106 ♦ 2020

Glaciationshistoria i Ural

Sala × 2

Gruvavfall i Yxsjöberg

Elektrum i Kongsberg

Geologiska namn



GEOLOGISKT FORUM

Nr 106 ♦ 2020

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: Borrning från is på sjön
Bolshaya Shchuchye i arktiska Uralbergen
i jakt på ledtrådar om glaciations- och
klimathistorien. Läs mer på sidan 20.
Foto: John Inge Svendsen.

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 eller
Bankgiro 749-6359. Du kan också betala
direkt med kort på vår webbplats
www.geologiskaforeningen.se

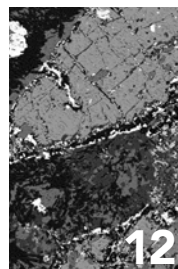
Tidningen publicerar sedan starten år
1994 populärvetenskapliga artiklar inom
geovetenskapens alla områden.

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 september 2020.

Geologiska Föreningen

I DETTA NUMMER

- 3 Karantäntider
- 3 Interaktiv karta över besöksmål i Skåne
- 3 Föreningens årsmöte – igen
- 4 Högteknologiskt kritiska grundämnen i gruvavfall
- 8 Blockletare
- 10 Geologisk namngivning i Sverige
- 12 Exotiska bormineral från Salaområdet – ledtrådar till evaporitmiljöer
- 16 Elektrum i Kongsberg – bevis för en oupptäckt guldprovins?
- 20 På jakt efter arktiska Uralbergens glaciations- och klimathistoria
- 25 På geologisk och historisk upptäcktsfärd i Sala
- 29 På gång
- 29 Största uppmätta skalvet i Kirunagruvan
- 30 Minnesord: Ove Stephansson
- 31 Minnesord: Lars Brunnberg



Karantäntider

DEN HÄR VÅREN blev verkligen inte som vårar brukar vara. Begrepp som social distansering, karantän och flockimmunitet har plötsligt blivit en del av vardagen.

För de flesta har pandemin så klart inneburit att många aktiviteter tagit paus. För Geologiska föreningen har det inneburit att årsmötet skjutits på framtiden. Läs mer om det nedan.

De som jobbar med undervisning på universitet och högskolor har tvingats till nya undervisningsformer med digitala kurser och exkursioner. Detta har säkert inneburit mycket jobb, men på sikt kan det kanske också

leda till att fler får tillgång till detta nya digitala utbildningsmaterial.

För oss som är intresserade av geologi finns ju alltid naturen att tillgå, även när vi behöver hålla fysisk distans till andra människor. Ett utmärkt initiativ är då Geopark Skånes interaktiva karta över geologiska besöksmål. Kanske kan denna inspirera till liknande kartor över resten av landet.

I detta nummer har det blivit visst fokus på gruvrelaterade ämnen. Bland annat gör vi nedslag i Sala Silvergruva med omnejd, i Yxsjöberg och i Kongsberg i Norge.

Men vi får också följa med till Uralbergen där

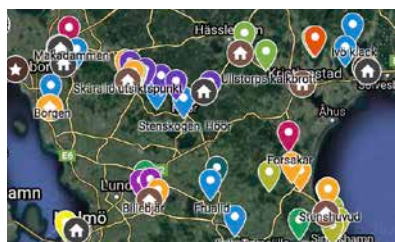
man studerat sediment för att få ledtrådar till områdets glaciations- och klimathistoria.

Vi får också en inblick i hur det går till när geologiska namn fastställs i Svenska geologiska namnkommittén som nyligen bildats. Där fylls en viktig uppgift som kan förenkla kommunikationen mellan geologer och mellan geologer och omvärlden.

I serien anekdoter från förr bjuds vi på en inblick i blockletarnas vardag – en yrkesgrupp som tidigare var helt avgörande för upptäckten av nya malmer, men som nu hamnat lite i skymundan när nya prospekteringsmetoder gjort sitt intåg.

För övrigt återstår inte så mycket att göra annat än att planera för framtiden, trots att vi inte vet när vi kan vara tillbaka i en normal vardag. Jag hoppas att du tar god hand om dig och håller dig frisk! Och att vi kan se fram emot ett mer normalt andra halvår 2020. ♦

Jeanette Bergman Weihed,
redaktör



Interaktiv karta över besöksmål i Skåne

Geopark Skåne har i dagarna lanserat en interaktiv karta med geologiska besöksmål i Skåne. Där finns både platser ute i naturen och andra geologiskt intressanta platser.

Detta är första versionen av kartan och den kommer att fyllas på och uppdateras fortlöpande. I nästa nummer av Geologiskt forum kommer en artikel som berättar mer om tanken bakom kartan.

Följ qr-koden nedan för att komma direkt till kartan. Det finns också mer att läsa på www.geoparkskane.se ♦



Föreningens årsmöte – igen

Som tidigare meddelats till medlemmarna har Geologiska Föreningens styrelse beslutat att skjuta upp årsmötet till hösten på grund av den pågående covid-19-pandemin. Styrelsen har under våren genomfört bokslut och reviderat verksamheten enligt våra stadgar. En verksamhetsberättelse kommer också att skickas ut till medlemmarna före sommaren.

Vår ambition är nu att genomföra årsmötet fysiskt i anslutning till vårt gemensamma möte med Geosektionen där våra priser delas ut och där Geosektionen delar ut pris till årets geolog. Detta sker den 11:e november i Uppsala på Sveriges geologiska undersökning.

Vi ber er därför att notera detta datum och hoppas på god uppslutning. Mer information kommer efter sommaren om detta.

Val av nya ledamöter till styrelsen för 2021 kommer att ske elektroniskt under hösten. Val av valberedning



och lekmanarevisorer kommer att ske på årsmötet. Vi är medvetna om att detta förfaringsätt inte är helt stadgeenligt, men vår ambition är främst att få till stånd ett fysiskt årsmöte och då har vi valt att göra på detta sätt.

Vi hoppas innerligt att de tråkiga omständigheter vi lever under just nu har gått över till november. Väl mött den 11:e november i Uppsala! ♦

Pär Weihed
Ordförande



Högteknologiskt kritiska grundämnen i gruvavfall

I samband med en ökad användning av högteknologiskt kritiska ämnen i samhället krävs också en större förståelse för dessa ämnens mobilitet i naturen och vilken påverkan de kan ha på miljön. I Yxsjö gruvområde utanför Grängesberg kombinerar forskare från Luleå tekniska universitet mineralogi med geokemi för att förstå det geokemiska beteendet hos flera av dessa ämnen i historiskt gruvavfall. Denna tvärvetenskapliga metodik brukar benämnas *Environmental mineralogy*, miljömineralogi.

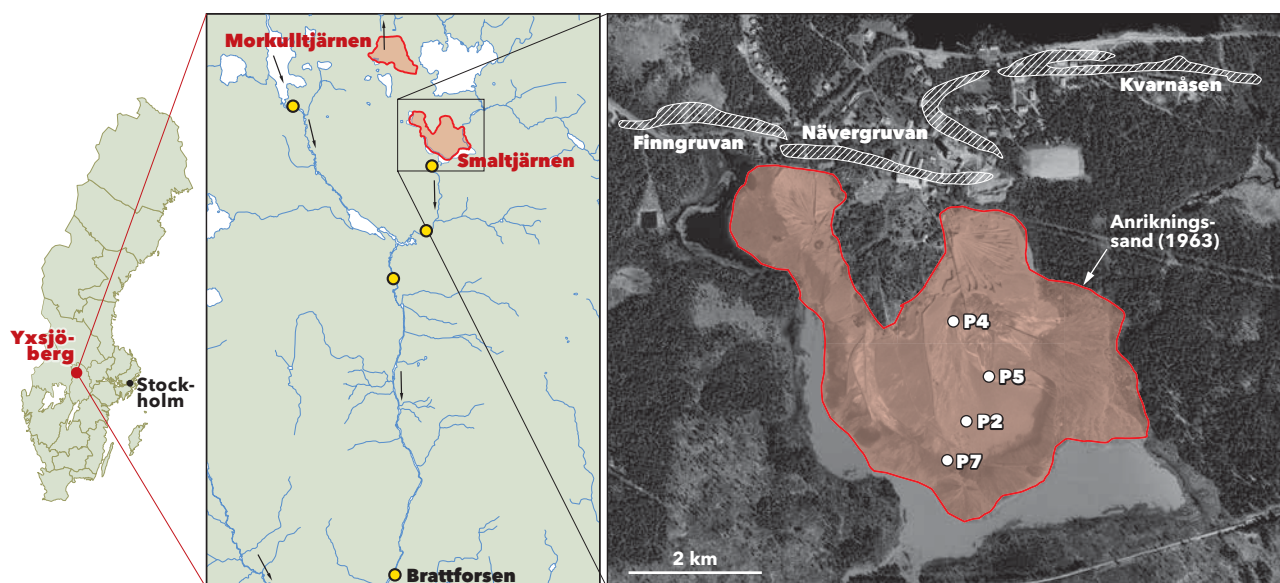
TEXT OCH BILD: LINA HÄLLSTRÖM

I TAKT MED utvecklingen av högteknologiska produkter i modern teknologi har efterfrågan på ett flertal ämnen ökat, bland annat beryllium, fluor och volfram. Beryllium är eftertraktat då det är mycket lätt men ändå sex gånger starkare än stål. Det

används bland annat i rymdmaterial och elektronik.

Volfram är också en viktig komponent både i högteknologiska produkter och inom militära applikationer som t.ex. i ammunition och vapen. I takt med den ökade

användningen har det också kommit alarmerande rapporter om spridning av beryllium och volfram i naturen. I både USA och Ryssland har förhöjda halter av volfram påvisats ha en negativ påverkan på människors hälsa och fiskar.



ORTOFOTO: LANTMÄTERIET.

Motstående sida: Smaltjärnens gruvdamm i Yxsjö gruvområde är delvis täckt av höga träd och låga buskar medan vissa områden är eroderade och öppna.

Ovan: Yxsjö gruvområde med Smaltjärnens gruvdamm var i bruk fram till 1963. I den vänstra kartan är de fem ytvattenprovpunkterna markerade och den högra kartan visar läget för de fyra provtagningspunkterna i anrikningssanden.

Beryllium i form av små dammpartiklar anses vara ett av de farligaste grundämnena som finns eftersom det vid inandning kan leda till sjukdomen beryllios, som kan liknas vid asbestos. Det har inte forskats så mycket om beryllium i naturen så man vet inte om övriga intagsvägar kan uteslutas som ofarliga.

För att kunna förhindra spridning av beryllium och volfram i naturen och minska påverkan på människa och miljö är det viktigt att vi studerar hur dessa ämnen beter sig när de utsätts för vittring.

Gruvbrytning i Yxsjöberg

I gruvavfall från den nu nedlagda Yxsjö gruva finns förhöjda halter av beryllium, fluor och volfram. Detta har gett oss möjlighet att studera dessa ämnens mobilitet i gruvavfallet och om de spridit sig till naturen.

Yxsjö gruva var aktiv i tre perioder mellan 1918 och 1989 och då bröts

volfram, koppar och flusspat från en malmskarn som anses vara Skandinavien största volframfyndighet.

Fyndigheten klassas som en skarnmalm som är relaterad till granitiska intrusioner och bildades för 1789 ± 2 miljoner år sedan. Skarnet utgörs huvudsakligen av amfibol, pyroxen och granat med inslag av scheelit, kopparkis och flusspat som ekonomiskt viktiga mineral.

Skarnet bildades genom metasomatiska processer då metallhaltiga lösningar från de intruderande graniterna reagerade med lager av marmor som förekommer i kiselrika metamorft omvandlade vulkaniska bergarter. Såväl sidoberg som malmkroppar är genomsatta av metamorft påverkade och delvis skarnomvandlade diabasgångar.

Fyndigheten i Yxsjöberg omfattar tre malmkroppar: Kvarnåsen, Nävergruvan och Finngruvan. Dessa innehåller i genomsnitt 0,24–0,32 viktprocent volfram, 0,16 viktprocent koppar och 5–6 viktprocent flusspat.

Yxsjö gruvområde

Den anrikningssand som blev kvar efter brytningen deponerades i två gruvdammar. Anrikningssand från de två första perioderna deponerades i den äldre gruvdammen, Smaltjärnen, och anrikningssand från den sista aktiva perioden deponerades i Morkultjärnen.

I Smaltjärnens gruvdamm finns cirka 2,8 miljoner ton anrikningssand som täcker en yta av 28 hektar. Silikaterna utgör 88 viktprocent av anrikningssanden och den innehåller förhöjda halter av järnsulfider, kalcit och flusspat. Beryllium, koppar, tenn, vismut, zink och volfram är anrikade i sanden.

Trots att gruvdammen slutade användas redan 1963 tog det fram till 1993 innan gruvavfallet täcktes med ett lager av rötslam. Huvudsyftet var då att minska spridningen av damm till närliggande bostadshus. Smaltjärnen saknar dammvallar som kontrollerar anrikningssanden och i foten av deponin finns en naturlig sjö som mynnar ut i Nittälven. Vattnet kring Yxsjö gruvområde används både som badplats och av sportfiskare.

Varierande växtlighet och sur miljö

I dagsläget varierar växtligheten på deponin mycket. Vissa delar är helt täckta av träd eller lägre buskar medan slamtäckningen har eroderat bort i mittenpartiet av deponin och skapat öppna områden.

Genom att provta intakta sandkärnor genom Smaltjärnens gruvdamm har vi kunnat visa att det övre skiktet av anrikningssanden har oxiderat och vittrat. Där är pH lågt, sulfiderna oxiderade och karbonaterna har vittrat bort till följd av neutralisering av den syra som sulfidoxidationen frigjort.

Den sura miljön har också gjort att ett flertal andra silikater och flusspat delvis vittrat. Detta har lett till att det vatten som lakar ut från Smaltjärnen innehåller höga halter av löst kalcium, fluor och svavel (i form av sulfat). Stora delar av det järn som frigjorts från sulfiderna har fastlagts i sekundära järnoxidhydroxider i anrikningssanden.

Provtagning och analys

Under 2018 provtogs både grundvatten och ytvatten varje månad. Vattenproverna filterades i fält för att skilja på partiklar och lösta ämnen, och de båda analyserades med ett screeningpaket av ALS Scandinavia i Luleå. Dessutom mättes pH, elektrisk konduktivitet, Fe^{2+} , Fe^{3+} och syremättnad i vattenproverna.

En intressant observation som gjordes var att karbonaterna i anrikningssanden delvis har neutraliserat lakvattnet så att vattnet i och nedströms gruvområdet generellt ligger nära pH 6. Neutralt lakvatten är nästan inte alls studerat världen över då forskning kring gruvavfall främst har fokuserat på surt lakvatten.

Beryllium och fluor

Analyserna av det neutrala lakvattnet visar att det innehåller mycket förhöjda halter av både beryllium och fluor. Grundvattnet i anrikningssanden innehåller bland de högsta

berylliumhalter som någonsin uppmätts globalt sett, och halterna i ytvattnet nedströms gruvdammen är också mycket förhöjda.

Den stora urlakningen från anrikningssanden beror på att beryllium finns i det instabila mineralet helvit, närmare bestämt i ändledet danalit $[\text{Be}_3(\text{Fe}_{4,4}\text{Mn}_{0,95}\text{Zn}_{0,4})(\text{SiO}_4)_{3,2}\text{S}_{1,4}]$. Danalit innehåller reducerat järn och svavel och oxiderar därför i kontakt med syre vilket frigör beryllium, mangan och zink till lakvattnet.

Tidigare forskning kring beryllium i vattendrag har varit begränsad eftersom koncentrationerna ofta är låga där. Detta beror både på den låga användningen i samhället men också på att beryllium vanligen sitter bundet i stabila silikatmineral i berggrunden. Om beryllium väl lakar ur till vattendrag faller de vanligen ut som berylliumhydroxider i sedimenten.

Men i lakvattnet från Smaltjärnen har starka komplex bildats mellan beryllium och fluor vilket har gjort att höga koncentrationer transporterats flera kilometer nedströms gruvområdet. Detta är alarmerande eftersom de förhöjda halterna av både beryllium och fluor kan ha en negativ påverkan på organismer.

Volfram

Volfram har tidigare setts som ett ämne som inte rör sig nämnvärt i naturen. Man har därför använt vol-

fram för att ersätta andra metaller, t.ex. bly i ammunition.

I anrikningssanden i Yxsjöberg har vi emellertid visat att volfram frigjorts från scheelit (CaWO_4) som en kedjereaktion på sulfidoxidation då karbonater från den buffrande kalciten har ersatts av volframat på ytorna av scheelit. En stor del av det volfram som frigjorts har sedan fastlagts sekundärt med järnet i anrikningssanden som järnoxidhydroxider.

En liten del av volframet har lakat ut, och nedströms Smaltjärnen förekommer något förhöjda halter av volfram både i grundvattnet och i ytvattnet. Ungefär 50 procent av den volfram som kommer ut transporteras som partiklar i vattnet tillsammans med järn och sedimenterar efter cirka 1 km.

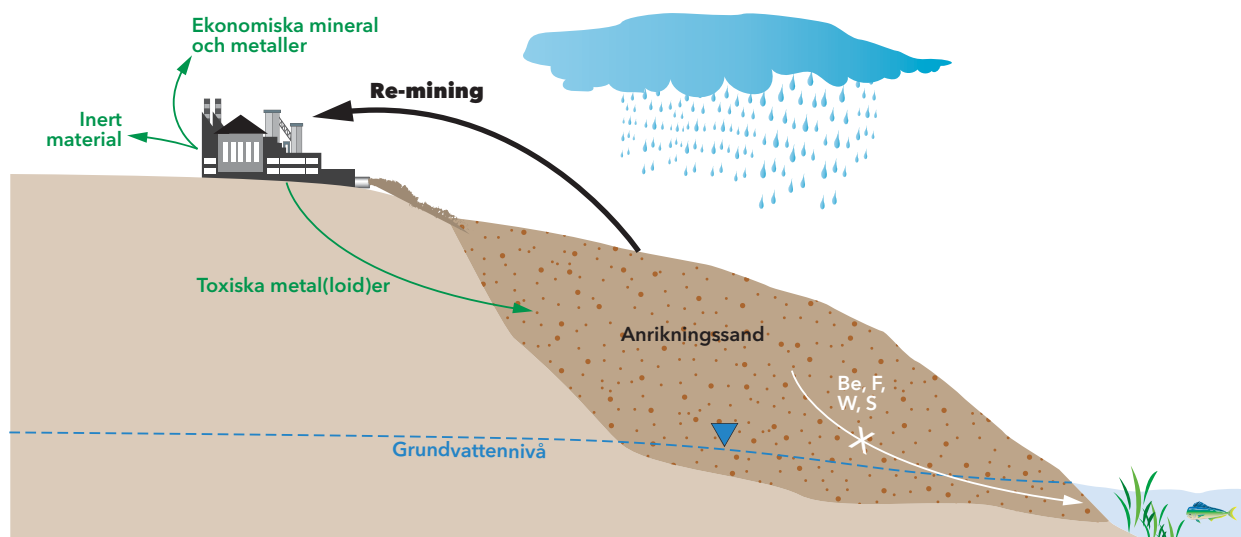
Från den nyare deponin, Morakultjärnen, lakar betydligt högre halter av volfram ut, trots att den deponin är sluttäckt och till största delen vattenmättad.

Det lösta volframet har transporterats flera kilometer från gruvområdet i koncentrationer som kan ha en negativ påverkan på ekosystem. Ytterligare forskning krävs i denna deponi för att förstå varför volfram är så mobilt just där.

Isotoper

För att fördjupa förståelsen av de geo-kemiska processer som skett i anrik-





Ovan: Re-mining kan vara en alternativ saneringsmetod för anrikningssanden i Yxsjö gruvområde, vilket skulle ta bort källan till föroreningarna (Be, F, W och S) och därmed ge både en ekonomisk och miljömässig vinst.

Till höger: Scheelit (vänstra bilden) och danalit (högra bilden) från malmkroppen i Yxsjö gruvområde.

Motstående sida: Fyra intakta sandkärnor genom Smaltjärnens gruvdamm provtogs med hjälp av Envix Nord AB.



ningssanden samt i grundvatten och ytvattnet nedströms gruvområdet har vi använt strontium- och svavelisotoper. De olika isotopsignalerna har kunnat visa vilka silikatmineral som dominerar vid olika djup i anrikningssanden, på vilket sätt grundvatten och ytvatten blandats nedströms gruvområdet och hur sekundära mineral som gips bildats och senare också lösts upp.

Re-mining som alternativ saneringsmetod

Resultat från forskningsprojektet visar att vattenkvaliteten i ytvattnet nedströms Yxsjö gruvområde är klart påverkat av den geokemiska miljön som har bildats i anrikningssanden då den exponerats för syre. Hittills har bara en liten del av anrikningssanden i Smaltjärnen vittrat och urlakningen kommer att fortsätta i ytterligare hundratals år om ingen åtgärd vidtas.

Resultaten från Morkultjärnen visar dock att det inte är ett optimalt alternativ att täcka och vattenmätta anrikningssanden eftersom höga halter av volfram lakar ut från den deponin.

En alternativ saneringsmetod skulle kunna vara re-mining, eller återbrytning. Detta innebär att anrikningssanden grävs upp och bearbetas ytterligare en gång i ett modifierat anrikningsverk. Detta skulle ge möjlighet att ta vara på de mineral och metaller som har ett ekonomiskt värde. Man skulle också kunna separera ut icke-problematiske mineral som kan användas till t.ex. konstruktionsmaterial. Dessutom skulle man kunna separera ut de metaller och mineral som har en negativ miljöpåverkan och slutförvara dem på ett säkert sätt.

Re-mining skulle också kunna leda till en större social acceptans

SAMARBETE

Forskargruppen består av Lina Hällström, Musah Salifu, Lena Alakangas, Olof Martinsson och Thomas Aiglsperger.

gentemot gruvindustrin då åtgärden visar att samhället faktiskt tar hand om gamla förorenade områden. En kompletterande doktorandstudie på Luleå tekniska universitet studerar nya metoder för mineralprocessering och metallurgi på anrikningssanden i Yxsjöberg som ett ytterligare steg för att utvärdera re-mining som saneringsalternativ. ♦



Lina Hällström är doktorand i tillämpad geokemi vid Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser på LTU.

✉ lina.hallstrom@ltu.se



Axel Theolin



Bengt Grahn

Blockletare

I nummer 103 av Geologiskt forum kunde vi läsa om malmprospekteringens historia. Det väckte minnen till liv från min tid vid Sveriges geologiska undersökningens malmbyrå och en alltför lite uppmärksammas yrkesgrupp, nämligen blockletarna.

TEXT: JAN LUNDQVIST

DET VAR MÄNNISKOR från bygden som anställdes av Sveriges geologiska undersökning (SGU), och även t.ex. Boliden, i regel säsongsvis. Människor utan högre utbildning än den dåtida folkskolan men med intresse för och god kunskap om naturen, parat med en skarp blick för vad som där fanns – i detta fall moränblock av mineraliserade bergarter.

Blockletarna gick systematiskt igenom landskapet och plockade fram sådana block, vilkas klyftort man sedan försökte finna med kännedom om kvartärgeologin, främst inlands-

isens rörelseriktningar. De arbetade hängivet under delvis svåra yttre förhållanden och utan att alltför mycket bry sig om tider, kompladigt och andra formaliteter. Detta löstes ändå, informellt.

Under mina år vid SGU:s malmletning arbetade jag tillsammans med flera duktiga blockletare vilka kan tjäna som exempel på denna speciella yrkesgrupp.

Den första jag gjorde bekantskap med var **AXEL THEOLIN** från Stornäs i Vilhelmina socken. Han började som fältassistent med bl.a. block-

letning som arbetsuppgift, blev senare fast anställd vid SGU och avancerade så småningom till byrådirektör. 1949 arbetade vi tillsammans, med Vittangi som huvudkvarter.

Vi var inte bara arbetskamrater utan Axel betydde mycket för mig då han introducerade mig i grunderna för fältarbete i Lappland under tuffa yttre omständigheter. Axel arbetade senare vid SGU bl.a. med att få ordning på det omfattande materialet rörande malmuppslag, inmutningar och brytningstillstånd. Vi blev också goda vänner och fortsatte att

**Otto Westerberg**

umgås privat även sedan jag lämnat malmletningen.

Då jag vid dåvarande Stockholms Högskola gjorde examensarbete i Härjedalen lärde jag känna **OTTO OCH GOTTFRID WESTERBERG**. De var nära släkt och härstammade från gårdar utanför Murjek. De blev anställda som tekniker vid SGU, senare byråingenjörer. De båda ställde villigt upp (bekostade av SGU) för mitt arbete med att leta block av den för dem tidigare okända bergarten tinguait. Åtskilliga fynd gjorde att dennas utbredningsområde kunde utvidgas längre mot öster än vad som tidigare varit känt.

Otto hade, enligt sin chef Olle Ödman, "en medfödd instinkt och ett levande intresse för malmletning". Det var han som fann det första blocket av en manganförande bergart vid Murjek och på egen hand startade ett blockletningsprojekt för att finna klyftorten. Detta växte senare till ett SGU-projekt som ledde till att

ursprunget kunde lokaliseras till fjällplatån Ultevis, ca 15 mil nordväst om Murjek. Någon gruva blev det dock inte – manganhalten i det fasta berget var för låg.

Gottfrid och jag samarbetade i flera år vid berggrundskarteringen och malmprospekteringen i nordligaste Lappland. Förhållandena var kärva – tältliv ibland flera veckor i sträck med mycket regn och ibland även snö. Gottfrid var ett stöd under de tuffa förhållandena. När det var som värst kunde han muntra upp oss med att säga "nu tycker jag att vi svischar till en maschan" och så piffade han upp vår enkla måltid av stekt fläsk och Vato potatismos med en dessert av marsankräms.

En annan tekniker och blockletare som man inte glömmer så lätt var den urstarke **BENGT GRAHN** från Vindelgransle. Första gången jag såg honom var långt ute i skogen söder om Kiruna. Bengt haltade svårt efter-

som han skadat ett ben då han i famnen fångade upp ett 200-kilos oljefat som ramlade ner från ett lastbilsflak. En vanlig människa skulle säkert ha flytt åt sidan men inte Bengt Grahn! Inte heller lät han skadan hindra sig från att fältarbete som vanligt.


Det berättas också att Bengt en gång träffade på ett gäng jobbare som förgäves försökte spetta undan ett stort block som låg illa till. Bengt föste undan jobbarna, slog armarna om blocket och vräkte undan det.

Dessa gamla vänner får representera en yrkeskår och en anda som, trots att förhållandena sedan dess förändrats, behövs för det grundläggande geologiska arbetet i fält. ♦



Jan Lundqvist, professor vid Stockholms universitet 1980–1993.

✉ jan.lundqvist@geo.su.se



Kyrkåskvart-
sit från typom-
rådet vid Rannåsen i
närheten av Östersund.
Ett exempel på en lito-
stratigrafisk enhet som
ännu inte är formali-
serad (maj 2020).

FOTO: LINDA WICKSTRÖM.

Geologisk namngivning i Sverige

Terminologi, nomenklatur och namngivning har under perioder diskuterats intensivt bland svenska geovetare och behovet av en nationell samordning kring geologiska namn i Sverige har varit stort. Därför är det ett stort steg framåt att Svenska geologiska namnkommittén nu äntligen har bildats.

TEXT: SVENSKA GEOLOGISKA NAMNKOMMITTÉN GENOM LINDA WICKSTRÖM

EFTER NÅGRA ÅR av diskussioner, tillsattes 2019 Svenska geologiska namnkommittén under Svenska nationalkommittén för geologi. Kommitténs främsta uppdrag är att granska och godkänna eller avslå inkomna förslag till namn för geologiska enheter och andra geologiska företeelser i Sverige.

Kommittén har inte i uppdrag att ta ställning till terminologi. Namnet på en geologisk företeelse är inte heller detsamma som det geografiska namnet på till exempel ett berg eller ett vattendrag. Den sortens namn hanteras av andra myndigheter.

De geologiska namn som hantearas av Namnkommittén kan vara helt nya namnförslag eller förslag till formalisering av ett befintligt namn. Alla befintliga namn är betraktade som informella till dess att ett förslag till formalisering har godkänts av Namnkommittén.

Namnkommittén ska också bistå Nationalkommittén för geologi i kommunikation angående nomenklatoriska frågor med liknande internationella organisationer, inklusive internationella stratigrafiska kommittén (International Commission on Stratigraphy).

Den svenska kommittén är organisatoriskt placerad under Svenska nationalkommittén för geologi, som i sin tur rapporterar till Klass V av Kungliga Vetenskapsakademien (KVA), men kommitténs arbete administreras vid Sveriges geologiska undersökning (SGU). SGU stödjer även arbetet genom att vara ansvarig för den nationella databas som bland annat ska innehålla information om svenska geologiska namn.

Databasen ingår i SGU:s arbete med att efterleva språklagen från 2009, i vilken framgår att myndigheter har ett särskilt ansvar för att det

finns svensk terminologi inom sina respektive fackområden.

Kommitténs medlemmar utses av Svenska nationalkommittén för geologi genom nomineringar från svenska geologiska institutioner och geoindustrin. Medlemmarna väljs för en period av två år. Förutom att representera olika geologiska institutioner i Sverige är medlemmarnas bakgrund inom olika geovetenskapliga inriktningar en nödvändighet för att kunna hantera de namnförslag som skickas in.

Den nuvarande kommittén består av följande medlemmar: ordförande Linda Wickström (SGU), Ulf B. Andersson (LKAB, Naturhistoriska riksmuseet), Stefan Bergman (SGU), Mikael Calner (Lunds universitet), Nils Jansson (Luleå tekniska universitet), Mark Johnson (Göteborgs universitet), Risto Kumppainen (Stockholms universitet),

Hur går det till?

Vem kan skicka in ett nytt namnförslag eller formalisera ett befintligt namn?

Vem som helst kan skicka in ett förslag till kommittén. De som kommittén i första hand förväntar sig ska skicka in förslag är geologer som har kunskap om den aktuella enheten eller strukturen.

Jag vill skicka in ett nytt namnförslag eller formalisera ett befintligt namn. Hur gör jag?

På SGU:s webbplats (följ qr-koden) finns information om kommittén. Dessutom finns en blankett i form av en nedladdningsbar pdf som man fyller i och sedan mejlar till kommittén.



Riktlinjer för godkännande publicerades i GFF år 2016 (Kumpulainen 2016) och denna publikation är den svenska guiden för namnsättning av geologiska enheter och strukturer. Arbetet med guiden initierades av KVA och ligger till grund för kommitténs arbete. Den ställer krav på vilken information som måste finnas för att ett namn ska kunna bli godkänt eller formaliserat (gäller äldre befintliga namn). Guiden är därför till stor hjälp för att kunna samla den nödvändiga information som krävs för att få ett förslag godkänt. På kommitténs webbplats finns en länk till publikationen.

Jag har skickat in ett nytt namnförslag. Hur blir det godkänt?

När du har skickat in ditt förslag tar kommitténs arbete vid. Minst två av kommitténs medlemmar gör en bedömning av det inkomna förslaget och ett beslut om godkännande eller avslag tas sedan av kommittén.

Kommittén följer guidens riktlinjer vid sin bedömning av varje enskilt förslag. Om förslaget uppfyller de krav som finns kan det godkännas av kommittén. Om det inkomna förslaget saknar nödvändig information ber kommittén förslagsställaren att komplettera och förslaget tas upp för behandling igen.

När ett förslag har godkänts ska det föras in i SGU:s databas. För närvarande finns det en lista på kommitténs webbplats med aktuell status för olika namn. Godkända namn är de namn som kommittén hittills har fått in för bedömning och godkänt. Andra befintliga namn betraktas av kommittén som informella och ska därför

behandlas så fram till dess att förslag om formalisering har godkänts av kommittén.

Varför är det viktigt med en formell geologisk nomenklatur?

Ända från Carl von Linné (1707–1778) har vi försökt systematisera vetenskap. Detta är viktigt inte minst för att man ska kunna kommunicera med andra om vetenskapen. På samma sätt som växter har unika namn behöver också geologiska företeelser ha unika beteckningar.

Därför behöver man namnsätta och beskriva t.ex. bergartsenheter av diverse slag för att förenkla kommunikationen mellan geologer och mellan geologer och samhället. Med tiden kan ett gammalt namn ha ändrat innebörd, eller den geologiska enheten eller fenomenet kan ha bytt namn i takt med att vetenskapen gått framåt. Om dessa namnbyten och förändringar i innebörd inte dokumenteras kan det lätt leda till stora missuppfattningar.

Är Singöförkastningen samma sak som Singöskjuzonen? Är Jörnkomplexet samma sak som Jörnsviten? Får man byta namn på ett fenomen utan att ge en förklaring? När Stockholms slott byggdes på 1700-talet hämtades färdighuggna block av Rådmansösandsten från Roslagen. Samma bergart kallas nu Roslagssandsten, men är kanske egentligen detsamma som Mälarsandsten eller Gävlesandsten. Oklarheter av detta slag kräver åtgärder!

Läs mer

Kumpulainen, R.A. (red.) 2016. Guide for geological nomenclature in Sweden. GFF 139: 3–20, DOI: 10.1080/11035897.2016.1178666.



Kommitténs medlemmar från vänster: Stephen McLoughlin, Mats Olvmo, Mark Johnson, Nils Jansson, Linda Wickström (ordf.), Risto Kumpulainen, Stefan Bergman, Mikael Calner och Ulf B. Andersson.

Stephen McLoughlin (Naturhistoriska riksmuseet) och Mats Olvmo (Göteborgs universitet).

Det är inte bara litostratigrafiska enheter som Alunskifferformationen som har ett geologiskt namn. Även litodem och geologiska strukturer (till exempel deformationszoner och veck) kan ha ett geologiskt namn. Kommit-

tén har hittills (maj 2020) godkänt nio nya namn och de första namnen som godkändes var Sadenäiveskollan, Danabergenskollan och Slussförsökollan. Förslagen hade skickats in av trion Reinhard Greiling, Benno Kathol, och Risto Kumpulainen. I de fall en kommittémedlem står bakom ett inskickat förslag anses den vara jävlig

vid kommitténs beredning och beslut, och personen deltar då inte i behandlingen av det inskickade förslaget.

Har du frågor till kommittén? Mejla oss på geologiska_namn@sgu.se ♦

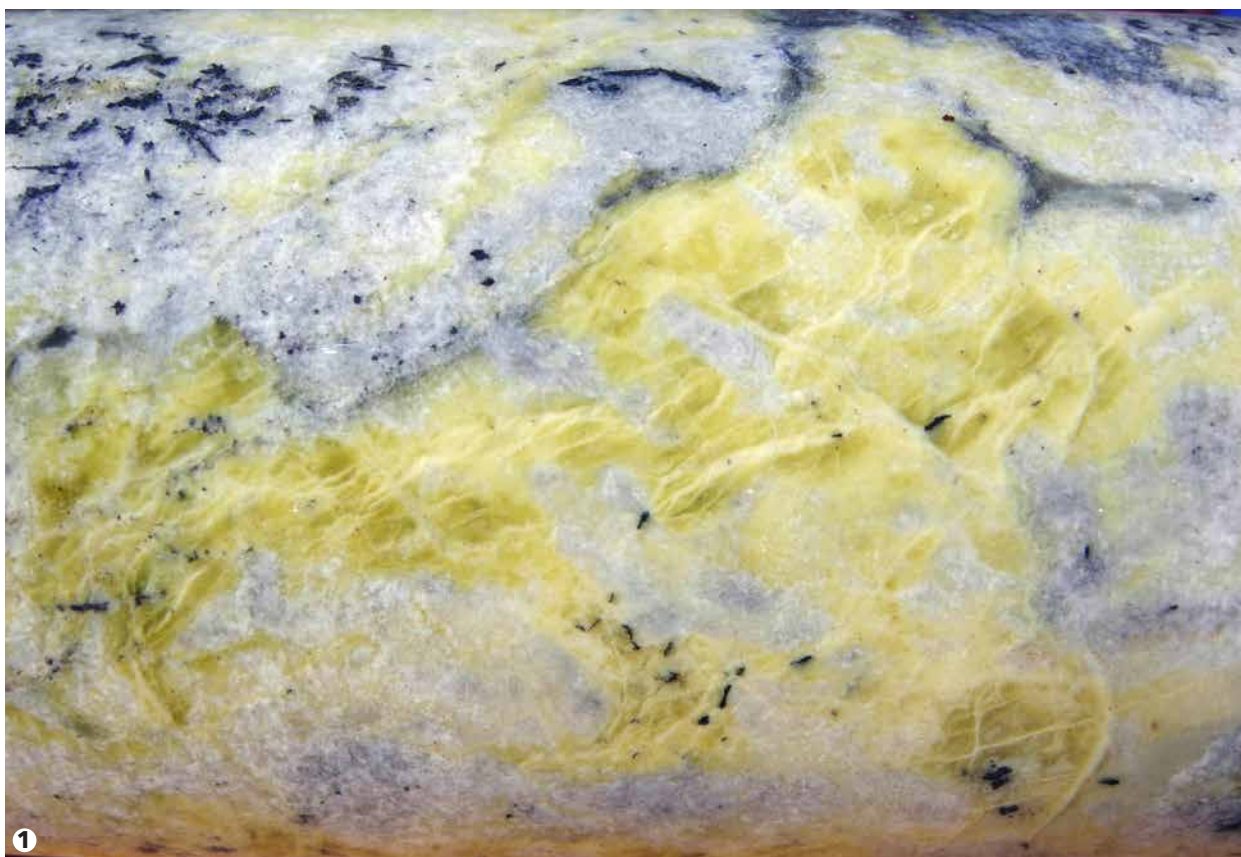


FOTO: PER NYSTEN.

Exotiska bormineral från Salaområdet – ledtrådar till evaporitmiljöer

Mineral som innehåller bor är inte ovanliga i Sverige och vanligast är turmalin. Men i Salaområdet finns några mer ovanliga mineral som kan ge ledtrådar om hur bergarterna här har bildats.

TEXT: PER NYSTEN OCH ANDREAS KARLSSON

BORRIKA MINERAL är relativt vanliga i svensk berggrund. Huvudsakligen finner vi dessa som turmalin men det finns även silikatfria borater, framför allt i Bergslagen, till exempel inom Filipstads bergslag (Långban, Nordmark, Jakobsberg) och från Norberg, Roslagen och Salatrakten.

Mangandominanta borater (t.ex. pinakiolit) är lokalt vanliga i Långban. Från Nordmarks Odalfält och Jakobsberg nära Nordmark finner vi både manganrika (blatterit, fredriks-

sonit) och magnesiumrika led (ludwigit, fluoborit).

Inom Norbergs bergslag förekommer ludwigit och szaibelyit i Tallgruvan och i norra Uppland hittas ludwigit i Mariagruvan nära Stabby. Vid Sala silvergruva har prospekteringsverksamhet bedrivits av det australiensiska företaget Tumi Resources under åren 2006–2008 påvisat boratnålar (troligen ludwigit) bland annat i borrhärlor från Glasgruvan (bild 1).

Här vill vi beskriva ytterligare fynd av bormineral från Bronäs-

gruvan vid Sala, Tullsta sydväst om Sala och Jugansbo vid Saladamm. Mineralproverna har analyserats av Andreas Karlsson, Naturhistoriska riksmuseet med hjälp av elektronmikroskopi.

Boratmineralisering vid Tullsta

Vid Tullsta, strax sydväst om Sala, finns lokala, delvis mycket stora marmorblock koncentrerade på ett hygge vid koordinaten N 6 639 520, E 584 880. Flera av de stora blocken visar en silikatslaggig, delvis bandad,



Bild 1: Boratnålar (troligen ludwigit) i serpentinfläckig dolomit. Glasgruvan, Sala. Boratet är tydligast i den övre vänstra bilddelen. Bildbredd ca 7 cm.

Bild 2: Silikatslaggig deformerad marmor från blocksvans, hygge. Tullsta.

Bild 3: Ludwigitnålar i homogen svagt serpentin- och sulfidförande marmor. Tullsta.

Till höger: Den geologiska kartan visar de besökta punkterna och den är förenklad från SGU:s bergsgeologiska databas i skala 1:50 000.

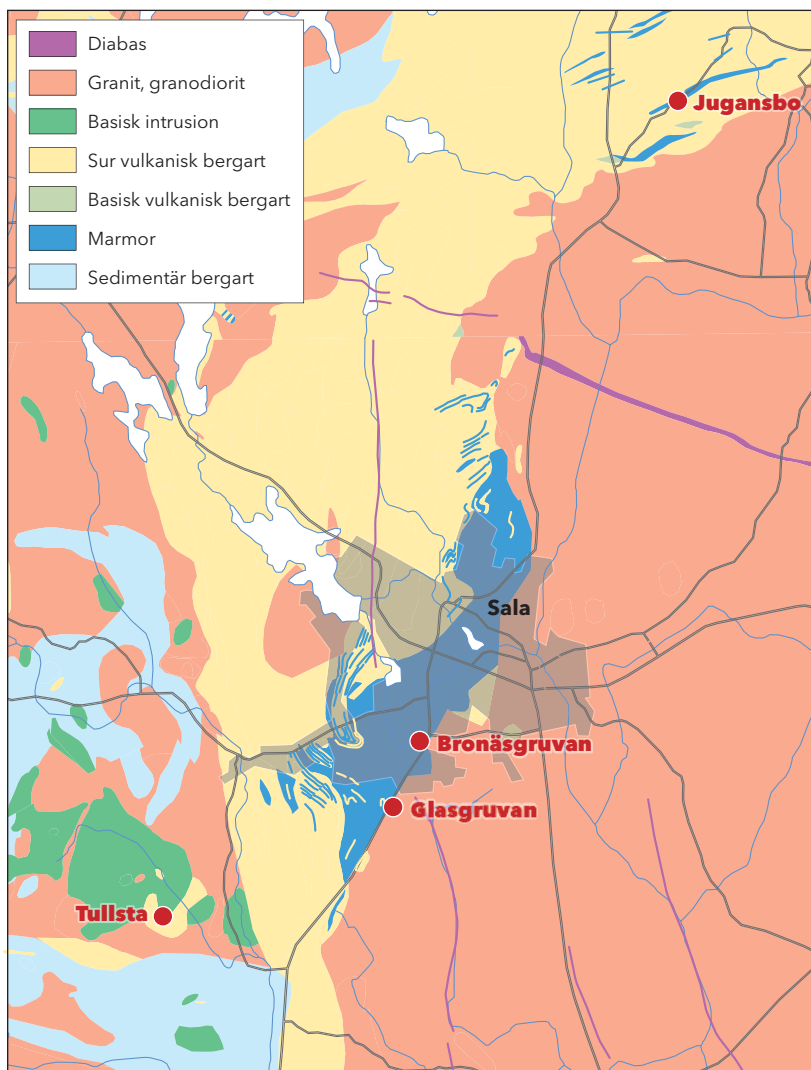
lokalt ljusgrön amfibol- och serpentinskarnig marmor (bild 2).

Enligt den publicerade bergsgeologiska kartan finns ingen karbonatsten i närheten av dessa block. Områdets geologi består av metamorf granit, en subvulkanisk ryolitisk intrusivbergart och en mafisk intrusiv bergart.

I några av blocken på hygget har vi nyligen (februari–mars 2020) funnit boratnålar. De förekommer i silikatfattiga karbonatblock som tunna, svarta och till synes friska boratnålar som är maximalt 10 mm långa (bild 3). Nålar är koncentrerade till stråk i den ljusgrå marmorn.

Kemisk analys av nålarna med elektronmikroskopi visar att detta är mineralet ludwigit ($\text{Mg}_2\text{Fe}^{3+}\text{BO}_3$). En liten del av magnesium har ersatts av tvåvärt järn (vonsenitkomponent $\text{Fe}^{2+}_2\text{Fe}^{3+}\text{BO}_3$). Analysen visar dessutom att boratet åtföljs av dolomit, kalcit och magnetit.

Mikroskopi av polerprov avslöjar också att silverhaltig blyglans och zinkblände finns sparsamt tillsammans med boratet, och att magnetit finns spridd i bergarten. Blyglan-



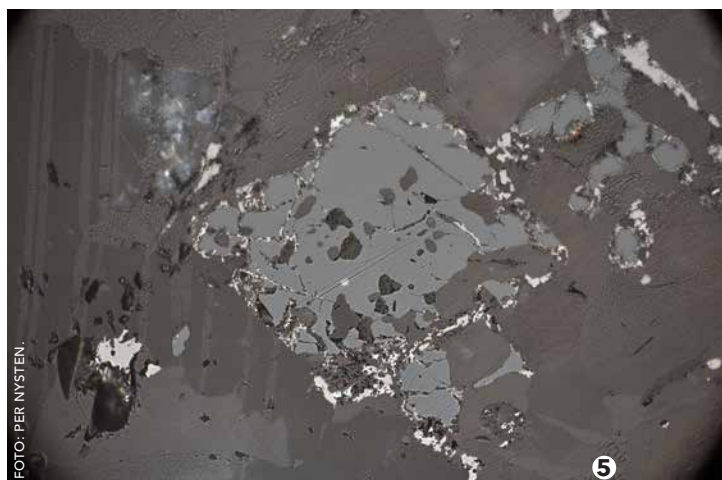
sen innesluter små (5–25 μm) ljusa korn av silvermineral, både som gediget silver och troligen som silver-antimonmineral (allargentum eller dyskrasit och miargyrit eller pyrargyrit).

Boratmineraliserade block hittades även 2008 i en diffust serpentinädrad och stänglig marmor där de borkare partierna innehåller 1–5 mm långa ludwigitnålar orienterade i bergartens stänglighetsriktning.



4

FOTO: PER NYSTEN.



5

FOTO: PER NYSTEN.

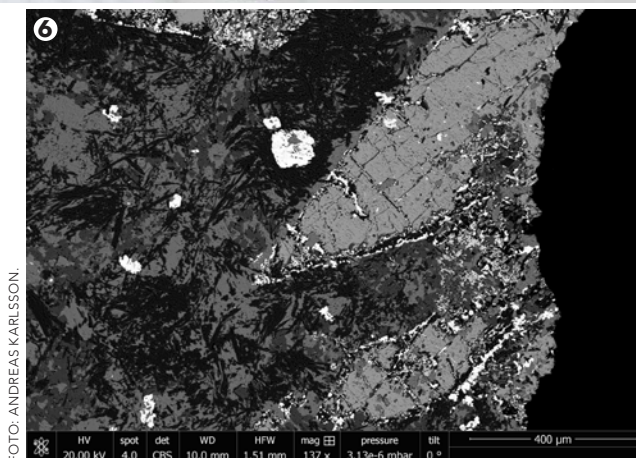


FOTO: ANDREAS KARLSSON.

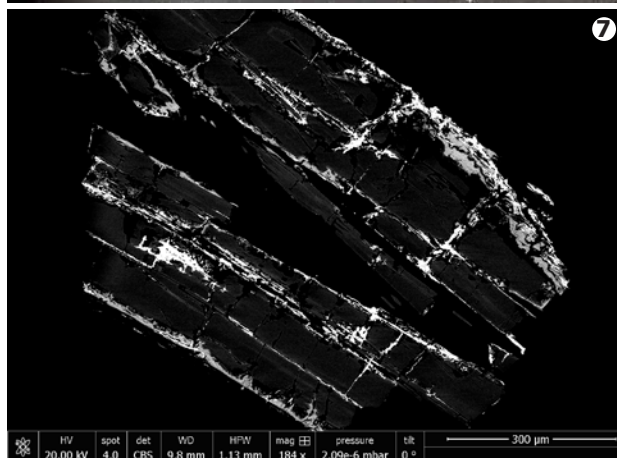


FOTO: ANDREAS KARLSSON.

Boratmineralisering vid Jugansbo

Stråket av felsisk metavulkanit med inlagrade marmorhorisonter vid Sala kan följas norrut i riktning mot Saladamm där stråket böjer av mot öster vid Jugansbo.

Strax norr om den idag utbrutna karbonatstenshorisonten vid Armanbo ligger Lovisebergsgruvorna som bland annat innehåller en kopparkisförande kvartsgång vid Peters skärpning, Serpentinegruvorna och de sulfidfria Delboskärpningarna. Det är den sistnämnda lilla fyndigheten som ligger inom Delbogruvans utmål som är av intresse här.

Vid Delboskärpningen 1 (koordinat N 6 652 558, E 592 701), har vi nyligen (februari 2020) noterat vackra magnesiumskarn, marmor och magnetit. Skarnet består av gul kompakt serpentin och i mindre mängd grågrön amfibol. Sidostenen är en finkornig, kristallin, ljus grågrön marmor med inlagrade sliror av vit kalcit.

BORATMINERAL SOM NÄMNS

Turmalin $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Li}, \text{Al}, \text{Mn})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH}, \text{F})_4$

Pinakiolit $(\text{Mg}, \text{Mn}^{2+})_2(\text{Mn}^{3+}, \text{Sb}^{5+})\text{BO}_5$

Blatterit $(\text{Mn}^{2+}, \text{Mg})_{35}(\text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+})_9\text{Sb}^{5+}_3(\text{BO}_3)_{16}\text{O}_{32}$

Fredrikssonit $\text{Mg}_2(\text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+})(\text{BO}_3)_2\text{O}_2$

Ludwigit $(\text{Mg}_2\text{Fe}^{3+}\text{BO}_5)$

Fluoborit $\text{Mg}_3(\text{BO}_3)(\text{F}, \text{OH})_3$

Szaibelyit $\text{MgBO}_2(\text{OH})$

I en liten varphög närmast vägen finns magnetitrika block vilket tyder på att man sökt järnmalm här. Marmorn är grovt bandad med rika boratförande horisonter som är upp till några centimeter mäktiga. Dessa omges av partier med svarta boratnålar och boratfläckar, där nålarna växt regellöst och verkar helt odeformerade (figur 4). Grågul till svagt

Bild 4: Grovt boratförande serpentinhaltig marmor. Jugansbo, norr om Sala.

Bild 5: Mikrofotografi, polariserat reflekterat ljus som visar ett tvärsnitt av en boratkristall associerad med magnetit. Bildbredd 0,550 mm. Jugansbo, norr om Sala.

Bild 6: Fotografi från elektronmikroskop som visar ett längdsnitt och en komplex omvandling av boratet. Jugansbo.

Bild 7: Fotografi från elektronmikroskop som visar ludwigit med en komplex omvandling till hematit (vitt) och pyrit (ljusgrått). Omvandlingen har skett längs med spaltplan och längs med kanten av boratet. Bronäs.

grön serpentin förekommer även i grundmassan och materialet är svagt magnetiskt.

De enskilda boratkristallerna är upp till 20 mm långa och några millimeter tjocka. Glans och lyster är matt till glasaktig med delvis speglade ytor och friska partier av mineralet är tydligt fibröst. Inga spår av sulfider kan ses i detta material.

GRUNDÄMNET BOR

Bor bundet i mineralet borax har varit känt i åtminstone 2000 år. I början av 1700-talet gjordes de första kemiska experimenten och Willem Homberg fann då att när borax upphetas frigörs borsyra. Borsyran kom senare att användas flitigt inom medicinen bland annat som ett svagt antiseptiskt medel för att behandla ögon.

På 1770-talet gjordes ytterligare undersökningar av Gustaf von Engeström, dåvarande föreståndaren för Laboratorium Chymicum i Stockholm. Han undersökte borax från "Fjärran Östern" som förts till Sverige av Ostindiska kompaniet. Senare intresserade sig även Torbern Bergman i Uppsala för borsyran, och Lavoisier insåg att borsyrans oxid innehöll ett nytt grundämne. Själva upptäckten av detta gjordes år 1808, dels av Gay-Lussac och Thenard i Paris, dels av Davy i London.

Idag används borsyra och borax som flamskyddsmedel, t.ex. i papper. I förening med kol (B_4C borkarbid) eller med kväve BN (kubisk bornitrid) erhålls legeringar som är nästan lika hårda som diamant. En förening mellan järn, bor och neodym har dessutom magnetiska egenskaper av intresse. Bor är ett viktigt spårämne i bl.a. sockerbeter.

Grundämnet bor, nummer 5 i periodiska systemet, förekommer dels i borater, dels i borosilikater. Boraterna är viktiga beståndsdelar i sedimentära bergarter bildade i marina miljöer (evaporiter). Både borater (ludwigit) och borosilikater (datolit, axinit) förekommer också i vissa typer av kontaktmetamorfa skarn. Borosilikater utgörs främst av turmalin som är vanlig i granitiska pegmatiter (t.ex. Utö i Stockholms skärgård) men även i mer exotiska alkalina pegmatiter (hambergit från Langesund, Norge).

Mikroskopi av polerprov från Jugansbo visar långsträckta boratkristaller med rombiskt tvärsnitt (bild 5). Mineralet är lokalt kraftigt omvandlat till magnetit och i viss mån hematit (bild 6). Det finns partier där enbart skelettartade rudiment av borat återstår. Friska delar av boratet visar god polityr och det är tydligt hårdare än omgivande karbonat och serpentin. Optiska egenskaper så som bireflekation och anisotropi (blågrå till bruna toner) samt reflektans stämmer bra för ludwigit. Vi har ingen kemisk analys men mikroskopi kombinerat med elektronmikroskopi visar

flera stadier av komplex omvandling av ludwigiten.

Borat från Bronäsgruvan

Bronäs är den del av Sala silvergruva som brutits in i modern tid (mitten på 1900-talet). Det finns bara rudimentära delar av varpmaterial att studera här men i den dolomitiska marmorn kan man finna borat med ludwigitt sammansättning. Våra kemiska analyser visar att det rör sig om det magnesiumrika ändledet (figur 7).

Ludwigiten förekommer med kalcit, hematit och pyrit. Bronäsgruvan innehåller dessutom rikligt med grovkristallin vit baryt tillsammans med silver- och antimonrik blyglans samt zinkblände, och dessutom tremolitiskt skarn. Varpmaterialen innehåller även block bestående av en grå, porfyrisk subvulkanit.

Spekulationer om bildningsförhållanden

Höga koncentrationer av elementen bor och magnesium finner man ursprungligen i marina evaporiter. Den tydliga rytmiskt mineraliserade bandningen, observerad framför allt från Jugansbo, visar på en ursprungligen sedimentär avsättningsmiljö med lokalt höga koncentrationer av magnesium, kalcium, bor och en mindre mängd järn.

Boratnålarna är inte tektoniskt avbrutna eller veckade även om en lokaliserad mikrobreciering har observerats. Denna delikata textur visar att boratmineralet huvudsakligen verkar ha överlevt den senaste, ca 1,8 miljarder år gamla deformationen i bergarten.

Boratnålarna från Tullsta och Bronäs är knutna till sulfidförande skarn- och serpentinhaltig marmor. De boratförande blocken är dels homogena och omkristalliserade, dels tydligt deformerade och stängliga. Även dessa boratnålar verkar ha överlevt deformationen, alternativt vuxit samtidigt med denna.

Enligt litteratur hittas de ovan beskrivna boratmineralen i borrika kontaktmetamorfa skarn (t.ex. i Ocna de Fier i Rumänien och Kamaishi i Japan) och magnesiumrika järn-skarn. Dana (1951) nämner dessutom att ludwigit är ett högttemperaturmineral,

associerat med magnetit, diopsid, forsterit och saibelyit.

Vid Jugansbo och i Salatrakten har malmbildningen skett hydrotermalt i en vulkaniskt sedimentär miljö för omkring 1900 miljoner år sedan. Lokalt borrika sediment har vid förhöjt tryck och temperatur (prograd metamorfos) producerat borat-mineral och kalcium-magnesium-silikat (diopsid etc). Dessa har senare omvandlats till serpentin och delvis nedbrutna borater (järnoxider, kalcit). Detta kan ha skett i anslutning till malmbildningen eller betydligt senare (för ca 1800 miljoner år sedan).

För att säkert fastställa de geologiska relationerna vid Jugansbo och Sala krävs en noggrann geokemisk och mineralogisk genomgång av fler mineraliseringar, stenbrott och gruvor i området – kanske något för en framtida energisk geostudent!?

Värt att nämna är att Ingemar Lager år 2001 har beskrivit vad han tolkar som evaporitstrukturer från välbevarade bergarter i Dannemora-malmen. Dessutom finns borosilikatet ferroaxinit i skarniga partier av malmen. Man kan även tänka sig att bor har ett hydrotermalt ursprung då det delvis förekommer associerat med sulfidmineral. ♦

Läs mer

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W. & Nichols, M.C. 2003. Handbook of Mineralogy V Borates, Carbonates, Sulfates. Mineral Data Publishing, Tucson, Arizona, 813 s.

Lager, I. 2001. The geology of the Palaeoproterozoic lime-stone-hosted Dannemora iron deposit, Sweden. Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 107, 49 s.

Per Nysten är pensionerad berggrundsgeolog från SGU och Uppsala universitet.

Andreas Karlsson är intendent i mineralogi på Naturhistoriska riksmuseet.

✉ per.nysten@gmail.com





Elektrum i Kongsberg – bevis för en oupptäckt guldprovins?

Tidigt på sommaren år 1623 fick Christian IV, kungen av Danmark och Norge, veta att silver hade hittats någonstans i Norge. Gruvverksamheten startade redan i oktober 1623, och år 1624 grundades gruvstaden Kongsberg vid foten av Gruveåsen – åsen där silver hittades.

TEXT: KÅRE KULLERUD

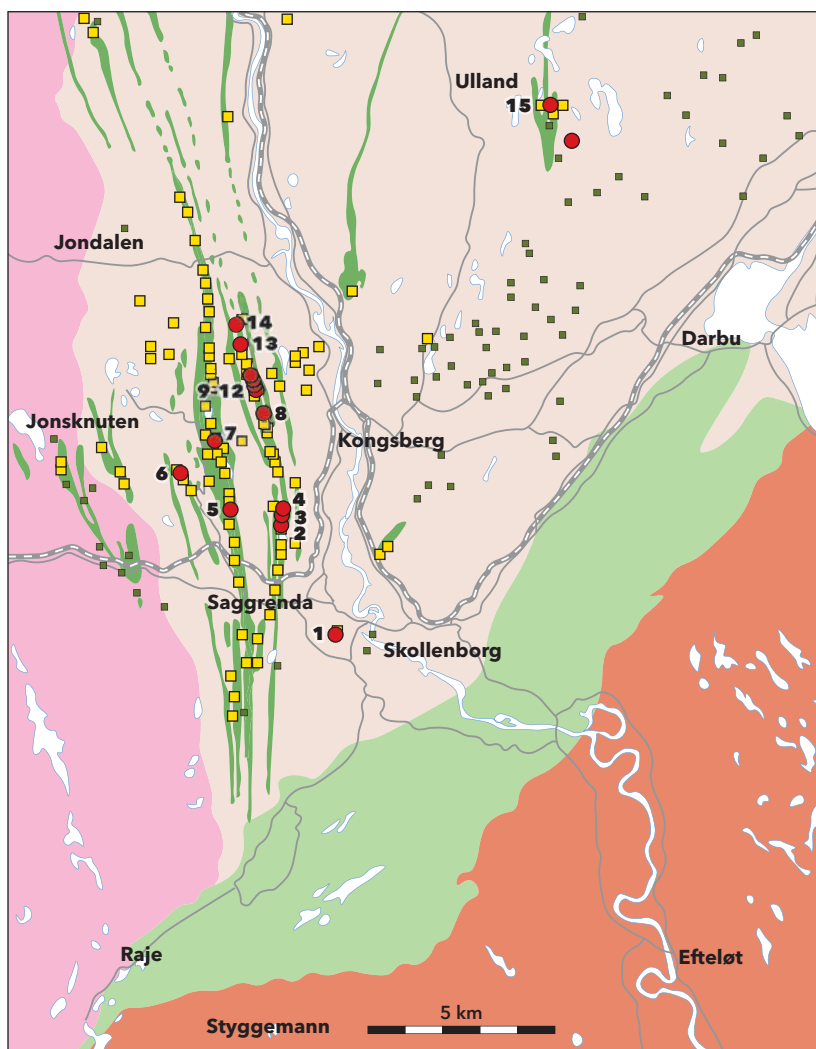
KONGBERG LIGGER i det sydnorska urbergsområdet, cirka 60 km väster om Oslo. Bergeterna här består huvudsakligen av prekambriiska gnejser som är mellan 1750 och 900 miljoner år gamla. Den närmaste geologiska grannen i öster är Oslofältet, som består av kambrosiluriska sedi-

mentära bergarter och permiska vulkaniska och intrusiva bergarter.

Så snart driften var igång vid den första gruvan, Kungens gruva, skickades folk ut för att hitta mer silver. I gnejserna i Gruveåsen observerades några nord-sydliga, rostvittrade zoner, så kallade fahlband. Anled-

ningen till rostvittringen var att gnejserna i dessa zoner var rika på svavelkis och magnetkis. På många ställen klipptes fahlbanden av öst-västligt strykande hydrotermala gångar rika på kalcit.

Bergsmännen insåg snart att det var där fahlbanden klipptes av gång-



- Silvergruva med elektrum
- Silvergruva
- Gruva eller skärpning på koppar, zink och bly
- Intrusiva och extrusiva bergarter, 300-250 miljoner år
- Kambrosiluriska sedimentära bergarter, 540-420 miljoner år
- Granitoida gnejser, Telemarksenheten, 1177-1155 miljoner år
- Olika gnejser, Kongsbergsenheten, 1570-1170 miljoner år
- Fahlgang: sulfidrika zoner i underlagets gnejser

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1. Blårud | 9. Blygangen |
| 2. Beständige Liebe | 10. Hannibal |
| 3. Mutter Eva | 11. Braunschweig |
| 4. Vater Adam | 12. Juels |
| 5. Kongens gruve | 13. Charlotte Amalie |
| 6. Barlinddalen | 14. Lovisa Augusta |
| 7. Dronning Louisa | 15. Skaragruvene |
| 8. Fräulein Christiane | |

Motsatta sida: Infarten till Kongens gruve.

Till vänster: Karta över Kongsbergs silverdistrikt. De röda prickarna visar var elektrum hittats. Gruvorna numrerade 2-14 ligger inom området för Kongsbergs skyddade kulturmiljö. Där är all gruvsdrift förbjuden.

Nedan: Kongsberg är beläget i urberget strax väster om Oslofjellens bergarter, ca 60 km väster om Oslo. De silverförande kalkitgångarna i Kongsberg bildades under perm, samtidigt med de vulkaniska och intrusiva bergarterna i Oslofältet.

arna med kalcit som de kunde hitta silver. Inget silver hittades i gnejserna utanför fahlbanden, och inget silver hittades i fahlband som inte klipptes av kalkitgångar.

Denna modell låg till grund för driften av silvergruvorna ända fram till nedläggningen 1958. Under de 335 åren som har gått sedan den första silverupptäckten fram till nedläggningen bröts silver i cirka 300 gruvor och skärpningar. Totalt bröts mer än 1350 ton silver från gruvorna.

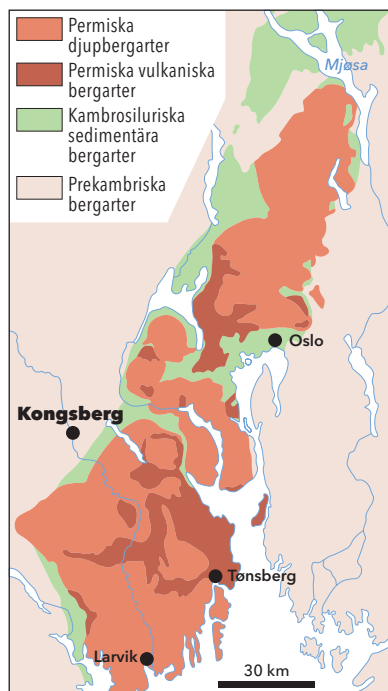
Världsberömt silver

Silvret från Kongsberg är känt över hela världen, både bland geologer och mineralsamlare. Mindre känt är att också guld hittades i Kongsberg, eller snarare en legering av silver och guld som kallas elektrum. Den första upp-

täckten av elektrum gjordes redan 1630 i Braunschweiggruvan. Allt eftersom åren gick, hittades elektrum också i flera andra gruvor.

År 1697 gjordes en mycket intressant upptäckt av elektrum i gruvan Beständige Liebe. Optimismen var stor och betydande summor investades i en anläggning för att utvinna guld. Lite djupare ner i gruvan försvann dock all elektrum och 1704 övergav man drömmen om guld. De betydande investeringarna som gjordes gav en mager avkastning på bara några få guldmynt. Man kan föreställa sig vilken skandal detta måste ha varit. Fram till idag har ingen vågat återuppta idén om att utvinna guld i Kongsberg.

Idag är det inte längre möjligt att observera eller samla in prover





av elektrum i gruvorna i Kongsbergsområdet. För information om hur elektrum uppträder i fält måste vi gå tillbaka till gamla rapporter och publikationer från 1700- och 1800-talen.

Guld tillsammans med kvartsgångar

De tidigare geologerna som skrev rapporterna är alla samstämmiga: elektrum förekommer i eller i närheten av kvartsgångar. Detta skiljer sig väsentligt från hur silvret uppträder, nämligen där öst-västligt strykande kalcitgångar korsar de nord-sydligt strykande fahlbanden.

Vi har fått tillgång till stuffer med elektrum från samlingarna på Norsk Bergverksmuseum i Kongsberg, Naturhistoriska museet i Oslo och Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm.

När man studerar elektrumproverna under mikroskop och jämför dessa med prover av silvermalmen från Kongsberg, är det uppenbart att det rör

sig om två helt olika typer av malm. Elektrum förekommer vanligtvis som tunna flak helt separerade från andra malmmineral, medan gediget (rent) silver vanligtvis förekommer tillsammans med ett antal andra malmmineral. Dessutom innehåller några av elektrumproverna mineralen hessit, bournonit och boulangerit – mineral som aldrig tidigare har beskrivits från silvermalmen i Kongsberg.

Både information från gamla rapporter och undersökningar av gamla museistuffer med elektrum indikerar att malmen med elektrum är av en annan typ än den vanliga silvermalmen. Kan det finnas någon koppling mellan det silver som är bundet i elektrum och det normala silvret? Innan vi besvarar denna fråga behöver vi studera på vilket sätt silver och guld kan transporteras i jordskorpan.

Både silver och guld är svårslösliga. Men om fluider som finns i jordskorpan är varma och rika på svavel kan både silver och guld bilda lösliga komplex med svavel. Löst i svavel-

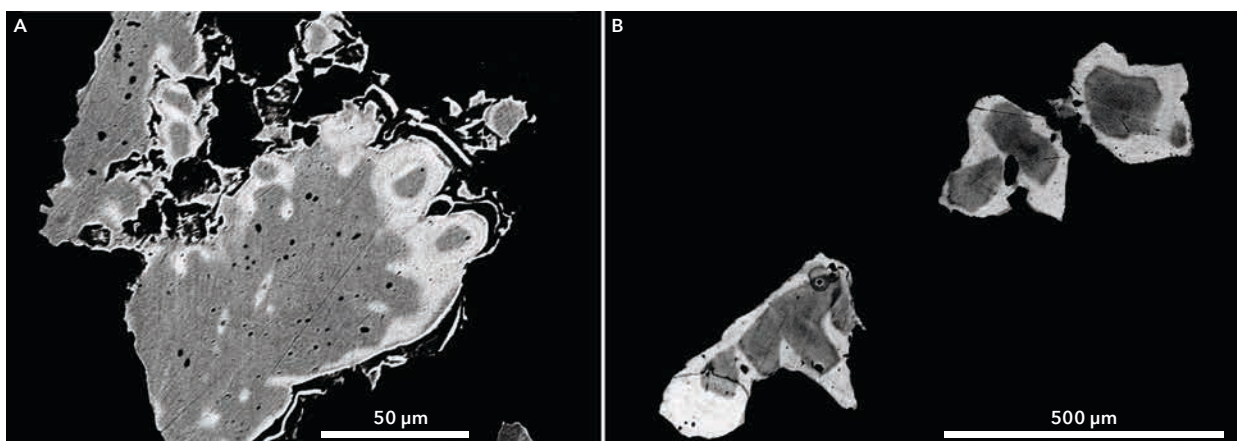
haltiga fluider kan silver och guld därför transporteras över betydande avstånd.

Ett rimligt antagande är att det elektrum som finns i de prover vi undersökt har fällts ut från varma svavelhaltiga fluider. Silver kan också lösas i varma lösningar rika på klor, och det är just från varma, klorhaltiga lösningar som man tror att silvret i Kongsberg har fällts ut. Guld, å andra sidan, är inte särskilt lösligt i klorhaltiga lösningar.

Silvret flyttade sig medan guldet stannade

Detaljerade undersökningar av elektrum med hjälp av elektronmikroskop (ett instrument som kan utföra kemiska analyser av små områden i ett mineral) ger ett spännande resultat. Vissa elektrumkorn visar en kemisk zonering med en kärna som är rik på silver och en ytterkant som är rikare på guld.

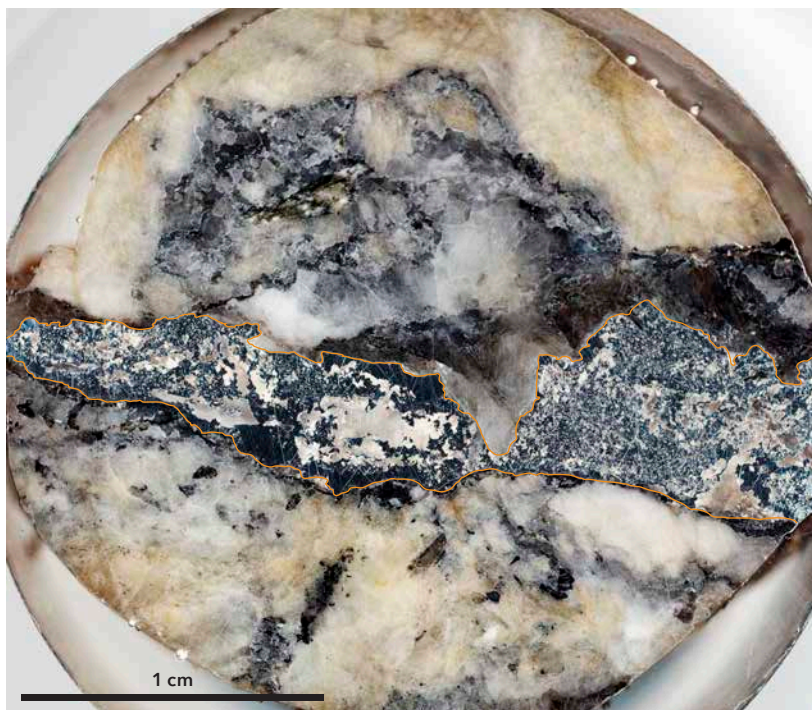
En uppenbar tolkning av en sådan zonering är att kornet av elek-



Motstående sida: Stuff med större och mindre flak av elektrum från gruvan Beständige Liebe. Stuffens storlek är 4 cm × 3 cm × 2,5 cm. Från samlingarna i Naturhistorisk museum, Oslo.

Ovan: Kemiskt zonerade korn av elektrum. De grå kärnorna i kornen innehåller mer silver och mindre guld än de ljusare områdena längs kornens kanter. Orsaken till att kornens kanter är rikare på guld är att en stor del av silvret där har mobiliserats ut till omgivningen.

Till höger: Preparat av silverrådra från Kongsberg som förberetts för mikroskop- och mikrosondanalys. Silverrådrans kanter är markerad med orange linje. De grå mineralkornen i silverrådran är gediget silver och andra malmmineral. Det vita mineralet är calcit. Från samlingarna i Norsk Bergverksmuseum.



trum från början var homogent, med samma förhållande mellan guld och silver rakt igenom, när det ursprungligen fälldes ut från en svavelhaltig lösning.

Zoneringen antyder att kornet, efter att det ursprungligen bildats, utsattes för en process som extraherade silver från mineralet medan guld inte påverkades. Det faktum att silver extraherades medan guld inte påverkades antyder att denna process orsakades av varma, klorhaltiga lösningar. Det upplösta silvret kunde sedan transporteras bort med den klorhaltiga lösningen för att avsättas som fast silver någon annanstans.

De iakttagelser som vi har gjort kan tyda på att åtminstone en del av silvret vid Kongsberg i ett tidigare skede har legat bundet i elektrum. Totalt utvanns 1350 ton silver från gruvorna på Kongsberg. Om mycket av detta silver tidigare var bundet till elektrum betyder det att det borde finnas betydande mängder guld kvar på djupet. ♦



Kåre Kullerud arbetar som konservator i geologi vid Norsk Bergverksmuseum i Kongsberg.
✉ kk@bvm.no

SAMARBETSPROJEKT

Studien har genomförts inom ett pågående samarbetsprojekt mellan Norsk Bergverksmuseum, Tjeckiska geologiska undersökningen, Naturhistoriska museet i Oslo och Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm.



FOTO: JOHN INGE SVENDSEN.

På jakt efter arktiska Uralbergens glaciations- och klimathistoria

På gränsen mellan Europa och Asien i de arktiska Uralbergens inre ligger djupa sjöar med tjocka, tidigare utforskade sedimentpackar vilandes under ytan. Följ med på en jakt efter de hemligheter om istiden och efterföljande klimatvariationer som den ryska leran kan berätta.

TEXT: CARL REGNÉLL

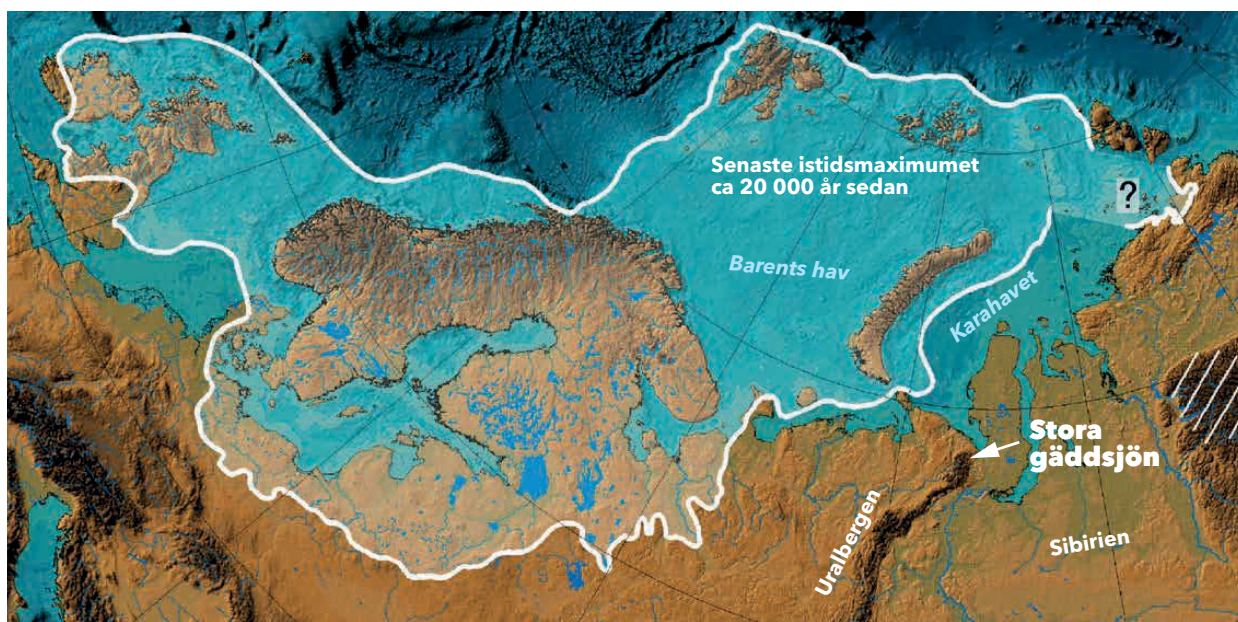
DEN SENASTE ISTIDEN, i norra Europa benämnd Weichsel, varade ungefär mellan 115 000 och 11 700 år sedan. Under Weichseltiden breddade periodvis kilometertjocka istäckan ut sig över stora områden i norra Europa och Nordamerika. Tidigare studier har visat att dessa isframstötter skiftade i storlek och geografisk utbredning.

Den största av isframstötarna kulminerade för ca 20 000 år sedan då växande glaciärer och inlandsisar världen över fick den globala havsnivån att sänkas med omkring 120 m som följd av att vatten från världshaven bands upp i is uppe på land. Under detta senaste istidsmaximum, eller *Last Glacial Maximum* (LGM) som det ofta kallas, utbreddes sig ett enormt istäcke,

det eurasiska istäcket, från de Brittiska öarna i väst, över Nordsjön, Skandinavien och ända bort över Barents Hav och in i Karahavet i öst.

Lång isfri period i öst gav gamla sediment

Vid det senaste istidsmaximumet, när inlandsisen låg kilometertjock över norra Europa, förblev emellertid



Motstående sida: Borrning från is på sjön Bolshaya Shchuchye i arktiska Uralbergen.

Ovan: Det eurasiska istäckets maximala utbredning vid det senaste istidsmaximumet nådde inte Uralbergen. Inte heller bildades något större lokalt istäcke. Det var onekligen kallt nog vid denna tid, men troligtvis alltför torrt.

Till höger: Sjön Bolshaya Shchuchye, stora gäddsjön, sommartid. Borrpunkten är markerad med en vit stjärna.



merparten av ryska Arktis isfritt med endast mindre glaciärer uppe i Uralbergen. En trolig förklaring till denna kontrast är att det eurasiska istäcket i väst effektivt fångade upp den nederbörd som annars normalt kommer från Atlanten och Barents Hav. Resultatet blev att det inte snöade tillräckligt mycket för att några större glaciärer skulle kunna byggas upp i öst, trots att det onekligen var kallt nog.

Att dessa områden förblev isfria under senaste istidsmaximumet har visats genom studier av moränryggar och exponerad stratigrafi längs med kusten i norr och floderna i låglandet både öster och väster om Uralbergen. Denna insikt ledde till en förhoppning om att kunna borra i de många sjöarna i området för att finna kontinuerligt avsatta sedimentsekvenser från tiden före senaste istidsmaximumet och fram till idag. Ett sådant sedimentarkiv med paleoklimatisk information från dessa norra bredd-

grader skulle vara mycket värdefullt då inget motsvarande återfinns från de då istäckta landskapen i väst.

Besvärlig permafrost

Dessvärre visade sig de talrika och mer lättillgängliga sjöarna i låglandet vara mycket yngre än förväntat. Dessa visade sig ha bildats först för omkring 14 000–11 000 år sedan, det vill säga långt efter det senaste istidsmaximumet för ca 20 000 år sedan.

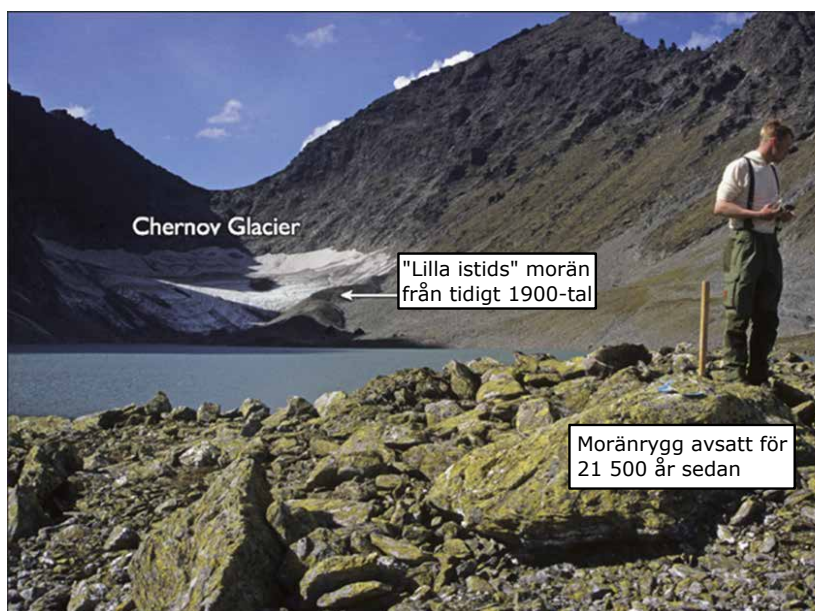
Anledning till de unga sjöarna är att klimatet blev varmare vid övergången från Weichselistiden till vår nuvarande mellanistid, Holocen, för 11 700 år sedan, men även under en något tidigare värmeperiod som i

norra Europa är känd som Bølling-Allerødinterstadialen för ca 14 700–12 900 år sedan.

Det varmare klimatet vid denna tid fick den gamla permafrosten i Ryssland att tina vilket resulterade i de tusentals sjöar som ger dessa landskap sitt nuvarande schweizerost-liknande utseende. Svårigheten att finna lämpliga sjöar i låglandet drev därmed jakten vidare in mot Uralbergens djupa, tektoniskt formade sjöar.

Stora gäddsjön i Uralbergens inre

Uralbergen är en gammal paleozoisk bergskedja som sträcker sig ca 2 500 km från den kazakstanska stäppen i söder till det arktiska Kara-



havets stränder i norr och utgör den geografiska gränsen mellan Europa och Asien. De djupare sjöarna inne i Uralbergen följer tydliga sprickdalar och förhoppningen var att dessa otvivelaktigt äldre bassänger skulle kunna innehålla de gamla sediment vi sökte.

I mitten av den nordligaste, arktiska delen av Uralbergen ligger en 140 m djup och 12 kvadratkilometer stor sjö: Bolshaya Shchuchye (på ryska: Большое Щучье), vilket betyder Stora gäddsjön. Lustigt nog finns det inte gädda i sjön men möjligtvis kommer namnet från att sjöns avlånga form liknar en gäddas.

Då tidigare studier i området indikerade att denna sjö inte täckts av

någon inlandsis under det senaste istidsmaximumet valdes den ut för närmare analys. För att först få insyn i hur mycket sediment som fanns i Stora gäddsjön företogs en seismisk undersökning som visade på en imponerande mäktighet av upp till 160 m sediment i centralbassängen! Så långa sedimentkärnor var dessvärre inte möjliga att få upp så en borrhäls med en mer komprimerad sedimentstratigrafi nära sjöns utlopp i sydost valdes ut för att nå så gamla sediment som möjligt. Borrhningen utfördes från vårisen över ett vattendjup på 100 m med en Uwitec Piston corer och resulterade i två parallella sedimentkärnor ner till 24 m under sjöbotten.

Övre bilden: Under det senaste istidsmaximumet var glaciärerna i Uralbergen bara något större än idag (Modifierad figur från Mangerud m.fl. 2008).

Nedre bilden: Det varmare klimatet som följde den senaste istiden har tinat upp permafrosten och skapat ett bitvis Schweizerost-liknande landskap i låglandet kring Uralbergen (satellitbild från Google Earth).

Hem till labbet

När kärnorna väl var tillbaka till labbet och kunde öppnas uppvisade de härligt leriga sediment uppdelade i en tredelad lagerföljd. Den översta delen bestod av ljusare och mer homogena sediment följt av mörkare sediment och en nedåt tilltagande laminering. Den nedersta, dvs. äldsta, halvan hade en kontinuerlig laminering av millimetertunna ler- och siltlager.

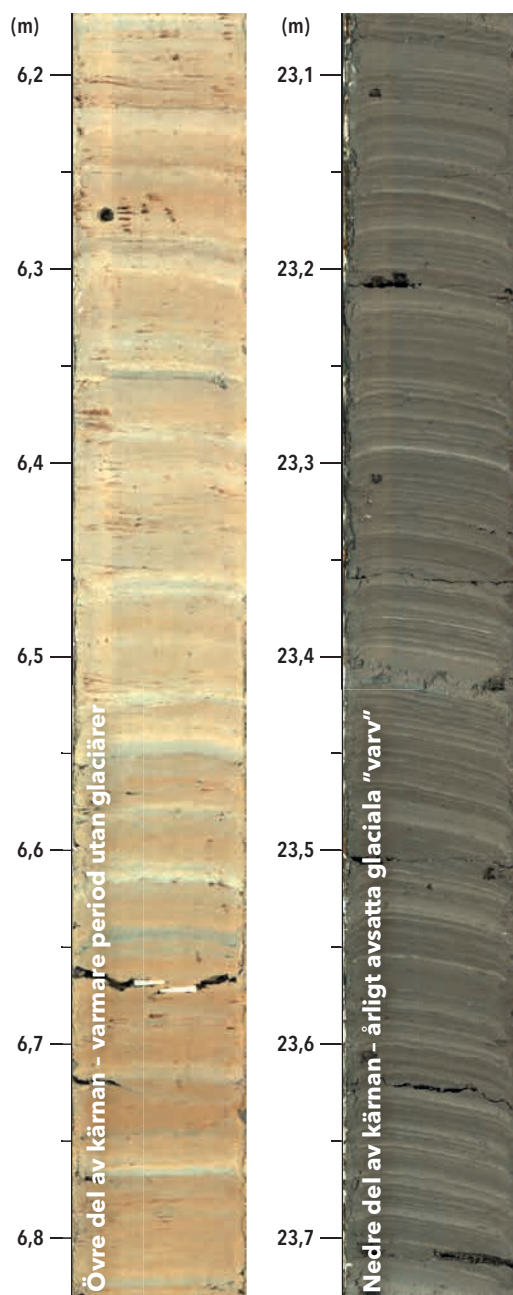
Kärnan visade inte heller några tecken på erosion eller avbrott i sedimentationen vilket lovade gott då vi ville ha kontinuerligt avsatta sediment. Frågan var nu bara hur gamla dessa sedimenten var? Vi hade ju trots allt bara borrarat genom den övre delen av den totala sedimentpacken.

Hur gammalt?

För att ta reda på åldern av sedimenten plockades 27 prover ut för kol-14-datering längs den 24 m långa sekvensen. I den övre halvan av kärnorna var det relativt enkelt att finna små växtdelar att datera medan den nedre, äldre delen visade sig vara i det närmaste helt minerogen.

För den nedre halvan återfanns emellertid efter mycken möda några mikroskopiska växtfragment som efter tidskrävande siktning och plockning under mikroskop med pinsett och pipett resulterade i väldigt små provmängder.

När dateringsresultaten väl kom tillbaka återspeglades svårigheterna att hitta bra provtagningsmaterial i den nedre kärnhalvan genom mer



spridda och svårtolkade resultat i kontrast till resultaten från kärnans övre del. Förmodligen beror detta på att de små provmängderna i nedre kärnhälvan är svårare att mäta och känsligare för kontaminering.

Svårigheterna till trots visade dateringsresultaten att botten av kärnan var över 20 000 år gammal. Dock var det svårt att säga mer i detalj hur åldern varierade med djupet, det vill säga hur sedimentationshastigheten varierat, och botten av kärnan kunde

vara allt mellan 23 000 och 25 000 år gammal beroende på tolkning av dateringsresultaten.

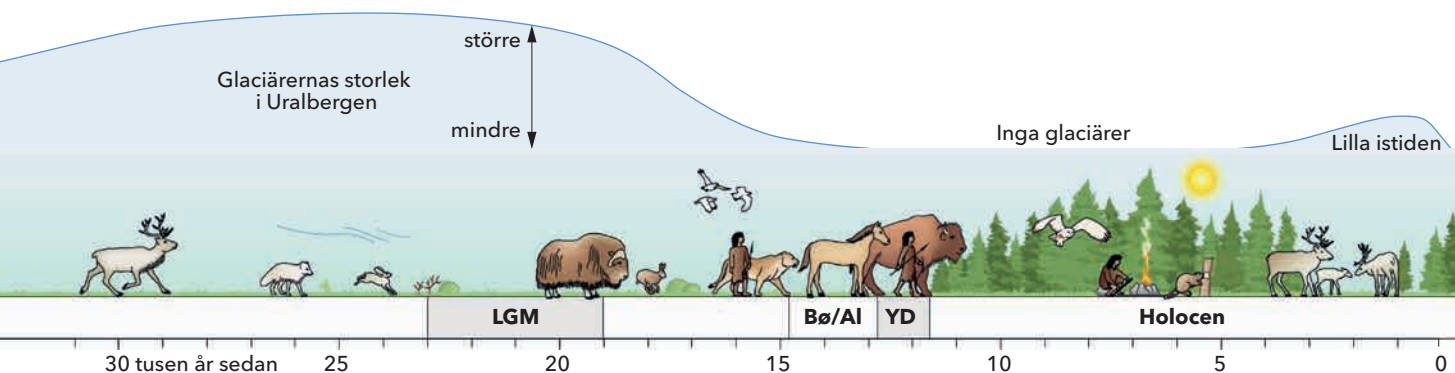
Varvig lera?

Den iögonenfallande lamineringen i nedre hälvan av kärnan sammanfaller med den del av kärnan där kol-14-dateringarna visade sig vara som besvärligast att tolka. Lamineringen består av repeterande sekvenser av ljusare, mer siltiga lager som graderar uppåt till mörkare och mer

Vänstra bilden: Den 24 meter långa sedimentkärnan utlagd i korridoren på Universitetet i Bergen.

Högra bilden: Notera kontrasten mellan de ljusare sedimenten i kärnans övre del mot de mörkare och varviga sedimenten i kärnans nedre del.

lerrika lager. De påminner därför i mycket om de "varviga" leror som avsattes i Östersjöområdet under senaste deglaciationen, och som först beskrevs av vår svenske stjärngeolog



Gerard de Geer under sent 1800-tal. Att lerorna kallades varviga berodde just på de repeterande sekvenserna från grövre till finare lager.

Dessa varv av grövre och finare lager beror på den stora kontrasten i sedimentation över årstiderna, från sommarens och vårens snö- och issmältning (sedimentation av grövre partiklar, silt och sand) till hösten och vinterns återfrysning (sedimentation av finare partiklar, lera). Ett grövre "sommarslager" tillsammans med ett finare "vinterlager" utgör därmed ett varv som representerar ett års sedimentation.

Efter många timmars räknande fastställdes att det fanns över 5100 varv i den nedre delen av kärnan och åldern på botten uppskattades därmed till ca 24 000 år.

Vad kan sedimenten berätta?

Vi har alltså nu ett högupplöst och kontinuerligt avsatt sedimentarkiv från arktiska Uralbergen som sträcker sig 24 000 år tillbaka i tiden. (I tillägg ska nämnas att detta utgör knappt halva sedimentpacken!). Detta ger oss en värdefull inblick i hur klimatet varierat på denna avlägsna plats fram till idag.

Att sedimenten i Stora gäddsjön visat sig vara kontinuerligt avsatta över mer än 24 000 år slår därmed spiken i kistan för en gammal uppfattning att arktiska Uralbergen minns skulle ha varit täckt av en större iskappa under senaste istidsmaximumet. Istället finner vi att det bara fanns mindre, lokala glaciärer uppe i bergen vid denna tid.

Våra resultat tyder på att dessa glaciärer började att smälta kraftigt

tillbaka för ca 19 000 år sedan och var förmodligen i stort sett borta vid starten för den varma Bølling-Allerød-interstadialen för ca 14 500 år sedan.

Pollenanalyser från samma kärna visar på att under den efterföljande kallperioden yngre dryas (för ca 12 900–11 700 år sedan) blev det kallt också i Uralbergen vilket avspeglas i förändrad vegetation i området. Men i kontrast till vad vi vet från Europa så syns inga tecken på att glaciärerna återhämtade sig vid denna tid.

Då vår nuvarande interglacial, holocen, startade för 11 700 år sedan blev det varmt igen och vegetationen återhämtade sig snabbt. Under Holocen tycks klimatutvecklingen ha följt den infallande solinstrålningen under sommarhalvåret (s.k. sommarinsolationen), med varmt och behagligt klimat ända fram till för ca 5 000 år sedan.

De senaste 5 000 åren präglades av allt kallare förhållanden alltefter som sommarinsolationen avtog och glaciärerna växte åter i storlek uppe bland bergen, så kallad neoglaciation. Denna nedkylning kulminerade slutligen i den lilla istiden som slutade för ca 100 år sedan varefter vår nuvarande uppvärmning tog vid.

Mer resultat att vänta

Detta är endast de första av resultaten som kommit fram ur vår långa sedimentkärna och fler detaljstudier av de olika klimatförändringarnas uttryck och timing är att vänta i framtiden från detta fantastiska arkiv. Bland annat utförs i skrivande stund analyser av urtida DNA, väteisotoper från bladwax och paleomagnetism.

Ovan: Klimat- och glaciationsutveckling de senaste 30 000 åren i området kring arktiska Uralbergen samt tid då olika djurarter förekom i området. Notera att för 15 000 år sedan smög grottlejon runt bland vildhästar och stenåldersfolket uppe i arktiska Ryssland.

Sammantaget ger dessa resultat ny och viktig information från ett område där ytterst få studier tidigare utförts. I förlängningen kan detta bidra till en vidare förståelse av utbredningen och effekten av tidigare klimatvariationer i Arktis, vilket kan hjälpa oss att förstå det globala klimatsystemet i stort och de förändringar vi kan förväntas se i framtiden. ♦

Läs mer

Hufthammer, A.K., Svendsen, J.I. & Pavlov, P. 2019. Animals and humans in the European Russian Arctic towards the end of the last Ice Age and during the mid-Holocene time. *Boreas*, 1–20. <https://doi.org/10.1111/bor.12343>.
Regnell, C., Hafliðason, H., Mangerud, J. & Svendsen, J.I. 2019. Glacial and climate history of the last 24 000 years in the Polar Ural Mountains, Arctic Russia, inferred from partly varved lake sediments. *Boreas*. <https://doi.org/10.1111/bor.12369>.



Carl Regnell är kvartärgeolog och disputerade i våras vid Universitet i Bergen, men jobbar nu på SGU.

✉ Carl.Regnell@uib.no



FOTO: LARS OLSSON.

155-meters-nivån i Sala Silvergruva är uppkallad efter Ulrika Eleonora, den prinsessa (sedermera drottning) som tillsammans med det övriga hovet sökte skydd i Sala under den brutala pestepidemin i början av 1710-talet. Ett av de mäktigaste berggrummen på denna nivå heter kort och gott "Hjärnes" och en liten ort som leder bort från rummet kallas "Hjärnes tvärrort".

På geologisk och historisk upptäcktsfärd i Sala

I hundratals år har Sala lockat besökare från när och fjärran, alltifrån kringresande vetenskapsmän i jakt på nya mineral och upptäckter, till kungligheter vilka använt gruvstaden som tillflyktsort i tider liknande den vi just nu upplever.

TEXT: NIKLAS ULFVEBRAND OCH NILS JANSSON

FÖR TILFÄLLET pågår ett stort utvecklingsprojekt i besöksgruvan med sikte på 2024, då Sala stad fyller 400 år. Projektet innefattar bland annat en ny interaktiv utställning under jord. Gruvans rika geologiska värden har givetvis en särskild plats i denna satsning, vid sidan av de historiska och upplevelsebetonade aspekterna av den fascinerande miljön.

Här berättar vi kort om utställningens bakgrund samt filosofin bakom densamma. Men först en historisk "inflygning" till Sala Silvergruva med en synnerligen aktuell tematik...

Fördjävlig farsot

Det var kort och gott en djävulsk tid. De senaste åren hade dödstalen i Stockholm i genomsnitt legat på omkring 50 personer per vecka. Men den sista augustiveckan år 1710 hade sammanlagt 155 personer dött och sedan steg kurvan i rasande takt. Två månader senare närmade sig dödstalen 1000 personer, men mörkertalet var förmodligen enormt. De fattigaste och de allra svagaste i samhället drabbades allra värst.

Myndigheterna med arkiter (ungefär "chefsläkare") Urban

Hjärne, högste ansvarig för Collegium Medicum (grovt sett Socialstyrelsens föregångare), och Stockholms magistrat i spetsen hade varit senfärdiga i sitt agerande. Det fanns först en ambivalens och skepsis inför situationens allvar, men under den andra septemberveckan kom stadens styrande äntligen fram till att det handlade om pesten och noterade i ett protokoll att Stockholm hade drabbats av en "fördjävlig farsot".

Restriktioner infördes successivt med stora inskränkningar i invånarnas vardag: skolor stängdes, sam-



Daniel Tilas (1712–1772) var en av 1700-talets mest framstående "bergsvetenskapsmän" i Sverige. Det råder ingen tvekan om att han var en minst sagt kvalificerad person som gärna ägnade sig åt studier av "regnum minerale". Samtidigt var han Urban Hjärnes barnbarn, talande för den utbredda svågerpolitik som kan sägas ha utgjort en av det tidigmoderna samhällets grundbultar.

mankomster förbjöds, tjänstefolk fick inte byta arbetsplats, alla som var kvar i staden förvägrades att byta bostad, alla husdjur skulle samlas in och staden skulle städas grundligt.

Läkare slet och offrade livet för att med dåtidens medel försöka bekämpa smittan. Det städades och fejades, röktes och plåstrades med diverse medikamenter. Folk struntade dock i de förhållningsorder som utfärdades. Pesten härjade också ute i Europa och människor bröt mot restriktionerna även där. I England, till exempel, trotsade unga män förbudet om folksamlingar och spelade fotboll. Den 20 september offentliggjordes den tunga informationen till stadens invånare: Stockholm var verkligen pesthärjat och hela staden försattes i karantän.

Bättre fly än illa fäktas

För dem som befann sig högst upp på samhällsstegen fanns möjlighet att med ett så kallat sundhetspass, som kostade en rejäl slant, lämna huvudstaden. Hovet samlade i all hast ihop en enorm karavan med förnödenheter, däribland omkring 10 000 liter franska och tyska viner, och begav sig till Bergslagen.

Kungafamiljen med änkedrottningen Hedvig Eleonora och prinsessan Ulrika Eleonora i spetsen flydde till Sala. Gruvorten blev därmed, tillsammans med den lilla staden Bender i dagens Moldavien, där kung Karl XII befann sig, Sveriges huvudstad.

Sala byggdes i stort sett om för att skydda de högt uppsatta gästerna. En mycket sträng karantän upprättades som innebar att ingen som inte befann sig i Sala innan hovets ankomst fick komma in, och inte heller komma närmare staden än tre kilometer. Den som trotsade förbudet riskerade dödsstraff.

Bland de som flytt Stockholm tillsammans med hovet och förskansat sig i "silverstaden" fanns ingen mindre än Urban Hjärne själv, han som formellt var rikets högste befattningshavare med ansvar för det vi idag kallar sjuk- och hälsovård och en man som har kallats Sveriges första mineralog. Han lämnade med andra ord Stockholm åt sitt öde, men kom istället att upprätta nya rigorösa förhållningsorder om hur Sala och hovet skulle skyddas mot farsoten.

Ulrika Eleonora botten

155-metersnivån i Sala Silvergruva började bearbetas i slutet av 1600-talet och var huvudnivå under 1710-talets brutala pestepidemi. Namn som "Hjärnes" på de största brytningsrummen på denna nivå rör sig med största sannolikhet om en hommage från gruvans ledning till de högdjur som bosatte sig i den lilla, men redan då historiskt glimrande gruvstaden i en tid då riket var hårt drabbat av såväl den skoningslösa farsoten, som av Stora Nordiska kriget med allt vad det innebar av humanitära, ekonomiska och sociala katastrofer.

Det var en ruskig tid som på många sätt kan ge perspektiv på den märkliga period vi här och nu upplever i och med Coronavirusets spridning över världen. Men samtidigt ska vi vara försiktiga med att dra alltför tydliga paralleller mellan nu och då, även om identifikationspunkterna är många i ovanstående exposé.

Vetenskapsmannen Tilas

Tittar vi närmare på namnen på de olika arbetsrummen på samma bryt-

GRUVAN

Sala Silvergruva var, med vissa avbrott, i drift från senmedeltiden till 1962. Sammantaget bröts omkring 450 ton silver, 35 000 ton bly och mängder med zinkmalm. Gustav Vasa kallade gruvan Svea Rikes Skattkammare, medan hans son Johan III kallade gruvan Mördarkulan.

Centralschaktet, uppkallat efter Drottning Christina, var ett av världens djupaste på 1600-talet, medan Knechtschaktet är ett av Sveriges äldsta schakt. Gruvans djupaste schakt Carl XI blev som djupast 318 m, innan gruvan började avvecklas 1908. Omkring 50 kulturhistoriskt intressanta byggnader återstår ovan jord, bland annat Sveriges äldsta bevarade gruvlave ovanpå Carl XI:s schakt.

Salaområdet var den första plats i Sverige där stromatoliter beskrevs, och är typlokal för mineralen gedigen antimon, gudmundit och geokronit.

ningsnivå så upptäcker vi bland annat "Tilas sänkning", som är uppkallad efter friherre Daniel Tilas (1712–1772). Han var en av de märkligaste och mest engagerade personerna under den dynamiska period på 1700-talet då Sverige låg i framkant när det gäller mineralogi, kemi och andra för bergsbruket avgörande discipliner.

Sverige var något av en stormakt inom kemi och mineralogi under 1700- och 1800-talen. Den vetenskapstradition som frodades här ledde till upptäckten av flera mineral och flera nya grundämnen, t.ex. mangan, syre, molybden, klor, nickel, barium samt grundämnen som är högaktuella för modern grön teknologi: volfram, kobolt, litium och flera av de sällsynta jordartsmetallerna.

Många av dessa upptäckter gjordes på fältmaterial insamlat under resor i Bergslagen. Det är värt att betona att de stora genombrotten initialt skedde i fält av tjänstemän knutna till Kungliga Bergskollegium och inte på universiteten.

Lite djupare i gruvan, på 230 meters djup, finns "Brandts ort" som förmodligen är uppkallad efter Georg Brandt (1694–1768), upptäckaren av grundämnet kobolt. Vill man besöka Brandts ort får man dock göra våra gruvdykare sällskap eftersom gruvans vattennivå idag hålls på 158 meters djup.

Det största bidraget till geologin från Daniel Tilas själv är kanske att det var han som namngav och beskrev fältspaterna, den mineralgrupp som helt dominerar jordskorpan. Hans bok *Mineral-historia öfwer Osmunds-berget uti Rättwiks Sochn och Öster-Dalarne* brukar dessutom räknas som en av de tidigaste geologiska studierna i Sverige. Han var därtill med och utvecklade gruvkarteringens svåra konst.

Tilas enorma intresse för bergsbruket lär ha väckts i just Sala gruva. För en av oss föddes också intresset för geologi just genom en guidad tur i gruvan vilket ledde till ändrade studieplaner – från biologi till geologi. Besöket ned i gruvan var ett välkommet avbrott från de platta skog-, sjö- och åkermiljöer som dominerar Mälardalen och en helt ny värld öppnade sig där berg faktiskt har en historia att berätta.

Ännu mer fascinerande var det att lära sig att gruvdrängar hade arbetat i dessa berggrum i hundratals år i jakten på den för Sverige så viktiga malmen. Detta ämne har den andre av oss kommit att fördjupa sig i genom studier i historia och arbetslivshistoria med fokus på Bergslagen.

Det finns ett stort värde i att bevara och tillgängliggöra dessa unika miljöer för framtida generationer och på så sätt väcka intresse för geologi och bergshistoria. Det är denna filosofi som genomsyrar arbetet med det

nya utvecklingsprojektet på gruvans 155-metersnivå.

Den moderna visningsgruvan

Eftersom gruvan lades ner innan igen-sättningsbrytning blev etablerad kan man fortfarande besöka flera hundra år gamla arbetsrum i Sala. Det är detta som har gett förutsättningar för den moderna visningsgruvan.

Ulrika Eleonora Botten väcktes till liv igen år 2006 då den efter ett omfattande säkerhetsarbete invigdes som ett rejält tillägg till turism- och museiverksamheten i Sala Silvergruva. Sedan 1970-talet hade guidade visningar erbjudits till 60 meters djup, men nu bröt man ny upplevelsemark i den gamla riksklenoden. Tusentals besökare har sedan invigningen kunnat följa med på en guidad tur eller delta i något av de evenemang som hålls varje år på denna visningsnivå.

Sedan hösten 2019 pågår ett stort utvecklingsprojekt för att ytterligare förädla den pedagogiska och upplevelsemässiga verksamheten vid gruvan. En del av denna process innefattar utvecklingen av en led på 155-metersnivån där besökare erbjuds att under ordnade och säkra former på egen hand utforska gruvan. Detta kompletterar de traditionella guidade visningarna, men har inneburit ett helt nytt arbetssätt för oss och en hel del spännande men kluriga utmaningar.

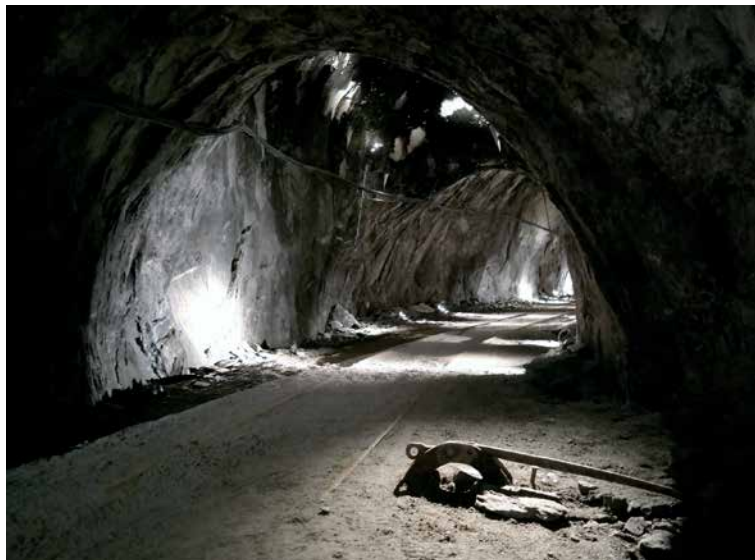
På den nya leden kommer besökare att genom olika interaktiva moment

kunna skaffa sig en förståelse både av gruvans månghundraåriga historia och de fascinerande processer som orsakat bergets och malmens bildning. Man får på så sätt den geologiska bakgrunden till varför Gustav Vasa kunde skära silver med smörkniv i "Svea Rikes Skattkammare" i mitten av 1500-talet. Det ger dessutom en förklaring till varför vi idag har en så spännande miljö att ta del av, som appellerar till såväl historiker, geologer, biologer och etnologer som helt vanliga, nyfikna människor.

Den geologiska leden

Likt beskrivet i Geologiskt forum Nr 93 så började berggrunden i Sala att bildas i ett varmt grundhav omgärdat av vulkaner som fanns i trakten för ca 1,89 miljarder år sedan. Här bildade fotosyntetiserande cyanobakterier stromatolitisk kalksten, vilka periodvis täcktes av vulkanaska. Efter att stromatolitkalken hade begravts omvandlades den till dolomit. Längs med krosszoner i berget strömmade varma lösningar in och fällde ut de

Nere i gruvan finns på en begränsad yta alla ingredienser som krävs för att åtminstone skaffa sig en grundläggande kunskap om vad förindustriell gruvdrift innebar: tillmakade orter, mindre ventilationsschakt samt bockorter som leder in i de mytomspunna rasområden som präglar den södra delen av Storgruvan sedan 1500-talet.





Bergsalen "Rödstjärten" till vänster vittnar om att alla brytningsrum inte har fått lika högtravande namn. Mot väggen skymtas en reslave som ska illustrera tillmakning, den viktigaste brytningsmetoden i Sala Silvergruva. Tillmakning innebär brytning med eld, och det är detta som har gett bergrummen den karaktäristiska ovala formen. På bilden ovan skymtas zinkblände på väggen.

malmmineral som bröts i gruvan. Fram till ca 1,8 miljarder år före nutid utsattes berggrunden för deformation och metamorfos, varvid dolomitpacken omkristallerades till marmor, skrynklades ihop av veckning, och valsades ut eller krossades upp längs deformationszoner.

På den nya visningsleden ska besökarna själva kunna upptäcka denna historia, genom att besöka ett antal nyckellokal i gruvan. Dessa inkluderar t.ex. veckade metavulkanitlager i dolomitmarmor som ringlar sig fram likt ormar i ortväggarna, urtida krosszoner som läkts ihop av zinkblände och skarn, och platser där stromatolitfossil fortfarande kan ses i berget. Dessutom har vi använt oss av videoprojektioner och animationer för att försöka visualisera de ibland ganska dramatiska processer som verkade vid berggrundens bildning.

Mineralkabinett och interaktivitet

Vi har också installerat ett underjordiskt mineralkabinett för att kunna visa mer sällsynta mineral och de malmmineral som inte finns kvar att beskåda i gruvan. Kopplat till detta har vi även tagit fram en interaktiv station där besökarna själva får bekanta sig med olika mineralegenskaper såsom densitet (baryt), hårdhet (talk) och magnetism (magnetit).

Vi har även inkluderat några utsocknes prover i den mineralogiska delen av utställningen för att bättre belysa malmernas värde och deras egenskaper, samt ge ett vidare perspektiv på svensk bergshistoria och geologi. Således kan besökare t.ex. se scheelitförande volframalm från Yxsjöberg och lära sig om fenomenet fluorescens, eller bekanta sig med magnetitmalmen från Kirunagruvan.

Vid en station skiftar vi fokus från silvermalmen till ett annat mineral av ekonomiskt värde i Sala, nämligen den dolomit som än idag bryts vid Tistbrottet endast 200 m väster om silvergruvan. Den moderna dolomitbrytningen vid Tistbrottet tog fart på 1960-talet och sker numera helt under jord. Dolomitutvinning har dock förekommit långt tidigare i detta område, som på äldre kartor benämns "Sten Tistebrottet", "Vita brottet" och ibland "Sala Silvergruvans dolomitbrott". På så vis kan dolomitutvinningen ses som den direkta fortsättningen på bergsbruket i Sala.

Det finns en slags ödetis ironi i att den moderna brytningen helt fokuserar på dolomitmarmor, en bergart som de förindustriella gruvarbetarna i Sala silvergruva hade benämnt gråberg. Dolomitmarmorn vid Tistbrottet är dock exceptiionellt ren och vit, vilket gör den till

ett högkvalitativt industrimineral. Användningsområdena inkluderar allt från tillverkning av spackel till trädgårdsskalk.

Geologileden och övriga nyheter vid Sala Silvergruva var tänkta att öppnas nu under sommaren, men på grund av rådande läge har invigningen skjutits upp på en obestämd framtid och gruvan kommer att hålla stängt resten av året.

Hur som helst så är arbetet i full gång med att få alla bitar på plats tills den dag gruvan öppnar igen. Förhoppningsvis kommer utställningen då att ge besökaren en känsla av upptäckarlust och glädje inför nya, spännande kunskaper om det livsviktiga bergsbruket i sann "Tilas-anda". ♦

Läs mer

- Norberg, P. 1978. Sala gruvans historia under 1500- och 1600-talen. Sala kommun, 646 s.
- Västerbro, M. 2016. Pestens år. Historiska Media, ISBN 9789175455570, 220 s.
- Näsström, G. 1970. En ämbetsman på frihetstiden. Daniel Tilas' levnadslopp. <https://svjt.se/svjt/1970/42>

Niklas Ulfvebrand är verksamhetsutvecklare vid Sala Silvergruva AB och doktorand i arbetslivshistoria vid MDH. Nils Jansson är universitetslektor i malmgeologi vid Luleå tekniska universitet.

✉ nils.jansson@ltu.se

På gång

1–5 september. Geohealth 2020 – International Meeting on Earth, Health and Environment, virtuellt möte. Läs mer på geohealth-scientists.org

5–6 september. Aalborg Krystal og Smykkemesse. Aalborg, Danmark. Läs mer på vejgaard-sten-og-krystaller.business.site

12 september. Geologins dag. Läs mer på geologinsdag.nu

12–13 september. Stenmessen København. Danmark. Läs mer på www.stenmessen-kbh.dk

3–4 oktober. Sten- och smyckemässa. Västerås. Läs mer på www.vags.org

3–4 oktober. Aarhus sten- och smyckemässa, Aarhus, Danmark. Läs mer på stenogsmykker.dk/aarhus-sten-og-smykkemesse/

25–28 oktober. Geological Society of America Annual Meeting & Exhibition, Montréal, Kanada. Läs mer på community.geosociety.org/gsa2020/home

11 november. Geologiska föreningens årsmöte samt Årets geolog, Uppsala. Mer information i nästa nummer.

15 november. Mineral- och smyckestensmässa, Stockholm. Läs mer på www.sags.nu.



Geologins Dag

Boka redan nu in Geologins Dag som i år inträffar den 12 september.

På grund av omständigheterna med Coronaviruset har det varit osäkert om Geologins Dag skulle kunna firas i år. Men nu har styrelsen fattat beslut om att arrangörer på eget ansvar kan hålla i aktiviteter. Detta innebär att det nu går att annonsera inkomna arrangemang på föreningens webbplats.

Läs mer om vad som händer på geologinsdag.nu

Största uppmätta skalvet i Kirunagruvan



FOTO: FREDRIC ALM / ALM & ME.

NATTEN MOT MÅNDAGEN den 18 maj inträffade det största gruvskalv som någonsin uppmätts i Sverige. Skalvet nådde en magnitud på 4,1 och skakade om Kiruna ordentligt och väckte stora delar av staden, men det kändes ända ner till Gällivare.

Även jämfört med naturliga skalv som sker i Sverige var skalvet i Kiruna också relativt stort, med samma magnitud som skalvet i Bottenviken 2016

och något mindre än skalvet utanför Sjöbo i Skåne 2008.

Sättningarna kändes av rejält både i samhället och under jord varför gruvan i Kiruna utrymdes efter skalvet. Sättningarna inträffade kl. 03.11 i liggväggen, på 1108 meters avvagningsnivå.

Vid tillfället befann sig 13 personer under jord och dessa utrymdes och all produktion stoppades. På morgonen

efter skalvet började bergmekaniker undersöka vissa områden, som låg långt från det seismiskt aktiva området, för att påbörja besiktning av eventuella skador. Både mindre och större bergutfall samt brott på vissa vattenledningar konstaterades.

Sedan händelsen har besiktningssarbetet fortsatt. Skadorna i gruvan är omfattande, men området där händelsen inträffade har ännu en förhöjd seismisk aktivitet och är fortsatt avspärrat.

Bergmekanikerna arbetar intensivt med besiktning och skadekartering. Ventilation, el, vatten och maskiner ses över och vägar öppnas för förstärkning, enligt LKAB.

Torsdag den 21 maj kunde dock produktionen starta i en del av gruvan med målet att producera cirka 25 000–30 000 ton rågods per dygn. Detta motsvarar ungefär en tredjedel av normal produktionstakt. ♦

Källor: LKAB och Svenska nationella seismiska nätet, sns.se

Minnesord

Ove Stephansson

En av Sveriges mest framstående geologer, professor Ove Stephansson, avled den 19 februari 2020. Hans vetenskapliga intresse rörde sig huvudsakligen om mekanismer kring sprickor i berg, jordskorpan tryckspänningar och mätningar av dessa samt säker slutförvaring av radioaktivt avfall.



OVE LADE FRAM sin doktorsavhandling vid Uppsala universitet 1972. Den behandlar diapirism i teori och i experiment. Hans lärofader i gravitativt upplyfta intrusioner och saltavlagringar var professor Hans Ramberg, som hade skapat ett tektoniskt laboratorium på den geologiska institutionen vid Uppsala universitet.

Ove var en flitig skribent och hans publikationer, konferenspresentationer och böcker är fler än 130. Den senaste läroboken skrev han tillsammans med geofysikern Arno Zang: *Stress Field of the Earth's Crust*, publicerad av Springerförlaget 2010.

Jag träffade Ove under hans studietid i Uppsala. När jag senare som anställd i Bolidenbolaget såg behovet av att datorisera geologiska fältdata, startade vi ett projekt tillsammans med Tom Ekström, Harald Berner och Anders Wikström. Resultatet redovisades i två publikationer: *Data storage and processing in geological mapping I and II* (1971). I fjol, 48 år senare, fick jag ett mail från Ove som glatt meddelade att GEOMAP lever, fast numera vid Tekniska universitetet i Freiberg.

Ove blev professor i Bergmekanik vid Luleå tekniska universitet 1974 och behöll den tjänsten fram till 1990. Efter vistelsen i denna nordliga utpost utnämndes Ove till professor i ingenjörsgologi vid KTH.

Ett av hans sista projekt i Sverige var att tillsammans med kollegor från KTH och Stockholms universitet samt Geoforskningscentret i Potsdam, Berlin initiera en djupborrning i Björkö med syfte att påträffa geotermal energi.

Under perioden i Stockholm blev han engagerad av SAREC (Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries) och understödde ett brett geovetenskapligt forskningsprogram i Nicaragua. Programmet, som jag fick möjlighet att delta i, blev av SAREC:s styrelse omnämnt som ett av de bästa projekten i deras historia.

Ove blev kvar som professor i Stockholm fram till 2002. Han flyttade då till Berlin som gästprofessor vid GeoForschungsZentrum, Potsdam. Han förblev i Berlin fram till sin död.

Ove Stephansson var en aktiv medlem av *The International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering* och dess ordförande mellan 1987 och 1991.

Den 5 oktober 2019 skrev Ove i ett mail: "Jag har fortfarande mycket kontakter med gamla doktorander runt om i världen. På forskningsfronten är det fortsatt hög aktivitet och så sent som igår kom en översiktsartikel om mitt gamla DECOVALEX-projekt som detta år fyller 25 år och fortfarande rullar på med nya besättningar och finansierare. Jag var med och hade sekretariatet på KTH fram till 2007 och sista tiden från Berlin. DECOVALEX-projektet blev en institution".

DECOVALEX är ett internationellt samarbetsprojekt för teoretiska och experimentella studier av hur hydrologiska och mekaniska processer i hårda bergarter hänger ihop. Projektet stöddes av bland andra Svensk Kärnbränslehantering AB.

Ove var en mycket omtyckt och engagerande föreläsare och handledare vid de tekniska universiteterna i Luleå, Stockholm och Berlin och hade flera kinesiska doktorander. En av hans läroböcker är översatt till kinesiska.Handledningen av doktorander var enligt Ove den del av jobbet han mest gillade. Tillsammans med tidigare doktorander, som han tidigare handlett, var han verksam i två konsultföretag, Geoframes och Fracom.

Under tiden i Berlin, mellan åren 2000 och 2011, medverkade han i eget namn och tillsammans med andra forskare i inte mindre än 33 publikationer, 46 tekniska rapporter och konferensartiklar samt fem böcker.

Ove var under hela sin livstid emot orättvisor i världen och en aktiv medlem av Amnesty International. Han ägde en fruktträdgård med ett femtiotal äppelträd i Kuhbrücke vid Oder, nära den polska gränsen. Där odlade han stolt sitt eget röda vin på druvan Regent. Till Kuhbrücke for han med familjen nästan varje helg. De flesta somrarna under sin tid i Sverige tillbringade han i sitt sommarhus på Gotland.

Vi är många kollegor som nu saknar Oves intelligenta och ofta humoristiska kommentarer på företeelser inom geovetenskapen och livet i allmänhet. Han var en ovanligt kompetent och framstående forskare som var aktiv ända in i det sista.

För vännerna

Robert Lilljequist

✉ robertlilljequist@gmail.com

Minnesord

Lars Brunnberg

Universitetslektorn, fil.dr. i kvartärgeologi Lars Brunnberg, Stockholm, avled den 7 november vid 79 års ålder. Närmaste anhöriga är hustrun Agneta Ekman och döttrarna Maria och Annaklara med familjer.

Till vän-

ster: Lasse

under en fältvecka på Askö i Trosa skärgård.

Mitten: Lasse demonstrerar en berghäll för studenter på kursen "Havet" på Askö i Trosa skärgård.

Till höger: Lasse visar lervarvsprovtagning *the Swedish way* på Södertörn. Notera särskilt Lasses innovativa uppfinning *the floating toolbox*.

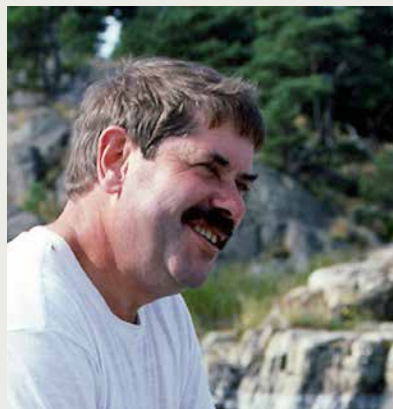


FOTO: THOMAS ANDRÉN.



LASSE ARBETADE i sin ungdom som glasmästare och gymnasielärare och tog 1967 studentexamen. Då började han också studera geologi vid Stockholms universitet, där han 1995 avlade doktorsexamen.

I avhandlingen utnyttjade han dateringsmetoden lervarvskronologi. Denna metod som utvecklades av Gerard De Geer redan vid slutet av 1800-talet, har på senare tid fått förnyad aktualitet och uppmärksammas även internationellt. Med den metoden kan man inte bara med stor noggrannhet datera inlandsisens avsmältning i Sverige utan även få ett begrepp om klimat- och miljöförändringar under de senaste ca 12 000 åren.

Med forskning kring detta arbetade Lasse in i det sista. På hans arbetsbord ligger fortfarande de papper och diagram som blev det sista han arbetade med och som tyvärr aldrig hann avslutas och komma i tryck.

Lasse var inte bara forskare. Han var även under ca 10 år prefekt vid den

dåvarande Institutionen för kvartärgeologi vid Stockholms universitet. Samarbetet med den övriga institutionsledningen fungerade friktionsfritt inte minst tack vare Lasses flexibilitet och goda samarbetsförmåga. Men framför allt var han en uppskattad lärare och exkursionsledare som gärna kryddade sina demonstrationer med anekdoter om de platser och personer som han talade om.

Något som också bidrog till att göra hans fältundervisning extra spännande var hans omfattande kunskaper, vilka han gärna förmedlade. Det gällde naturen i allmänhet men kanske främst växter och fåglar. Ett annat exempel på Lasses breda intresse och engagemang var hans medverkan i Stockholms Stads inrättande av Judarnskogens naturstig, då han faktagranskade informationsmaterialet.

Lasse var också en god vän som hade nära till skratt och alltid hade tid att utbyta tankar och funderingar,

inte endast om geologiska teman. Det gällde även kultur, film, litteratur och framför allt musik. Det har under åren blivit många givande och intressanta tankeutbyten om böcker och jazzmusik. Lasses breda kunskaper gjorde att samtalen i institutionens lunchrum alltid var intressanta.

Även privat var Lasse en hängiven naturälskare. Sommartid tillbringade han gärna på sitt lantställe i Buckarby. Vissa saker ville Lasse inte missa som att på vintrarna med sina kamrater göra långfärdsturer på skridsko. En annan sak som var ett måste för Lasse var att varje år anordna en surströmmingsmåltid, en av hans favoriträtter. Minnesstunden efter hans begravning intogs på en servering vid den strand där skridskoturerna ofta avslutades.

Vi är många som nu saknar Lasse.

För vännerna

Jan Lundqvist och Thomas Andrén

✉ jan.lundqvist@geo.su.se

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

Geologiska Föreningen tackar sina sponsorer för 2020

Platinasponsorer



UPPSALA
UNIVERSITET



Stockholms
universitet

Institutionen för geologiska vetenskaper
Institutionen för naturgeografi

L
LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET

Guld sponsorer

NEW **BOLIDEN**



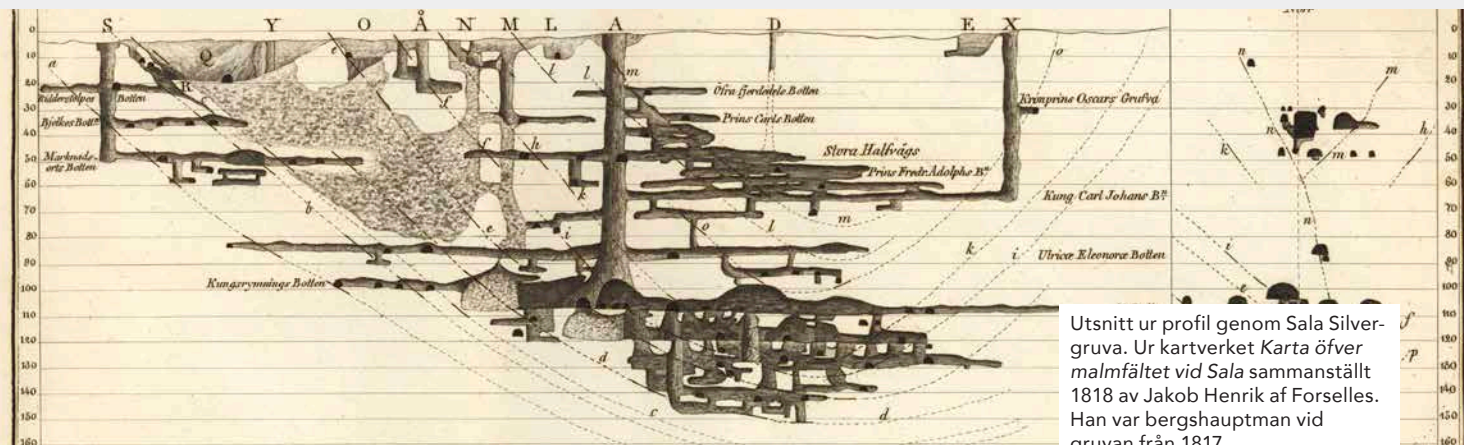
LUNDS
UNIVERSITET



Zinkgruvan Mining
a subsidiary of **lundin mining**



GÖTEBORGS UNIVERSITET



Utsnitt ur profil genom Sala Silvergruva. Ur kartverket Karta öfver malmfältet vid Sala sammanställt 1818 av Jakob Henrik af Forselles. Han var bergshauptman vid gruvan från 1817.