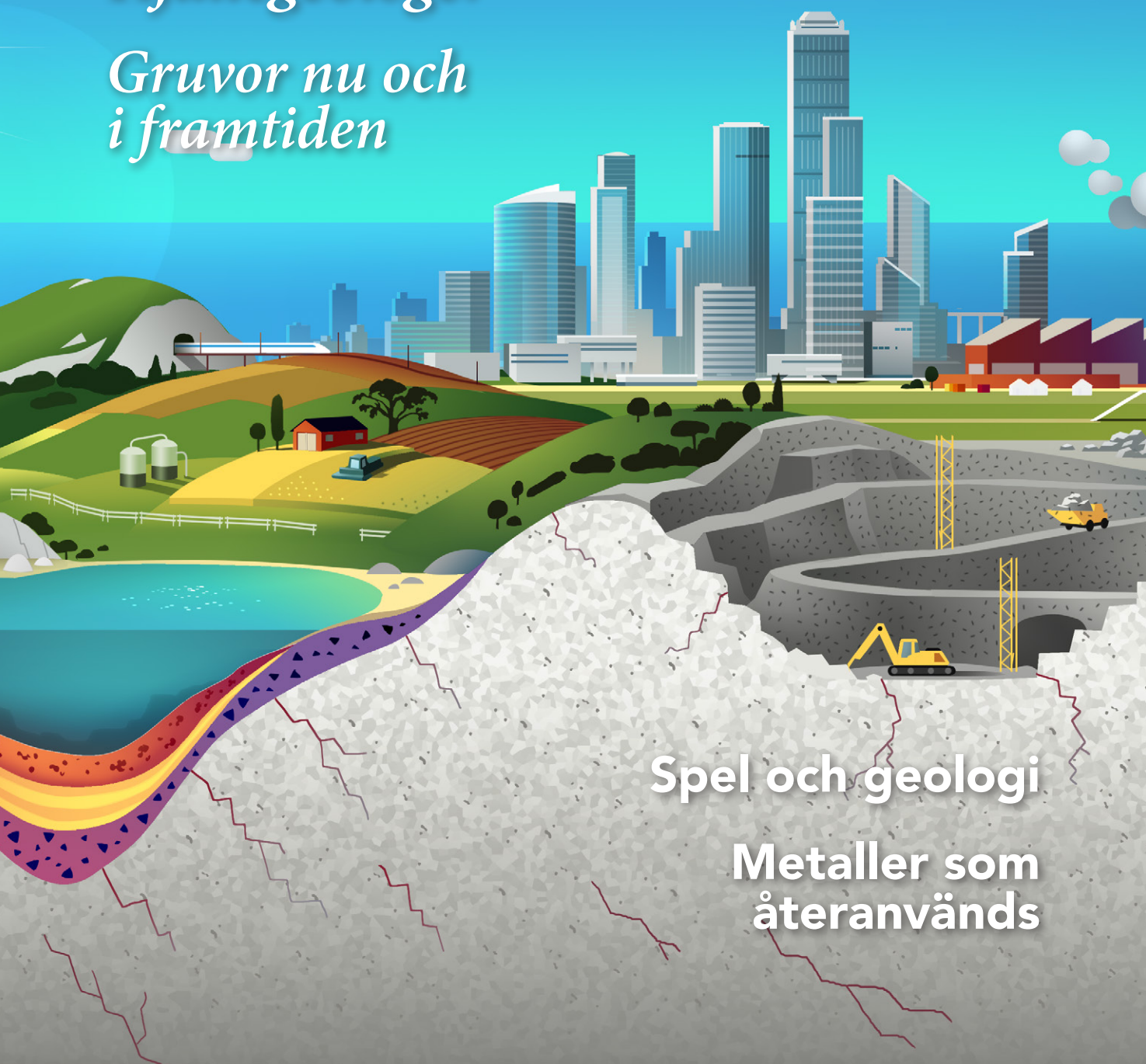


GEOLOGISKT FORUM

Nr 91 ♦ 2016

Hjältegeologer

*Gruvor nu och
i framtiden*



Spel och geologi

**Metaller som
återanvänds**

GEOLOGISKT FORUM

Nr 91 ♦ 2016

ISSN 1104-4721

Ansvarig utgivare: Mark Johnson

Redaktör:

Jeanette Bergman Weihed
tel. 070-3724828
e-post: jeanette@tellurit.se
För text, layout och bilder svarar
redaktören där inget annat anges.

Redaktionen adress:

Geologiska Föreningen
c/o Tellurit AB,
Varvsgatan 41,
972 32 Luleå
e-post: info@geologiskaforeningen.se

Omslagsbild: Det geologiska samhället.
Illustration från SGUs digitala skolsatsning
Geologisk, www.sgu.se/geologisk.
Illustratör: Romain Trystram.

Upplaga: 3000 ex.

Tryckeri: Elanders Sverige.

Ordinarie lösnummerpris: 75 kr.

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

En årsprenumeration kostar 250 kr.
För dig som är medlem i Geologiska
Föreningen ingår tidningen i det ordinarie
medlemskapet, vilket kostar från 290 kr
per år. Som medlem har du också tillgång
till tidningen som pdf samt ett digitalt
arkiv. Läs mer på vår webbplats.

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

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

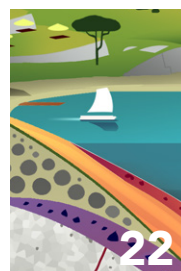
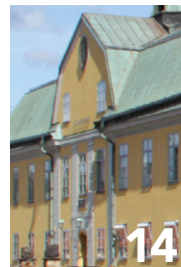
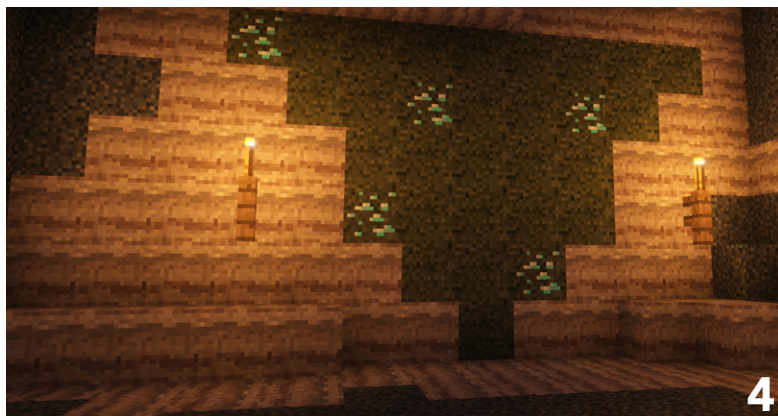
Välkommen att kontakta redaktören
om du vill medverka i Geologiskt forum.
Författarna svarar själva för innehållet i
sina artiklar. Nästa nummer av Geologiskt
forum kommer i december 2016.

Geologiskt forum ges ut av Geologiska
Föreningen i samarbete med föreningen
för Geologins Dag.



I DETTA NUMMER

- 3 Ledare
- 4 Spel ska skapa nyfikenhet och förståelse för geologi
- 7 Nordsken – brädspel, datorspel, cosplay och ... geologi
- 8 Naturhistoriska riksmuseet – hundra år i samma hus
- 10 Metaller som används igen och igen och igen ...
- 14 Gruvor igår, idag och i morgon
- 20 Vad gör en geovetare?
- 22 Klarar du av SGUs övningar för högstadie- och gymnasieungdomar?
- 26 Hjaltegeologen på vita duken
- 29 På gång
- 30 Sista ordet: Låga grundvattennivåer och ett framtida klimat
- 32 Priser för bästa artiklar i GFF 2015



Geovetenskap för en bättre värld

Geovetenskap kan på många sätt sägas utgöra grunden för vårt samhälle. Växter och djur påverkas av vilka bergarter och jordarter de lever på. Människan är beroende av material som har sitt ursprung i berg och jord. Och vi alla behöver vatten. I Sverige är vårt dricksvatten ofta grundvatten.

TROTS ATT GEOVETENSKAP har så stor betydelse för allt levande och för samhället så är kunskapen om ämnet relativt låg bland människor i allmänhet. Geovetenskap är ännu inget eget skolämne, som biologi eller kemi. Det berörs vanligen bara som en del av naturkunskapen.

Då jag själv gick på gymnasiet naturvetenskapliga linje lärde vi oss ingenting alls om geovetenskap. Kanske ingick något om bergarter i grundskolan, men det har jag inget minne av.

För den som väljer att studera geovetenskap finns stora möjligheter att göra en insats för att förbättra vår värld. Det kan röra sig om att hitta grundvatten i områden med vattenbrist, att leta efter mineraltillgångar, att sanera föroreningar i marken, att undersöka berggrundens utveckling och mycket mer.

Detta nummer av Geologiskt forum ges ut i samband med Geologins Dag och är särskilt riktat till högstadie- och gymnasieelever och deras lärare. Men jag hoppas att du

som regelbundet läser tidningen också ska hitta mycket som du finner intressant.

Jeanette Bergman Weihed, redaktör



FOTO: CECILIA JELINEK

Geologins Dag

Hade du en favoritsten när du var barn? Byggede du ett episkt sandslott eller letade fossil på stranden? Drömde du om dinosaurier eller lekte "inte nudda mar-

ken" för att där rann lava? I så fall var du inte ensam. Det sägs om barn att de ofta har ett stort geologiintresse, men vuxna då?

Vissa menar att ämnet geologi är för abstrakt och svårt att ta till sig, och att intresset därför svalnar med åren. Enligt andra är det just det abstrakta som lockar; de stora processerna som omformar hela kontinenter under ofattbart lång tid. Geologi är abstrakt, men också vardagligt och konkret och det lockar mer än vi tror.

På Svenska Turistföreningens webbplats (svenskaturistforeningen.se) listas många geologiskt betingade platser som Höga kusten, Abisko, Stockholms skärgård och Österlen. Dessutom finns information om geologin i nästan alla Sveriges nationalparker på webbplatsen sverigesnationalparker.se. Den andra lördagen i september inträffar varje år Geologins Dag – ännu en arena för att skapa intresse för geologi. Eller rättare sagt att återuppliva det barnsliga intresset från förr.

Nelly Aroka, Sveriges geologiska undersökning, SGU, projektledare för Geologins Dag.

Alla behöver inte vara geologer ...

... men alla behöver förstå lite mer geologi! Geologiska processer formar den värld vi lever i, och geologi och kunskap om geologi utgör på många sätt basen för vårt samhälle.

Vi konsumerar råvaror som aldrig förr – till cyklar, bilar, solceller, katalysatorer, satelliter m.m. Geologin begränsar och ger möjlighet när vi bygger och utvinner energi på olika sätt. Geologisk kunskap hjälper oss att förstå klimatförändringar och vår egen miljöpåverkan.

Geologin finns i många av de frågor som debatteras idag. Hur ska vi nå en långsiktigt hållbar råvaruförsörjning av metall, mineral och grundvatten? Hur mycket kan vi återvinna, vilka processer krävs och räcker det till? Var och hur bygger vi på bästa sätt utan risk för sättningar och skred eller påverkan på till exempel grundvattnet? Och hur bedömer vi vilken markanvändning som är den bästa för samhället på lång sikt?

Det behövs en grundläggande förståelse för geologins betydelse och för vikten av geologisk kunskap – framför allt hos kommande generationer som på olika sätt ska arbeta med frågor som rör bland annat markanvändning, resursutnyttjande, infrastruktur och klimat- och miljöfrågor. För att komma dit behöver vi som jobbar med geologi engagera, väcka nyfikenhet och debattera.

Kaarina Ringstad, SGU, projektledare för SGUs uppdrag Att öka kunskapen om geologins betydelse för samhället.



Spel ska skapa nyfikenhet och förståelse för geologi

Redan i maj 2015 lanserade Sveriges geologiska undersökning, SGU, en mod (modifikation) av Minecraft med mer realistisk geologi än i ursprungsspelet. Intresset för modden "BetterGeo" har varit mycket stort och nu i september släpper SGU den troligtvis sista stora uppdatering med nytt innehåll. Några av nyheterna är jordarter, fler fyndigheter, fossil och utökade miljökonsekvenser.

BAKGRUNDEN TILL BETTERGEO
låter förhållandevis enkel: Minecraft är ett otroligt populärt spel som i stora delar bygger på geologi. Som spelare söker du efter fyndigheter, till exempel järn, guld och diamanter, och gör föremål av dessa. Problemet är bara att geologin är extremt förenklad, där bergarten "sten" utgör det mesta av berget. Varför inte lära spelarna riktig geologi – ge dem namnen på de vanligaste eller viktigaste mineralen, metallerna och jordarterna, lägga till

några geologiska processer, baka in miljökonsekvenser av till exempel metallförädling och ge spelaren verktyg att åtgärda konsekvenserna.

Lustfylld, digital geologi

Sagt och gjort! Myndigheten SGU tog sig an utmaningen att skapa mer realistisk geologi i spelet genom en mod som fungerar som ett tillägg till spelet. BetterGeo-teamet har skapat helt nya digitala världar med massor av jordarter, bergarter, mineral och

metaller som tidigare inte funnits i spelet. Fyndigheterna finns utplacerade i sådana geologiska miljöer som återspeglar var mineralen och metallerna kan finnas på riktigt. Några exempel är diamanter i kimberlit och guld i kvartsgångar.

Samtidigt har man utvecklat förädlingsprocesserna, dvs. hur metaller utvinns ur malmen och hur olika metaller till exempel kan kombineras för att skapa legeringar. Till skillnad från tidigare finns nu flera steg för

Till vänster: Kimberlitgång med diamanter. Bild inifrån spelet.
Ovan till höger: Smältverk med rökgasrenare och utan. Verket utan renare sprider svart aska som är giftig för växter, djur och människor (de svarta smala blocken).
Nedan till höger: Svallat klapper visar högsta kustlinjen.

BetterGeo är en del av SGUs tre-åriga regeringsuppdrag Att öka kunskapen om geologins betydelse för samhällsbyggnad och tillväxt. Projektet avslutas i december i år. Mer information: kaarina.ringstad@sgu.se.

Ladda ned modden och läs mer på: www.sgu.se/bettergeo. Modden är gratis och för att kunna installera den måste du ha en Minecraftlicens för dator. Har du frågor om BetterGeo? Maila till bettergeo@sgu.se.

detta där olika processer även kräver olika mycket energi beroende på mineral och metall. För att det ska finnas en drivkraft för spelaren att hitta de, i spelet, nya metallerna och mineralen har man också fått ta fram nya föremål att bygga.

Målet är att nå spelarna direkt och på ett lustfyllt sätt skapa ett första möte med geologi. Målgruppen är framför allt barn och unga men även vuxna. Tanken är att väcka både nyfikenhet och intresse, och att på sikt skapa en förståelse för hur geologin griper in i våra liv och vårt samhälle. En bieffekt är att många föräldrar genom sina barn blir intresserade av de frågor som väcks i BetterGeo.

Nu kommer även jordarter och fossil in i spelet

Nu kommer, som sagt, de sista stora nyheterna i modden. Hittills har arbetet i hög grad varit fokuserat på bergarter, malm och mineral och deras användningsområden. I senaste versionen har teamet arbetat med jordarter. I originalversionen av Minecraft består de övre lagren av "jord", som i den senaste versionen av BetterGeo



ersätts av bland annat olika typer av morän, torv, klapper och flyttblock. Du kan också som spelare hitta högsta kustlinjen! Det finns även ammoniter, trilobiter och brachiopoder i sedimentära bergarter.

Redan i tidigare versioner har teamet lagt in vittring som en geologisk process. En konsekvens är att du som spelare måste tänka efter vilken bergart du använder som byggblock för hus och annat. Väljer du en lättvittrad bergart – ja, då får det ju konsekvenser.

Miljön i fokus

BetterGeo-teamet bakade tidigt in miljökonsekvenser i spelet. En sådan är att du får en restprodukt, slagg, vid metallförädling. Du har även möjlighet att utvinna den metall som finns kvar i slaggen. I den uppdatering som släpptes under våren (1.2) har miljökonsekvenserna utökats genom att

Sagt om BetterGeo av spelare och andra

Spelforum:

Reddit: "I love this idea of making mods to teach the very basics of something complex like geology."
 Crioll

Minecraftforum: "Hej! Har äntligen tagit mig tid att prova denna mod och jag verkligen älskar det! Gillar hur det är ganska enkelt men ändå gör så att det finns mycket att lära sig och att det finns många nya saker. Att det är lite mer realistiskt gillar jag också! Fortsätt såhär!"
 Fyodisco

iFokus: "Jag kan ingenting om geologi men jag tycker att det är väldigt intressant och kan tänka mig att det kommer bli väldigt kul att lära sig mer om det i spelet Minecraft".
 Felle-j

Vetenskapsradion, SR:

"Ooo!" Ellie Andersson 8 år

rök och giftig aska sprids från smältverket. För att stoppa detta kan spelaren bygga och installera en rökgasrenare. I den senaste versionen är det också möjligt att utvinna små mängder metall direkt ur den aska som samlas upp av rökgasrenaren. Här kan du också bygga en återvinningsstation för att återvinna metaller från saker som är utslitna (sten- och metallhackor som nöts ned under spelets gång).

Styra spelaren till mer lärande

I arbetet har man tagit steget vidare till att ta fram mer styrda äventyr, bland annat för att ge lärare och pedagoger ett verktyg. I Minecraft finns något som heter Achievements, prestationer. Du kan som spelare se vad som krävs för att nå olika achievements samt hur många du har samlat. BetterGeo introducerar nu sina egna achievements kopplade direkt till geologi. Det kan till exempel vara att du hittar en viss bergart och nästa steg att du lyckas utvinna en metall ur denna. När du får din achievement, din prestation, för att ha hittat bergarten belönas du med en bok som berättar om bergarten. På så sätt får du en koppling till verkligheten.

– Vi kommer i början av hösten att ta fram en handledning med övningsexempel som kopplar till grundskolans kursplaner, berättar Pontus Westrin som ingår i teamet kring BetterGeo.

Förenklad värld

Mycket av det inledande arbetet har handlat om begränsningar. Geologi

OM MINECRAFT, GEOLOGI OCH MODDAR

Äventyrs- och byggspelet Minecraft har sålt i mer än 100 miljoner exemplar runt om i världen. Minecraft fokuserar på att låta spelaren utforska, omvandla och interagera med en dynamiskt genererad spelkarta byggd av kubikmeterstora block av sten och jord. Förutom block innehåller spelkartan också växter, varelser och föremål. Spelarens aktiviteter i spelet omfattar bland annat gruvarbete, att bekämpa fientliga varelser och att bygga nya block och verktyg genom att samla på olika resurser som finns i spelet.

Geologin i Minecraft är mycket förenklad. Det finns ett fåtal bergarter och vad gäller jordarter så är de nästan helt begränsade till en: "jord". De olika fyndigheterna, som till exempel guld och diamanter, ligger slumpvis utplacerade i block av "sten".

En **mod**, modifikation, är ett tillägg som ger spelet nya egenskaper. Moddar görs i regel av spelare, för spelare. De fungerar enbart för dator (Minecraft finns även för tv-spelskonsoler och mobila enheter) och är alltid gratis. Hittills verkar SGU var den enda myndigheten i världen (!) som tagit fram en mod för Minecraft.

är komplext! SGU har velat göra en spelarmod där spelaren lär sig både lite grundläggande geologi och varför det är så viktigt med viss förståelse för geologi. För att kunna göra det har det varit nödvändigt att begränsa och förenkla ganska mycket. Då har det varit bra med en tigt projektgrupp med blandade kompetenser – geologi, "spelförståelse", programmering m.m. Det är annars lätt att det kan träda över antingen till så mycket "pedagogisk geologi" att spelet blir tungt och svårspelat vilket innebär att ingen vill spela det, eller till så många "utflippade" idéer att man tappar bort kärnan, dvs. det vi vill uppnå med spelet. Sedan finns det ju så klart begränsningar i vad som går att göra rent programmeringsmässigt.

Framtiden?

I och med att projektet avslutas till årsskiftet, planerar SGU inget mer omfattande utvecklingsarbete av modden efter denna senaste version.

Däremot kommer en uppgradering med mindre modifieringar av funktioner att göras under 2017, för att kunna matcha senaste versionen av Minecraft. Intresset för BetterGeo har varit stort, inte minst från andra myndigheter och organisationer, och det är inte omöjligt att det kan bli några framtida aktiviteter eller samarbeten kring modden.

– Det är roligt med så positivt respons från olika aktörer. Men absolut viktigast är den dialog vi har direkt med spelare på olika forum, som till exempel Minecraftforum.net, säger Pontus Westrin.

– Där får vi direkt feedback på vad vi har gjort, konkreta förslag på förändringar, input till nya idéer och mycket mer. Den viktigaste målgruppen är ju faktiskt de som spelar modden.

Kaarina Ringstad, Sveriges geologiska undersökning, SGU. Projektledare för det större projekt där BetterGeo ingår.





Till vänster: På rundtur i Garpenbergsgruvan med hjälp av VR (virtuell reality). Foto: Pontus Westrin, SGU.
Till höger: Gissa berget! Många av festivalbesökarna, såväl barn som vuxna, tyckte det var spännande att se några av Sveriges viktigaste malmtyper. Foto: Christine Nilsson, Boliden.

Nordsken – brädspel, datorspel, cosplay och ... geologi

Nordsken är en spelfestival som i år pågick 5–7 maj i Skellefteå. Här samlades mellan 7 000 och 9 000 besökare för att spela datorspel och brädspel, bygga lego, se cosplay och konst, uppleva VR och mycket annat. I år bjöds besökarna även på både verklig och virtuell geologi!

BLAND STAR WARS-FIGURER, schackpjäser och datorspel om allt från enhörningar till vikingar stack montrarna om geologi ut. Geologi som spel och som verklighet!

På en central plats i utställningslokalen samsades SGU och Boliden för att visa festivaldeltagarna vad geologi handlar om.

I SGUs spelhörna kunde deltagarna prova på att spela BetterGeo, en s.k. mod för Minecraft (läs mer på sidan 4–6). Genom BetterGeo lyfts spelaren in i en värld med realistisk geologi. Att därefter och med handledning av en riktig geolog få se, känna och klämma på stuffer av de bergarter och malmer som förekommer i spelet var för många en riktig aha-upplevelse.

Hos Boliden bjöds besökarna bland annat på en mer virtuell verklighet, där man med VR-glasögon fick åka ned i Garpenbergsgruvan till en kilometers djup. Kön till att

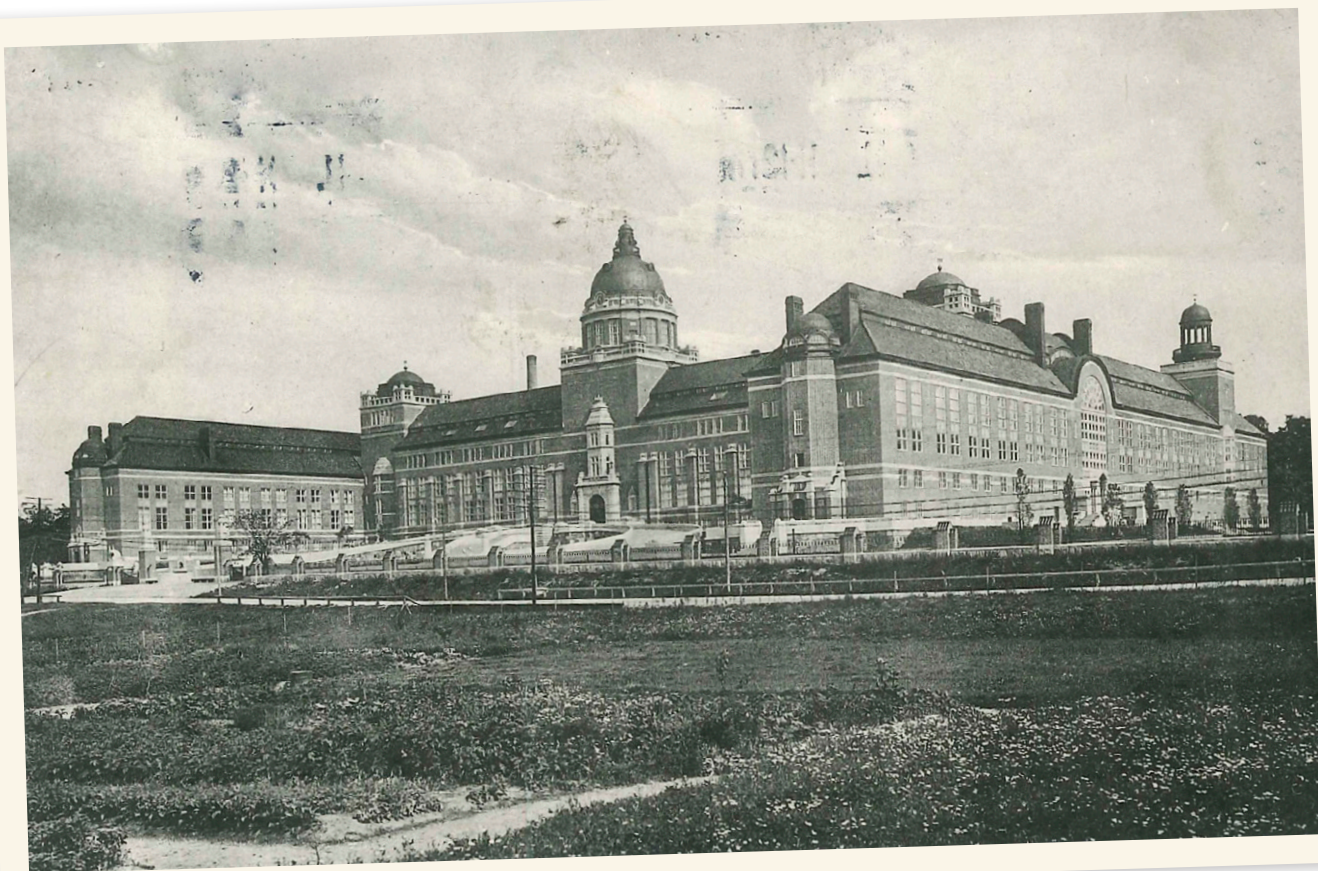
använda glasögonen var lång, och många kom tillbaka för att prova igen!

Varför geologi på en spelmässa?

Varför ska då olika aktörer visa upp geologi på en spelmässa? När man fram?

– Absolut, säger Pontus Westrin, SGU, och fortsätter: – SGUs syfte här är att skapa ett första intresse för geologi och de frågor som rör geologi i samhället. Vi vill nå barn, unga och deras föräldrar, och det är här många är. Genom BetterGeo har vi en naturlig ingång, men många kommer också spontant med frågor om geologi och mineralnäring, men också om utbildning och jobb. Vi har även haft besökare som har haft med sig stenar som de undrat över.

Kaarina Ringstad, SGU



Naturhistoriska riksmuseet – hundra år i samma hus

I år fyller Naturhistoriska riksmuseets nuvarande byggnad 100 år – ett sekel i Frescati som har varit fylld av upptäckter. Museet är till ytan Sveriges största.

MUSEETS HISTORIA är mycket äldre än byggnaden. Redan för drygt 270 år sedan började Kungliga Vetenskapsakademien (bildades 1739) samla in de naturföremål som så småningom blev grunden för riksmuseets samlingar. Föremålen samlades in både av kungligheter och av Sveriges många upptäcktsresande och vetenskapsmän i samband med deras resor i Sverige och utomlands.

Museet hade flera olika adresser i Stockholm under de år som följde. Vid slutet av 1800-talet låg museet i det Westmanska huset vid Adolf Fredriks kyrka men dessa lokaler började bli för trånga. Man letade länge efter ny plats för museet och

bestämde sig till slut 1901 för att bygga ett nytt museum vid Frescati.

Arkitekten A. Anderbergs ritningar till det nya huset godkändes 1905, och år 1916 stod huset klart för inflyttning. Byggnaden gjordes monumental med en huvudbyggnad och flyglar som går ut ifrån denna. Stilen är geometrisk jugend men med rötter i barocken.

När huset var nytt fanns bara elektrisk belysning på några få platser, så huset fick stora fönster. Museets öppettider styrdes av dagsljuset. Vestibulen fick sitt dagsljus från den stora kupolen mitt på huvudbyggnaden. Fasaden kläddes med tegel från Helsingborg, och till socklar, lister

och runt fönstren användes krysshamrad granit från Roslagen. Takteglet kom från Sala.

– Det var viktigt att huset byggdes med material från Sverige, förklarar Martin Testorf, jubileumskoordinator på Naturhistoriska riksmuseet.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) höll till i riksmuseets lokaler fram till 1979. I Vegahallen, i den del av museet där SGU låg, har många olika bergarter använts som byggnadsmaterial. Bland annat finns Kolmårdsmarmor på golvet, pelare av Bohusgranit och väggar av Våneviksgranit, Vångagranit och Gylsboda-diabas. Hallens åtta pelare toppas av kapitäl som illustrerar olika

Till vänster: Vykort från 1919, då museet var nybyggt.
Nedan: Byggandet av den stora takkupolen på huvudbyggnaden.
Längst ned: Laboratoriet Nordsim.



FOTO: NATURHISTORISKA RIKSMUSEET.

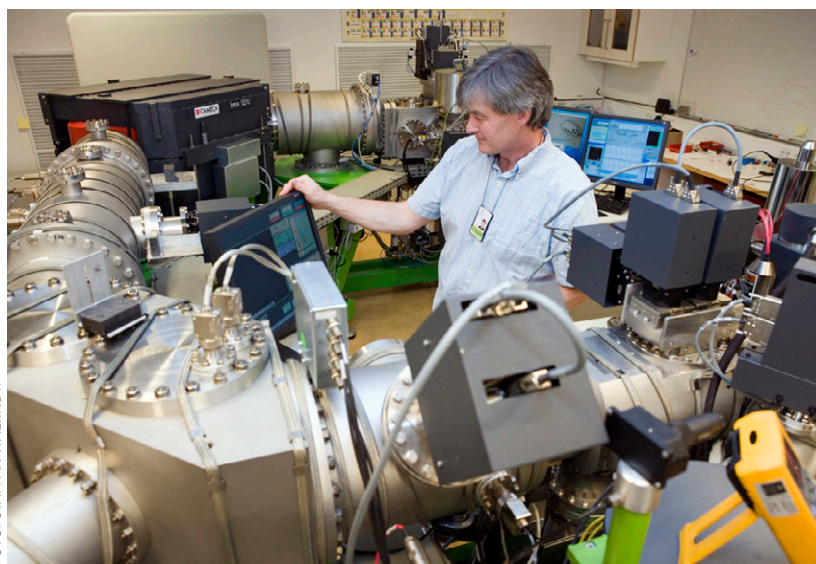


FOTO: STAFFAN WAERNDT.

svenska typfossil, bland annat bläckfiskar och trilobiter.

Martin tipsar om att helgen 12–13 november kommer museet att fira sin födelsedag tillsammans med alla besökare. Då finns det möjlighet att titta in bakom kulisserna och att träffa forskare som jobbar på museet.

Några av höjdpunkterna från museets verksamhet efter 1916

- Redan 1927 började museet göra tredimensionella modeller av fossil. Dessa vaxmodeller blev världsberömda.
- Ett nytt sätt att beräkna släktträd fick genomslag i hela världen genom museets arbete 1966. Metoden kladistik är idag standard i forskningen om evolution och släktskap.
- Pollen i luften mäts dagligen sedan 1980-talet. Idag görs pollenprognoser för alla Sveriges allergiker.
- Cosmonova invigdes 1992. Sverige fick sin första IMAX och kupolbiograf med plats för 260 personer.
- Ett laboratorium för geologisk forskning, Nordsim, invigdes 1995. Där mäts ålder, härkomst och sammansättning på stenar, bergarter, meteoriter och arkeologiska föremål.
- Utställningen Fossil och evolution öppnade 2015. Där fick museets första dinosaurie, Iguanodon från 1908, sällskap av flera nya dinosauriemodeller.

– I samband med jubileet har vi också producerat sex fördjupningsfilmer som ska berätta om verksamheten och varför vi finns idag, berättar Martin. Du hittar dem på Naturhistoriska riksmuseets Youtube-kanal. Där finns också en film om byggnaden.

FOTO: HOLGER ELLGAARD, WIKIMEDIA COMMONS.



Uppdaterad utställning om gruvor på Tekniska museet

I höst kommer utställningen om gruvor på Tekniska museet att uppdateras. Utställningen består idag av två delar: en del från 1938 om gruvor och en modernare del om gruvidrift. Men även den modernare delen har många år på nacken och det har länge känts angeläget att modernisera den.

Planen är nu att den äldre delen av utställningen ska restaureras medan den modernare utställningen kommer att göras om i grunden.

SveMin (Sveriges branschförening för gruvor, mineral- och metallproducenter) har säkrat finansiering för arbetet med utställningen. De företag som är med och finansierar är bland andra Boliden, LKAB, Atlas Copco, Sandvik, Nordkalk, SMA Mineral och Zinkgruvan.

SveMin kommer också att hjälpa till med faktagranskning, och medlemsföretag bidrar med utrustning till utställningen.

Invigning av utställningen äger rum i samband med SveMins höstmöte den 24 november i år. Mer information om invigningen kommer inom kort på svemin.se.

Metaller som används igen

Vårt samhälle skulle inte fungera om vi inte hade tillgång till metaller. I takt med att världens befolkning växer blir det allt viktigare att återanvända de metaller vi framställt tidigare. Det kräver att vi förbättrar insamlingen av gammalt material, men också att vi fortsätter att utveckla processer för återvinning.

METALLER FINNS ÖVERALLT i vår omgivning och är viktiga byggstenar i vårt samhälle. Metaller kan användas som rena metaller för deras specifika egenskaper, men de kan också legeras med andra metaller.

Stål är ett exempel på en legering som har järn som största beståndsdel. Det finns en mängd olika typer av stål som har olika sammansättning beroende på hur det ska användas. Rostfritt stål består huvudsakligen av järn, krom och nickel för att få ett material som inte rostar. Stål används till exempel för att bygga järnvägar, broar, hus och bilar. Diskbänkar och bestick är andra exempel på produkter som ofta innehåller rostfritt stål.

Koppar är en metall som många gånger används som ren metall för dess goda ledande egenskaper, bland annat i datorer, mobiltelefoner och elledningar. Koppar kan också ingå i legeringar, till exempel tillsammans med zink i mässing.

Guld är en ädelmetall som används till smycken, men den är också på grund av sina unika egenskaper en viktig del i elektronikprodukter.

Grundämnen

Metaller är grundämnen och kan därför aldrig förstöras. Det som bryts och förädlas från gruvor kan i teorin återvinnas till hundra procent. Men fungerar det så i praktiken?

Nej, inte riktigt eftersom en del skulle bli tekniskt svårt och mycket kostsamt att återvinna. Men en stor del av de metaller som finns i olika produkter kommer tillbaka genom återvinning. Detta gäller framför allt de metaller som finns i stora mängder eller som har ett högt värde, t.ex. ädelmetaller.

Lång användningstid

Återvinning av metaller kan ju först ske då produkten som den använts till ska skrotas och detta tar olika lång tid (se faktarutan om koppar på sidan 13). Vissa produkter som innehåller metaller används i hundratals år innan det är dags att återvinna dem. Metaller som finns t.ex. i broar och järnvägar, som är mycket hållbara anläggningar, är bundna länge och det tar därför mycket lång tid innan de kommer till återvinning.

Våra moderna produkter som datorer och mobiltelefoner kanske vi däremot byter ut efter bara något år därför att vi vill ha en snabbare eller mer avancerad produkt. I detta fall kan det dock vara så att tiden innan metallen återvinns kan bli lång därför att vi istället för att lämna elektronik till återvinning har en samling gamla datorer och mobiltelefoner hemma i något förråd.

Hur går då återvinning av metaller till?

Det finns en mängd olika sätt att återvinna metaller beroende på vilken metall det är fråga om, och i vilka produkter eller konstruktioner metallen finns.

Det allra enklaste är när skrotet är så rent att metallen kan användas igen direkt. Men i dagens moderna samhälle blir det allt vanligare att de produkter vi använder blir mer och mer komplexa och innehåller en mängd olika material. Detta gör återvinningen mer utmanande och kräver kunskap och utveckling av processerna för att de olika metallerna ska kunna separeras ut och komma till användning i nya produkter.

En bil eller dator som har gjort sitt och skrotas går igenom ett antal



Människors behov av metaller

Alla föremål vi omger oss med är tillverkade av råvaror som på något sätt kommer från naturen. Därför är vi beroende av tillgången på metaller, mineral, energiråvaror och ballastmaterial, förutom av trä och annat material av biologiskt ursprung.

En människa i västvärlden använder under sin levnad i genomsnitt lite drygt 1400 ton olika mineral, metaller och petroleumprodukter (se tabellen). Det mesta av dessa produceras i gruvor och stenbrott. Eftersom vi blir fler människor på jorden och fler vill uppnå samma levnadsstandard som i västvärlden kommer behovet av mineral och metaller troligen att öka. Även om andelen återvunnet material fortsätter att bli större så kommer detta inte att kunna täcka behovet.

sten, sand och grus	570	ton
cement	22	ton
järnmalm	12	ton
salt	5200	kg
fosfat	7500	kg
leror	5200	kg
bauxit (aluminium)	2400	kg
koppar	450	kg
bly	410	kg
zink	240	kg
guld	50	g
andra metaller	25	ton
petroleumprodukter	273 000	l
kol	205	ton
naturgas	197 000	m ³

Källor: SGU. Mineral Information Institute, www.mii.org. Siffrorna gäller för USA men är relevanta också för övriga länder i västvärlden.

och igen och igen ...



olika processteg: demontering och sortering, fragmentering, separation av olika materialfraktioner, smältning och förädling till ren metall eller legering.

Allt börjar med insamling

Det första steget i återvinningskedjan är att de produkter som innehåller metaller måste samlas in och hamna på rätt ställe. Efter att produkterna har samlats in görs en första sortering och vissa delar plockas bort.

Därefter sönderdelas produkten, fragmenteras, till mindre delar. Sönderdelning gör att olika material som plast och olika metaller (t.ex. stål, aluminium och koppar) kan delas upp i olika fraktioner.

Separationen görs med metoder som bygger på att materialen har olika egenskaper. Magnetseparering utnyttjar materialets magnetiska egenskaper och gör att det magnetiska materialet kan skiljas från omagnetiskt material.

En annan typ av separation som är vanlig för skrot utnyttjar materialens skillnader i densitet. Aluminium är till exempel lättare än koppar, och organiskt material som tyg och stopp-

ning från bilinredningar kan separeras från metallfraktioner.

Åter till metall

Efter separation till olika fraktioner skickas dessa vidare till metallurgiska processer för att åter bli rena metaller eller legeringar. Järn- och stålskrot skickas till stålverk, aluminium till aluminiumverk, koppar och ädelmetaller till kopparverk och så vidare.

Metallurgiska processer delas många gånger in i processer som utvinnet metaller och legeringar från det som bryts i gruvor, och det som återvinns från skrot. Men det är också vanligt att skrot och malmkoncentrat från gruvor blandas i processerna och kompletterar varandra.

Skrot används bland annat för att kyla processer som används för smältning och förädling av malmkoncentrat. Skrotet är också ett bra tillskott på råmaterial.

Malmkoncentrat används ibland som råvara i skrotbaserade stålverk för att få rätt sammansättning på legeringen. Sammanfattningsvis kan sägas att skrot och malmer kompletterar varandra på ett bra sätt.

Föregående sida: I en stad som New York byggs det ständigt och en mängd metaller behövs för detta.

Ovan till vänster: Importerat stålskrot i Viktoriahallen i Luleå. Foto: Stig-Göran Nilsson, Jernkontoret.

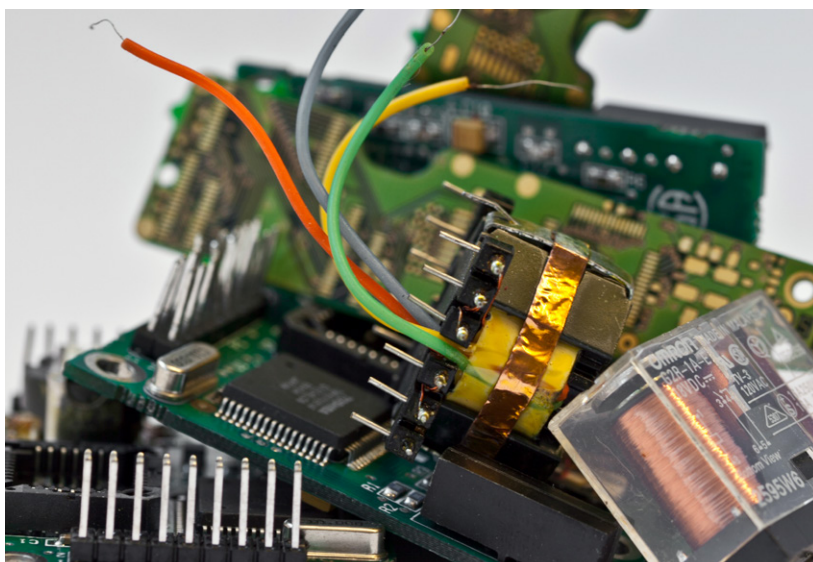
Ovan till höger: Laddning (insättning) av stålskrot i ljusbågsugnen på Scania Steel Björneborg AB i Värmland. Foto: Pia & Hans Nordlander, Bildn, Jernkontoret.

Ljusbågsugnar för järn och stål

Skrotbaserade stålverk, dvs. de som använder sig av skrot som råvara, använder så kallade ljusbågsugnar för att smälta om skrotet med hjälp av elektrisk energi. Skrotet smälts, och sen legeras det till rätt sammansättning i de steg som följer efter smältningen.

Stålskrot används också i betydande mängd i stålverk som framställer stål från järnmalm. Skrotet tillsätts i stålkonverteringen där så kallat råjärn konverteras med hjälp av syrgas till stål.

De kemiska reaktioner som sker vid konverteringen ger upphov till värme vilket gör att processen måste kylas. Detta görs bland annat genom att tillsätta skrot som behöver värme för smältningen.



Bolidens smältverk Rönnskär är världsledande inom återvinning av elektronikskrot. Där kan omkring 120 000 ton material återvinnas per år. Den genomsnittliga guldhalten i elektronikskrot är 100 g/ton. Det kan jämföras med guldhalten 4 g/ton i Bolidens gruva Kankberg.

Koppar och ädelmetaller

Koppar återvinns från en mängd olika material. Dessa kan innehålla allt från nästan enbart koppar till bara några få procent koppar. Detta gör att det finns många olika sätt att återvinna metallen på. I många fall kombineras återvinningen med utvinning av koppar från kopparmalmer i smältprocesser.

Smältverk som utvinnet koppar från malmkoncentrat har ett antal olika delsteg: smältning, konvertering och raffinering, för att separera ut ren koppar. Kopparinnehållande skrot kan tillsättas i olika delsteg, lite beroende på hur rent skrotet är. Ju längre fram i kedjan, desto renare kopparskrot krävs!

Även i processer för utvinning av koppar genereras mycket värme i vissa processsteg, exempelvis vid kopparkonvertering. Där behöver skrot tillsättas för att kyla processen.

Gammal elektronik

Mängden elektronikskrot växer stadigt då vi blir fler användare och idag allt oftare byter datorer, telefoner och liknande. Elektronikskrotet innehåller koppar och ädelmetaller och dessa behöver återvinnas på ett effektivt och miljömässigt sätt.

Återvinningen kan ske genom att skrotet smälts i en ugn där plastinnehållet förbränns och utnyttjas för att ge energi att smälta skrotet. Efter smältning behövs ett antal olika reningssteg för att separera kopparn

från andra ämnen som järn, aluminium och ädelmetaller.

Järn och aluminium separeras till en oxidfas, ett slag, i ett konverteringssteg. Detta kan kombineras med konvertering av koppar från malm.

Ädelmetallerna som finns i elektronikskrotet följer med kopparn genom de olika smältstegen och separeras från kopparn i ett av de sista stegen för att utvinna ren koppar, det så kallade elektrolyssteg.

Koppar från de olika smältstegen gjuts till så kallade anoder som går vidare till elektrolyssteg där kopparn löses upp med elektrisk ström i ett bad som innehåller bland annat svavelsyra, och vandrar över till en stålplåt (katod) där det fastnar. Föreningar som guld och silver faller ner i ett slam som tas om hand för att utvinna rena ädelmetaller. Kopparn som produceras är mycket ren och innehåller upp till 99,998 procent koppar.

Nya återvinningsprocesser behövs

En utmaning som återvinningsbranschen står inför är den snabba utvecklingen av produkter. Detta gäller framför allt elektronik men också den växande marknaden för elbilar.

Idag har de flesta av våra fordon ett blybatteri för att lagra den ström som krävs. Blybatterier har funnits i många år och ett fungerande återvinningssystem för blybatterier finns. Batterierna samlas upp och skickas till ett blysmältverk där batterierna

grovkrossas, elektrolyten separeras bort och samlas upp, plast separeras eller chargerats tillsammans med blyinnehållet till en ugn som smälter och separerar bly från andra metaller som finns i batteriet. Blyet raffinerats vidare och legeras i vissa fall för att få önskade egenskaper.

Elbilar kräver helt andra typer av batterier, t.ex. litium-jonbatterier. Utvecklingen av denna typ av batterier går mycket fort och sammansättningen ändras snabbt vilket gör att nya processer för återvinning ständigt måste utvecklas för en effektiv metallåtervinning.

Nya materialkombinationer med små mängder av många olika metaller kräver utveckling av processerna för att fler metaller ska kunna tas tillvara. Ytterligare en utmaning är att innehållet av metaller med högt värde minskar, exempelvis i nya elektronikprodukter. Detta kan medföra att kostnaderna för återvinningen inte täcks av värdet på metallerna.

Vissa materialkombinationer är mindre välkomna ur ett återvinningsperspektiv. Ett exempel är koppar tillsammans med stål. I metallurgiska processer är koppar svårt att separera bort från stålet, och detta medför att stålets kvalitet kan försämrats.

Keramiska material som aluminiumoxid, som finns bland annat i kretskort, hamnar i en slaggfas i metallurgiska processer. Detta är i sig inte något problem men om halterna av aluminiumoxid i en kopparslagg blir för höga kan detta medföra problem i smältprocesserna.

Metallåtervinning är och kan antas fortsätta vara en starkt växande bransch med ständigt nya utmaningar att utveckla processer som möter framtida behov.

Caisa Samuelsson, Luleå tekniska universitet, Professor i processmetallurgi

Räcker metallerna och hur mycket kan vi i framtiden förlita oss på att återvinning förser oss med nödvändiga metaller?

Koppar är den metall som förmodligen är bäst studerad med avseende på produktion, konsumtion och efterfrågan. Koppar är också en viktig infrastrukturmetall.

I bilden nedan beskrivs kopparflödet i samhället. Bilden visar bland annat följande (man beräknar att människan brutit ungefär 500 miljoner ton koppar under alla år fram till nu): Den totala volymen koppar som används var år 2013 ungefär 377 miljoner ton (A). Av dessa blev 11,6 miljoner ton tillgängligt för återvinning som skrot (B). Samtidigt användes 26 miljoner ton till framställning av halvfabrikat (C). Vid tillverkningen av färdiga produkter, vilket var ungefär 21,5 miljoner ton (D), avgick direkt 4,35 miljoner ton som skrot (E). Detta blev direkt tillgängligt för återvinning.

Samtidigt var det endast ungefär 4 miljoner ton av den koppar som blev tillgänglig som skrot som faktiskt tillvaratogs (F) och kunde användas för ny framställning av koppar. Sammanlagt tillfördes produktionscykeln alltså ungefär 18 miljoner ton från gruvor (G) och 8,4 miljoner ton genom olika flöden av återvinning (E+F).

Det som är intressant är att 5,7 miljoner ton koppar (H) inte samlades in för återvinning under 2013. Och i hela cykeln försvinner årligen ungefär 3 miljoner ton, eller ungefär 10 procent, koppar i de olika flödena.

Vi fyller alltså på det som är bundet i mänsklig användning med omkring 18 miljoner ton koppar (2013) från gruvdrift och ökningen per år av detta tillflöde är i genomsnitt 2–3 procent.

Vi kommer alltså att behöva fylla på systemet med koppar från gruvor så länge jordens befolkning ökar

och så länge vi fortsätter att urbanisera världen. Efter som förluster är oundvikliga i de olika flödena så innebär detta att om vi inte minskar vår metallförbrukning per person kan vi aldrig möta behovet av koppar med enbart återvinning, dvs. få en jämvikt i systemet.

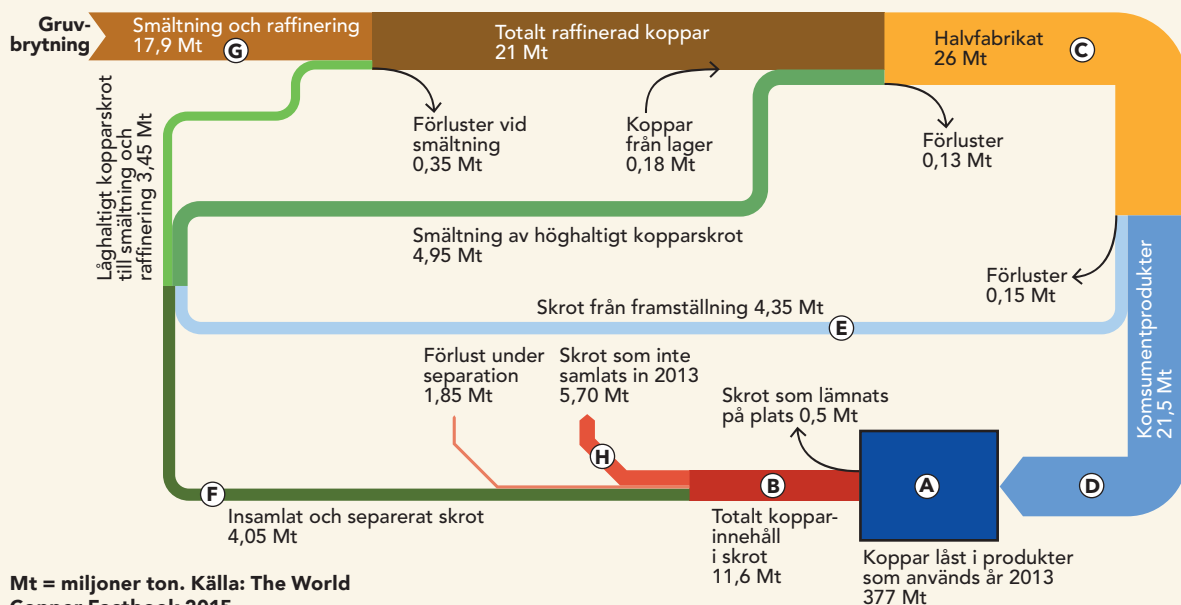
Man kan också fundera över hur mycket koppar som blir tillgängligt för återvinning över tid, dvs. hur länge använder vi i genomsnitt olika produkter som innehåller koppar innan det blir skrot?

Enligt bilden så blev 11,6 miljoner ton koppar (B) tillgängligt för återvinning år 2013. Om vi jämför detta med tillförseln av koppar från gruvor så kan man konstatera att vi tillförde ungefär denna mängd koppar från gruvor i slutet av 1990-talet. Detta innebär att genomsnittet på mänsklig användning av koppar är 15–20 år. Detta är förmodligen lågt räknat.

De 5,7 miljoner ton koppar som inte återvanns under 2013 (H) utgör ungefär 20–25 procent av den totala konsumtionen. Det är här det finns utrymme för förbättringar.

När befolkningsökningen avtagit och jorden är färdigurbaniserad, först då kan vi få en balans mellan återvinning och gruvproduktion. Ny teknologi kommer sannolikt också att göra att behovet per person minskar över tid, men för de kommande tre till fyra generationerna så sker försörjningen i huvudsak från gruvor.

Pär Weihed, Luleå tekniska universitet,
Professor i malmgeologi



Gruvor igår, idag och i morgon

Gruvnäringen har haft en mycket stor betydelse för Sverige och man kan hitta många spår efter gruvverksamhet i flera delar av landet. Gruvverksamhet har samtidigt en stark geologisk koppling och samhällspåverkan, och det gäller inte bara genom råvaruförsörjning utan även landskapsomvandling, vattenresurser och teknisk utveckling.

Falu gruvas stora betydelse för Sverige

GRUVVERKSAMHET intresserar många och Falu gruva och dess historia är ett bra exempel från den svenska gruvnäringens historia. Där kan man lätt komma nära den verksamhet som pågått under lång tid.

Geologi har haft stor ekonomisk betydelse under Sveriges historia, bl.a. genom gruvverksamhet och brytning av malm och mineral. Då handlar det inte bara om den rent ekonomiska vinsten från resurserna, utan också om utveckling av teknik, naturvetenskap, produkter, samhällsfrågor och infrastruktur. Falu gruva är ett av flera exempel på detta. Till exempel byggdes här Sveriges första akutsjukhus år 1695 (gruvhospitalet).

Falu gruva spelade länge en väldigt stor roll för Sveriges ekonomi och under en del av 1600-talet stod gruvan för två tredjedelar av världens kopparproduktion.

Gruvdriften har även förändrat landskapet både i Falun och i dess omgivningar. Effekterna av gruvverksamheten är mycket tydliga och syns genom områdets totala omvandling med byggnader, avfallshögar och en stor ”sänka”, den s.k. Stora stöten, som först bildades genom ett gruvras år 1687. Eftersom gruvverksamheten har pågått under lång tid så är Stora stöten idag ännu större på grund av den fortsatta verksamheten.

Komplicerad geologi

Geologin i området är komplicerad och malmen bildades i samband med vulkanisk aktivitet för omkring 1900 miljoner år sedan. Malmen som bildades var en sulfidmalm där koppar, bly, zink, silver, guld m.m. är bundet till svavel. Därefter omvandlades berggrunden och malmen på grund av tektoniska rörelser.

När började man bryta malm?

Där Falu gruva ligger fanns från början en myr som breddade ut sig över hela området. Även om den tidigaste brytningen inte skedde ute på våtmarken så togs denna bort med tiden, då gruvverksamheten hamnade på myrens område. Våtmarken hade ett rikt innehåll av järnföreningar, vilket troligen var orsaken till att malmen hittades från början.

En fråga som länge engagerat kring Falu gruva är åldern på verksamheten och när brytningen kan ha börjat. Denna fråga har ännu inte fått något exakt svar.

Det äldsta skriftliga dokumentet om gruvverksamheten är daterat 1288 och det är ett bytesbrev från biskopen i Västerås. Men många anser att brytningen startade tidigare än vad som anges i de skriftliga källorna. En rad olika förslag på



FOTO: JEANNETTE BERGMAN WEIHED.

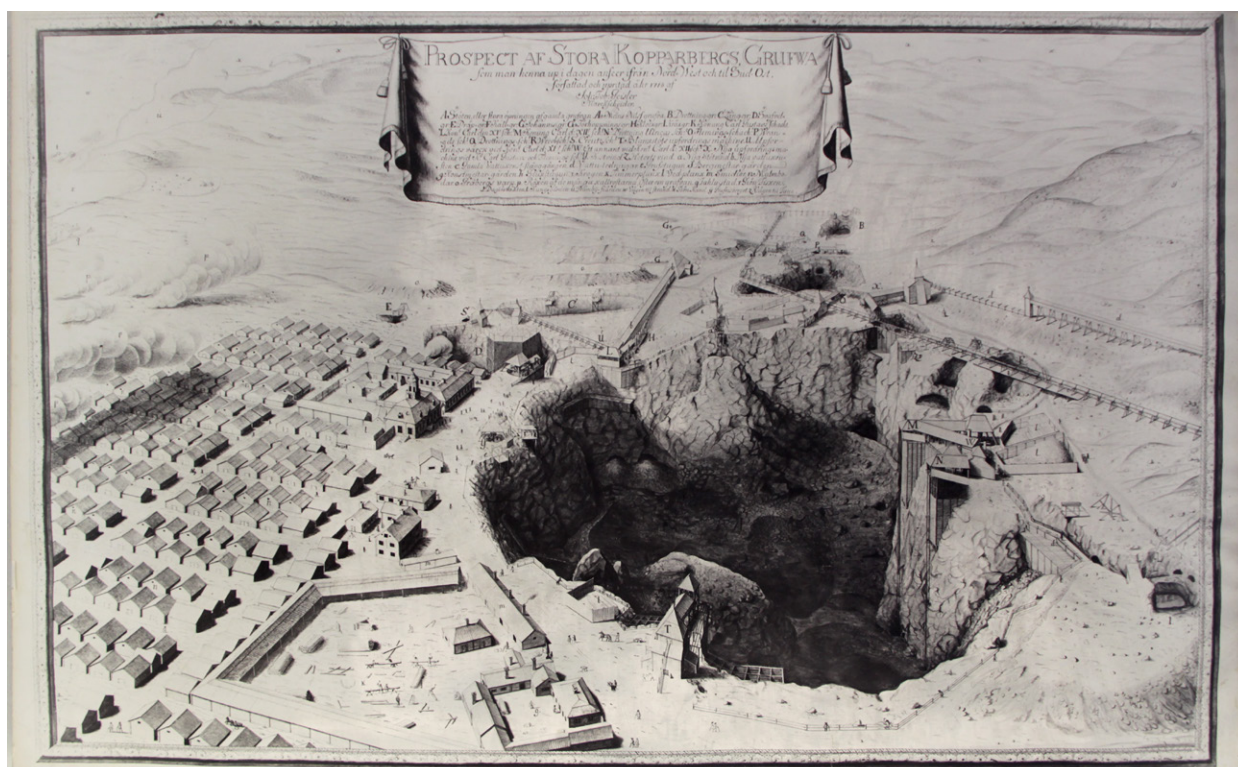


FOTO: JEANETTE BERGMAN WEIHED.

Nedan till vänster: Panoramabild över Stora stöten. Den bildades på grund av ett ras i gruvan år 1687.

Ovan: Kartan över gruvan är ritad år 1718 av Geisler som var markscheider (gruvmätare).

Till höger: Bergmästargården (närmast i bild) och gruvmuseet. Utställningarna i museet håller på att moderniseras och den tredje och sista etappen i detta arbete blir klar 2017.



FOTO: JEANETTE BERGMAN WEIHED.

gruvverksamhetens ålder har presenterats, vilket resulterat i ett åldersintervall på 800–1000 år för en allt mer utvecklad brytning.

Men även om man tänker sig en start på 1200-talet är åldern på gruvverksamheten i Falun imponerande och omfattar mycket lång tid. Vad som dock är helt klart är att gruvan stängde 1992.

Mest kopparproduktion

Falu gruva är mest känd för sin produktion av koppar, och totalt framställdes 400 000 ton koppar. Under 1600-talet, gruvans storhetstid, dominerade man Europas kopparhandel och detta

spelade en central roll under Sveriges stormaktstid.

Men malmen innehåller också andra metaller och grundämnen som exempelvis järn, guld, silver och svavel. Svavel var faktiskt den största produkten från gruvan om man även räknar in produktionen av svavelsyra.

Tekniska innovationer

På en plats som Falu gruva, där man bevarat och vårdat de byggnader som hör till gruvverksamheten, kan man få en uppfattning om alla de kringverksamheter som funnits parallellt med gruvverksamheten.

Gruvverksamheten krävde tekniska innovationer som exempelvis

hjulspel och hissar, och många kända vetenskapsmän var engagerade. En av dessa var Christopher Polhem som var verksam vid gruvan en tid.

En annan tydlig bild av hur den äldre gruvverksamheten påverkat sin omgivning är utnyttjandet av vattenkraft för den energi som behövdes för verksamheten. Därför ser man en omfattande påverkan på vattnet i området i allt från små och stora diken, dammar och förändrade sjöar nära gruvan.

Effekter i hela samhället

Naturligtvis fanns det också en rad olika verksamheter runt gruvan för metallbearbetning. Men hela Bergs-

lagen påverkades av de gruvor som fanns i regionen. Till exempel krävdes ett omfattande skogsbruk för att säkerställa produktion av exempelvis träkol som behövdes i gruvorna. Det i sin tur krävde en väl utbyggd infrastruktur.

När en gruvverksamhet som Falu gruva växer, växer även samhället runt denna. Falun, som fick stadsprivilegier år 1641, var från början helt kopplad till gruvan.

Den långa perioden av gruvverksamhet skapade också en stor mängd avfall som ansamlats i och runt gruvområdet. En hel del av detta avfall är synligt för besökare, men även centrala delar av Falun ligger på gruvavfall som använts som fyllnadsmaterial runt Falun när staden växte.

På grund av alla de olika aktiviteter som förekommit finns det en mängd olika typer av restprodukter som slagghögar, s.k. kisbränder efter rotningsprocesser och högar av gråberg (gruvvarp) som är det bergsmaterial som man fick ta bort för att komma åt malmen.

Det som finns kvar av gruvverksamheten och som fortfarande utnyttjas är gruvvarp som ger den vittringsprodukt som används som råvara för framställningen av Falu rödfärg.

Miljöpåverkan

På senare år har man fokuserat på miljön som påverkats av olika typer av restprodukter från gruvorna i hela Bergslagen. Även långt ifrån Bergslagen hittar man tungmetaller i sjösediment och i sjöar och vattendrag, och dessa når även Östersjön.

Det har gjorts många satsningar för att åtgärda de miljöproblem som finns. Ett exempel är Faluprojektet som syftade till att minska tungmetallutsläppen från gruvavfallet i Falun. Projektet innebar omfattade sanering och rengöring av vatten, avfall och jord åren 1992–2008.

Falu gruvans roll idag

Man ska inte glömma Falu gruvans roll idag. Besöksgruvan öppnades redan 1969 och år 2001 blev Falu gruva med omgivande område ett

av Unescos världsarv. Denna plats, liksom andra motsvarande bevarade miljöer, till exempel Sala silvergruva, är inte bara turistmål. Hit kommer även barn, ungdomar och andra för att se, lära och förstå mer om denna

viktiga del av vår historia, geologi och samhällets behov av metaller och mineral.

Magnus Hellqvist, Uppsala universitet
Universitetslektor i geovetenskap



FALU RÖDFÄRG – EN RESTPRODUKT FRÅN FALU GRUVA

Färgpigment har använts av människan i tusentals år. Röd järnoxid är till exempel känd från grottmålningar i södra Frankrike och norra Spanien. När svavelhaltiga malmer bryts och restprodukterna vittrar bildas rödmull som innehåller bland annat järnockra (limonit). Detta gula färgämne blir rött vid upphettning och är det som används till Falu rödfärg. Ju längre färgämnet bränns desto mörkare blir färgen.

Det är känt sedan 1500-talet att biprodukter från Falu gruva använts till att göra rött pigment, men en mer industriell tillverkning började inte förrän på 1700-talet. Till en början var det herrgårdar, bergsmansgårdar och liknande som fick den röda färgen. Det var först i slutet av 1800-talet som färgen nått gemene man. Nationalromantiken som då svepte över landet bidrog till drömmen om den lilla röda stugan.

Idag produceras omkring 500 ton färgpigment per år vid Falu gruva. Råvaran, dvs. de gamla varphögarna, beräknas räcka i omkring hundra år till.

Bilden ovan visar Creutz lave. Den sattes upp 1852 för att skydda schaktet som användes för pumpning av vatten, uppföring av malm, ventilation och persontransporter.

Källor: Wikipedia, faluorodfarg.com

Få gruvor idag men större produktion än någonsin

I SVERIGE HAR MAN BRUTIT malm i mer än tusen år. Det har funnits uppemot 3 000 gruvor i landet och de flesta av dem låg i Bergslagen. Den äldsta gruva som fortfarande är i drift är Garpenberg

Förutom kopparn i Falun bröt man också järn, silver och zink i Bergslagen. En av de mer kända gruvorna är Sala silvergruva som var i kontinuerlig drift från 1400-talet till 1908. Totalt utvanns där mer än 450 ton silver och omkring 40 000 ton bly.

De flesta malmerna i norra Sverige upptäcktes i början av 1900-talet men det första kända malmprovet togs i Gällivaretrakten redan på 1660-talet. Den rika Bolidenmalmen väster om Skellefteå upptäcktes 1924.

Var finns gruvorna idag?

Idag finns sexton gruvor och de flesta av dessa ligger i norra Sverige, främst i norra Norrbotten och i Skelleftefältet som är den geologiska provins som sträcker sig västerut från Skellefteå. I de flesta gruvorna i Norrbotten bryts järnmalm, medan man i Skelleftefältet främst bryter sulfidmalmer som innehåller bl.a. zink, koppar och guld.

I Bergslagen har historiskt brutits både järnmalm och sulfidmalm, men de gruvor som är i produktion idag bryter basmetaller som zink, bly och koppar.

Färre gruvor men större produktion

Trots att det idag bara finns 16 gruvor i drift så bryts det mer malm än någonsin. År 2014 producerades drygt 80 miljoner ton malm från 17 gruvor. Detta kan jämföras med i början av 1900-talet då det producerades ungefär 10 miljoner ton malm från 400 gruvor (se diagrammet).

Den tekniska utvecklingen har gjort att gruvarbetet ändrat karaktär. Där tidigare mycket av arbetet skötes manuellt och var både tungt och smutsigt används idag maskiner som ger en mycket bättre arbetsmiljö. En stor del av arbetet är också automatiserat och fjärrstyrt. Mycket forskning och utveckling pågår också inom detta område för att ytterligare förbättra arbetsmiljön och säkerheten för de anställda.

Högre miljökrav

Idag ställs självklart mycket högre miljökrav på gruvbrytning än tidigare. Gruvbrytning klassas som miljöfarlig verksamhet och den är därför reglerad enligt miljöbalken.

Vanligtvis behövs tillstånd för själva brytningen och anrikningen, men också för att t.ex. leda bort grundvatten. En miljökonsekvensbeskrivning måste upprättas och beslutas i Mark- och miljödomstolen. Processen från ansökan till beslut tar oftast många år och innehåller många samråd med berörda parter.

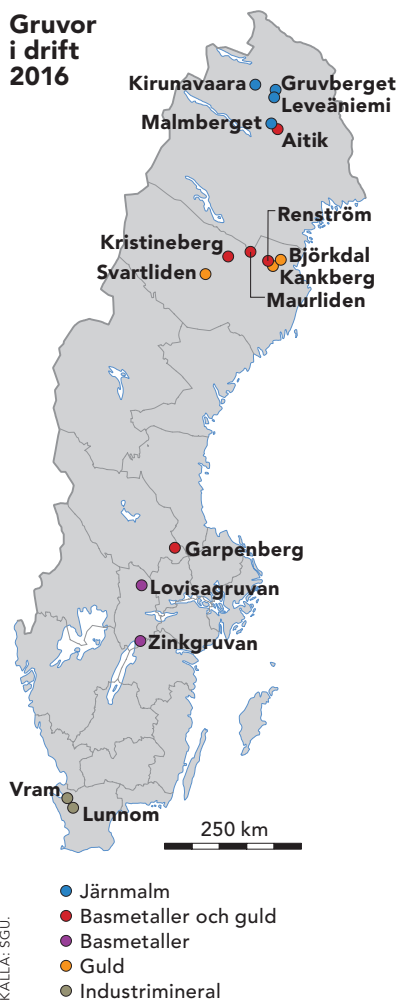
Gruvföretaget måste upprätta en plan för avfallshantering och efterbehandling av gruvområdet. Numera ställs också krav på ekonomisk säkerhet så att samhället inte ska behöva stå för kostnaden för återställning ifall verksamheten går i konkurs, eller ifall företaget inte fullföljer sina skyldigheter av något annat skäl.

Tillstånd att leta efter malm och att bryta

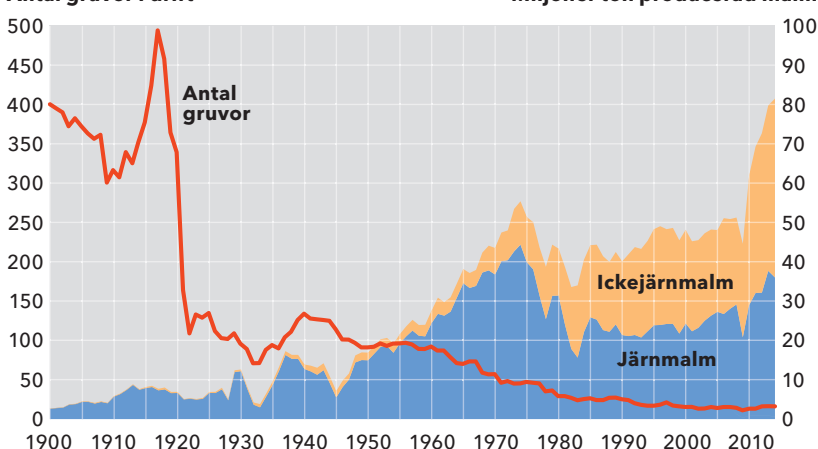
Det är Bergsstaten, en avdelning inom SGU, som beslutar om tillstånd för att leta efter mineral (undersökningstillstånd) och att bryta malm (bearbetningskoncession).

Bergsstaten är en av Sveriges äldsta myndigheter. Den bildades 1637 och arbetet leds idag av en bergmästare som tillsätts av regeringen. Det är Bergsstaten som tillämpar minerallagen.

Gruvor i drift 2016



Antal gruvor i drift



Genom århundradena har synsättet på relationen mellan markägare, gruvägare och staten varierat. Idag är mineraltillgångar socialiserade, dvs. de tillhör staten och inte markägaren. Skälet till detta synsätt är bland annat att man ansett att tillgången till mineral (och därigenom metaller) varit livsviktig för samhället.

Minerallagen som finns idag är från 1992, men flera ändringar har gjorts sedan den infördes. Idag tas t.ex. markägarnas intressen bättre tillvara än i den ursprungliga lagtexten. Lagen gäller för de flesta metallhaltiga mineral och för vissa industrimineral.

Prospektering – att leta malm

De första malmerna som bröts i Sverige låg nära berggrundsytan – man kunde ofta se malmen i hållar.

Eftersom en stor del av Sveriges berggrund är täckt av avlagringar från den senaste istiden har många metoder för att mäta berggrundens egenskaper utvecklats och använts i letandet efter malm – geofysiska metoder. Man kan till exempel mäta bergets magnetiska egenskaper för att hitta järnmalmer, eller bergets elektriska ledningsförmåga för att hitta sulfidmalmer.

Idag då de flesta ytliga malmer troligen redan är hittade krävs att man letar på större djup. Då behöver man kombinera geofysiska metoder med borrhning och avancerade tredimensionell modellering. Om detta pågår mycket forskning.

Källor: Sveriges geologiska undersökning, Luleå tekniska universitet.

VAD ÄR MALM?

Malm är en i naturen förekommande metallhaltig mineralkoncentration som är brytvärd ur ekonomisk synvinkel och från vilken en eller flera metaller kan utvinnas. Malm är således, i den striktaste betydelsen, ett ekonomiskt begrepp. Ofta används dock termen malm i en bredare betydelse där nödvändigtvis inte alla "malmer" måste vara ekonomiskt lönsamma att utvinna just i denna stund.



FOTO: FREDRIC ALM, LKAB.

Morgondagens gruvor – hur ser de ut?

ALLTSEDAN GRUVDRIFT började har verktyg, brytningstekniker, behandling av malmer och så vidare utvecklats.

Från början bröt man berget genom att elda mot bergssidan. På så sätt blev berget sprött och man kunde få loss bitar med spett och andra verktyg. Under 1600-talet började man spränga berg med krut, men dynamiten uppfanns inte förrän under senare delen av 1800-talet.

För att kunna använda dynamit behöver man borra hål i berget. Detta gjordes från början med en enkel stålstång med härdade eggare i änden som man slog på med släggor. Idag är borrarregaten stora maskiner som ofta styrs av en joystick.

Uppkopplade gruvor

Moderna gruvor blir allt mer digitaliserade. Visionen för mycket av utvecklingsarbetet är en gruva där all produktion sker fjärrstyrt.

Företag som Boliden investerar idag i trådlösa nätverk och avancerade system för lägesbestämning i gruvorna för att på sikt kunna förverkliga visionen. Fjärrstyrning

av maskiner kommer att göra att anställda inte behöver utsättas för farliga miljöer, t.ex. vid brytningsfronten. Man har också koll på var människor och maskiner finns ifall något skulle hända. Gruvarbetet blir säkrare.

Drönare för säkerhets skull

Boliden gör också försök med att använda drönare för att kunna inspektera brytningsrum som inte är tillgängliga för personal på ett säkert sätt. I framtiden hoppas man också att kunna använda tekniken för att kunna lokalisera människor i händelse av olyckor eller bränder.

Resurseffektivitet

Gruvföretagen gör stora insatser för att minska klimatpåverkan från verksamheten. LKAB arbetar mycket med att minska behovet av kol och olja i produktionen och att energieffektivisera, t.ex. genom att använda spillvärme från olika processer. Man deltar också i ett projekt tillsammans med Vattenfall och SSAB för att utveckla en stålproduktion som inte släpper ut koldioxid utan bara vatten.

Till vänster: Ett borrhaggregat under jord i någon av LKABs gruvor.
Nedan: Drönare börjar nu användas även inom gruvindustrin, bl.a. av Boliden AB.
Till höger: Bild från en scen om svetsning ur det interaktiva spelet som ska göra gruvmiljön säkrare.
Nederst till höger: Matti Larsson, vd för Zordix, som står bakom EducateSmart.



FOTO: WIKIMEDIA COMMONS.

Spel utbildar i gruv säkerhet

En stor fråga både nu och i framtiden är säkerheten för den personal som arbetar i gruvorna. Gruvföretag genomför många säkerhetsutbildningar som de anställda måste gå, och dessa har oftast hittills varit av traditionellt slag med föreläsningar eller textbaserad inläring följt av skriftliga prov.

Relativt nytt är de utbildningar som satsningen EducateSmart i Umeå utvecklar. Syftet är att skapa en interaktiv lärmiljö med hjälp av spelteknik för att få intuitiva och motiverande säkerhetsutbildningar inom gruvindustrin.

Man har samarbetat med Luleå tekniska universitet och några gruvföretag för att ta fram en prototyp. Själva innehållet i spelen, idén om vad som ska läras ut, kommer från gruvbolagens säkerhetsexperten.

– När man valt att skaffa sig ett praktiskt arbete är man kanske inte så motiverad att läsa långa texter för att lära sig något, säger Matti Larsson, vd för Zordix som står bakom EducateSmart. Då är interaktiva spel mer effektiva och roligare, och det är lättare att motivera sig att göra utbildningen. Tester visar också att denna form av inläring är mer effektiv och enklare jämfört med



traditionell inläring och att inläringen blir mer aktiv.

I spelen kan man lätt visualisera olika detaljer i de situationer som utbildningen berör och de olika interiörerna i spelet ser verkligen ut som i industrierna. Man kan vrida på bilden och se situationer ur olika vinklar. Eftersom spelen utvecklas för olika plattformar kan man också spela – och utbilda sig – när och var som helst, t.ex. på bussen på väg till jobbet.

– Spelutveckling och interaktivitet kan komma in inom många branscher, till exempel tillverkningsindustrin och byggbranschen, fortsätter Matti, som ser stora möjligheter för interaktiva utbildningar.

Spelen är också exempel på hur moderna kunskaper inom program-



mering, animering och grafisk design kan tillämpas inom mer traditionella branscher.

Källor: Boliden, LKAB, Strategic research and innovation agenda for the Swedish mining and metal producing industry (STRIM)

Vad gör en geovetare?

I Sverige finns det idag ungefär 4 500 naturvetare med geovetenskaplig inriktning på arbetsmarknaden. Framtidsutsikterna ser bra ut. Efterfrågan på metaller och andra naturtillgångar fortsätter troligen att öka i världen, och ett större fokus på miljö och klimat gör att geovetare kommer att behövas även i framtiden. Här berättar några geovetare om sig själva och vad de gör.

Idag arbetar de flesta geovetare på myndigheter, teknik-konsultföretag och inom gruvnäringen. Andra arbetsplatser är kommuner, länsstyrelser, stiftelser, universitet och högskolor. Det här något av vad man jobbar med:

Sanering av förorenad mark, vattenförsörjning, markanvändning, prospektering, planering av bygg- och anläggningsprojekt, markundersökning inför byggprojekt, naturvård, miljövård, forskning och undervisning, kartläggning av berg och jord, övervakning av förändringar i landskapet, geoenergi, utveckling av mätmetoder och bedömning av risker, t.ex. för spridning av föroreningar och konsekvenser av klimatförändringar.

Myndighet och statliga bolag
(33,2 %)

Universitet och högskola
(13,3 %)

Kommun
(13,4 %)

Privat företag och stiftelser
(39,7 %)

Landsting
(0,5 %)

Källa: Naturvetarna

Hittar ny malm

Vad jobbar du med?

Jag jobbar för Boliden AB med prospektering i närområdet till befintliga gruvor i Skelleftefältet.

Vilken utbildning har du?

Utbildad vid Lunds universitet med inriktning mot mineralogi och petrologi. Har doktorerat inom ämnet strukturgeologi och metamorf petrologi i ett område i fjällkedjan.

Varför valde du just geovetenskap?

Redan som barn tyckte jag vulkaner och dinosaurier var intressanta men först på gymnasiet kom jag i kontakt med ämnet på riktigt. Då lockade att både fältarbete och teori ingick samt att ämnet är globalt.

Vad är det bästa med ämnet?

Att det fortfarande finns så mycket att upptäcka. Geologin i Skelleftefältet är komplex. För att hitta malm behöver vi förstå geologiska samband och göra modeller över geologin i tre dimensioner. Borrhål och hållar ger ledtrådar till hur berggrunden och malmen har bildats. Genom att studera omvandlingar och strukturer samt att använda geofysik och geo-kemi kan vi bygga geologiska modeller. Sedan kan vi testa modellerna med borrhål och förhoppningsvis hitta nya mineraliseringar.



Lena Albrecht
prospekterings-geolog

Koll på havsbotten

Vad jobbar du med?

Maringeolog åt MMT AB, en konsultfirma inom offshore. Arbetet handlar om att pressa ut så mycket geologi som möjligt ur det material man lyckats samla in från mätningar av havsbotten.

Vilken utbildning har du?

Grundutbildning inom mineralogi och petrologi påbyggd med kvartärgeologi och petroleumprospektering från Chalmers. Dessutom småkurser i GIS, geodesi och liknande.

Varför valde du just geovetenskap?

Jag ville ha ett omväxlande jobb inom naturvetenskapen med en mix av teori och mer praktiska moment. Så här i efterhand tycker jag att det var ett bra val.

Vad är det bästa med ämnet?

Det bästa är blandningen där man ibland beskriver ett stort område i breda drag, ibland gör detaljerade studier över små områden. Det har skett en enorm teknisk utveckling de senaste 20 åren vilket gett nya möjligheter att beskriva och analysera geologin.



Peter Slagbrand
maringeolog

Bidrar till en hållbar värld

Vad jobbar du med?

Miljöhandläggare med inriktning klimat på Uppsala kommun. Jag hjälper till att utveckla kommunens arbete för ekologisk hållbarhet. Mina arbetsuppgifter är särskilt inriktade mot kommunens klimatmål: Fossilfritt 2020, klimatpositivt 2050. Jag administrerar, utvecklar och kommunicerar olika pågående projekt, bl.a. projektet Uppsala klimatprotokoll. Det är ett nätverk med 33 lokala aktörer som samverkar och inspirerar varandra och andra för att nå kommunens klimatmål och bidra till en hållbar värld.

Vilken utbildning har du?

Jag har en kandidatexamen i geovetenskap och en masterexamen med inriktning naturgeografi, båda från Uppsala universitet.

Varför valde du just geovetenskap?

Jag har länge varit fascinerad av de fenomen och den kraft som naturen besitter och den utveckling som vår jord har genomgått. Geovetenskapen var då en möjlighet att lära mig mer om och fördjupa mig i detta. Jag ville förstå de processer som har format och formar den värld vi lever i idag och hur vi påverkar den.

Vad är det bästa med ämnet?

Att det handlar om den värld vi lever i här och nu, varför den ser ut som den gör och hur den kommer fortsätta att utvecklas. Det finns så många olika delar att utforska och lära sig mer om!



Alexandra Drake
miljöhandläggare

Fixar strukturen

Vad jobbar du med?

Jag jobbar på Luleå tekniska universitet (LTU) med en kombination av malmgeologi och strukturgeologi och rekonstruerar regionala malmsystem.

Vilken utbildning har du?

Från universitetet i München har jag den tyska titeln "Diplomgeologe" vilket motsvarar en master i geologi. Doktorerade sedan på LTU.

Varför valde du just geovetenskap?

Min hobby bergsklättring väckte ganska tidigt intresset för geologi.

Vad är det bästa med ämnet?

Jag älskar fältarbetet. Kombinationen mellan arbete i naturen och på kontoret passar mig bra.



Tobias Bauer
biträdande
universitetslektor

Fokus på grundvatten

Vad jobbar du med?

Hydrogeolog på Sweco i Stockholm. Jag jobbar med grundvattenfrågor i stora byggprojekt samt med dricksvattenfrågor både här hemma och i u-länder.

Vilken utbildning har du?

Kandidatexamen i geovetenskap och en masterexamen med inriktning hydrogeologi/hydrologi från Uppsala universitet.

Varför valde du just geovetenskap?

Jag är uppvuxen med en romans till naturen och expeditioner. Geovetenskap kändes som ett klockrent val för att få kombinera vetenskap och denna romans. Det kändes som ett sätt att kunna läsa naturen.

Vad är det bästa med ämnet?

Möjligheten att skapa sin egen väg. Kombinerar man den breda geovetenskapen med spetskunskap (inom ett ämne man tycker är extra intressant) så finns alla möjligheter för såväl akademisk som yrkesmässig karriär. Vi är en yrkesgrupp som får göra väldigt spännande saker om man gillar naturen.



Jonathan Udén
hydrogeolog

Mäter bergets egenskaper

Vad jobbar du med?

Jag jobbar som geofysiker på Sveriges geologiska undersökning. Just nu jobbar jag bland annat i ett projekt där vi letar nya grundvattentillgångar på Öland och Gotland.

Vilken utbildning har du?

Jag har examen som bergsingenjör från Luleå tekniska universitet. Jag studerade geoteknologilinjen med inriktning mot geofysik. Sedan fortsatte jag med doktorandutbildning i geofysik vid Uppsala universitet.

Varför valde du just geovetenskap?

Jag kom in av en slump på civilingenjörsutbildningen (Väg och vatten) i Luleå. Under andra året läste vi en grundkurs i geofysik. Jag visste inget om ämnet innan men när jag första gången slog upp boken kände jag direkt att det här något för mej! Nästa dag gick jag till studievägledaren och bytte inriktning mot geofysik.

Vad är det bästa med ämnet?

Det är spännande och omväxlande med både mätningar ute i fält och arbete på kontoret med tolkning av data. Tekniken utvecklas också hela tiden vilket innebär att jag lär mej nya saker.



Lena Persson
geofysiker



Klarar du av SGUs övningar för högstadie- och gymnasieungdomar?

TEXT: KAARINA RINGSTAD, SGU
ILLUSTRATIONER FRÅN GEOLOGISK: ROMAIN TRYSTRAM

I förra numret av Geologiskt forum berättade vi om Geologisk – en skolwebb om geologi, naturresurser, hållbarhet och samhällsplanering. Det är Sveriges geologiska undersökning som ligger bakom satsningen och syftet är att öka förståelsen hos unga för geologins betydelse i samhället.

LAGOM TILL HÖSTTERMINEN

utökas webbplatsen med ytterligare övningar. Här kan du prova på tre av de övningar som elever kan arbeta med. Övningarna handlar om grundvatten, kritiska material och kartförståelse.

Vatten som naturresurs

I en av övningarna på SGUs skolwebb får eleverna fokusera på vattenförsörjning och på vattnets kretslopp, där grundvattnet utgör en viktig del. Dessutom ingår flera vattenrelaterade laborationer.

Kritiska material

EU har listat 20 material som bedöms som kritiska för vårt samhälle och för välfärden. De kritiska materialen kan exempelvis ingå i stål, elektriska kretsar och andra saker som ofta är nödvändiga för vårt samhälle. Materialen väljs ut efter två kriterier: ekonomisk betydelse och tillgång.

Ett exempel är kobolt som har en stor ekonomisk betydelse. Det finns dock ingen betydande produktion inom EU. Tillgången är alltså låg och

importberoendet stort. Detta sammantaget med en osäker tillgång på grund av bland annat politiska osäkerheter, leder till att kobolt bedöms som kritiskt.

Virtuell exkursion

Geologi lär man sig bäst ute i fält, men det är inte alltid möjligt för lärare på Sveriges högstudier och gymnasier att ta med sina elever ut på geologisk exkursion. Det kan vara brist på tid och pengar men också på kännedom om bra geologiska besöksmål som begränsar.

I en av höstens nya övningar vill man underlätta för lärare och elever att ta del av spännande geologi runtom i världen genom att erbjuda en virtuell fältkurs.

Tanken är att ge ungdomarna en första introduktion till geologi samtidigt som övningen kopplar till läroplanens kursmål om grundläggande GIS och kartförståelse.

Hur väl klarar du av de uppgifter som eleverna får arbeta med?

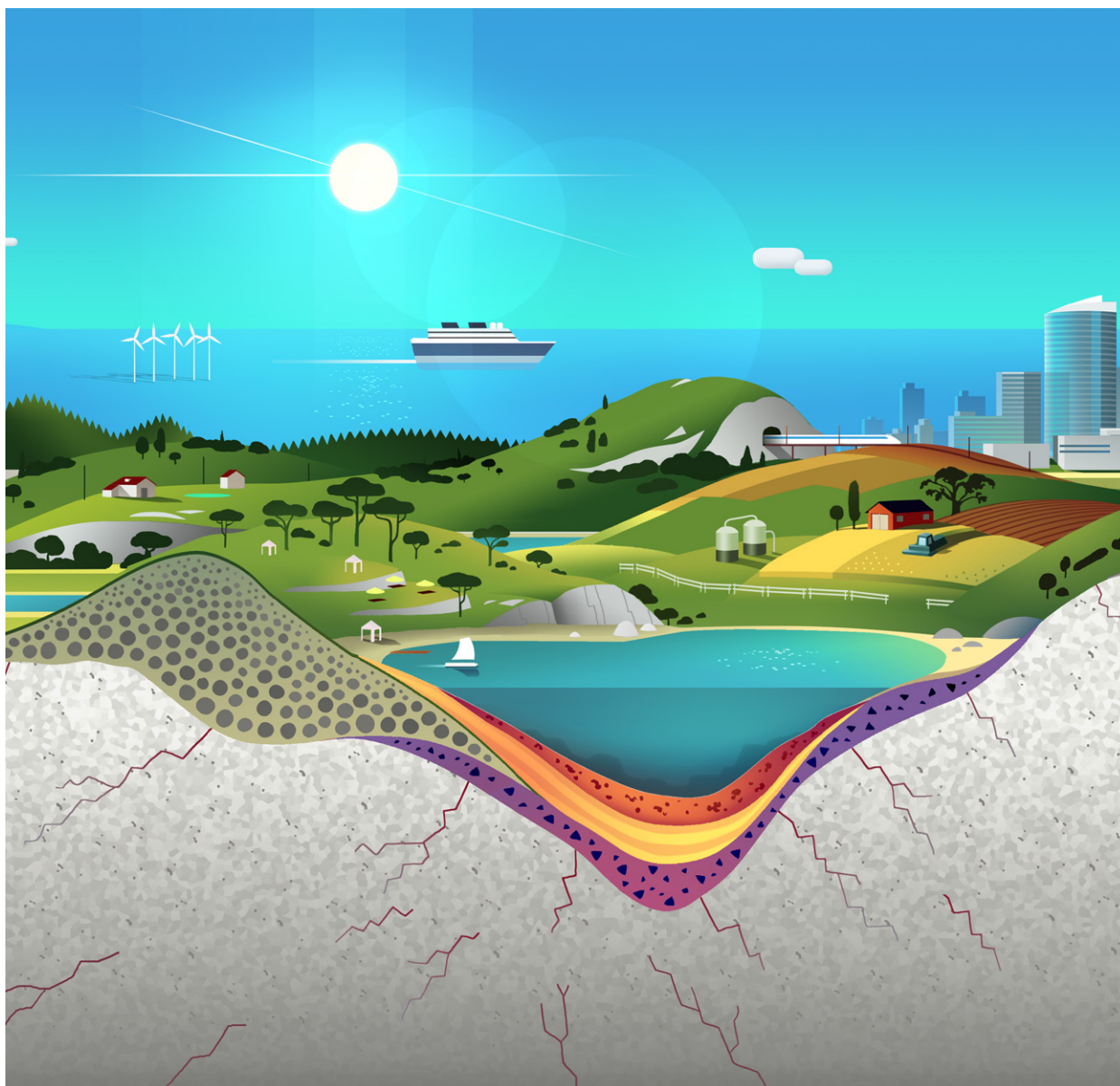
MINIFAKTA OM GEOLOGISK

Geologisk är Sveriges geologiska undersökningens digitala skolsatsning. Den utgör en egen del av SGUs webbplats. Syftet med satsningen är att skapa en mer grundläggande förståelse för geologins betydelse och att väcka intresse för att arbeta med frågor som rör olika aspekter av geologi – till exempel naturresurser, infrastruktur, grundvatten och miljö.

Geologisk består av tre teman med totalt tretton övningar som övar förmågorna i svenska, samhällskunskap, biologi, kemi, teknik, geografi och naturkunskap. Materialet är kopplat till läroplanens mål för högstadiet och gymnasiet. Varje övning innehåller olika elevaktiva uppgifter med koppling till framtidens arbete och studier.

Geologisk utgör en del av SGUs treåriga regeringsuppdrag "Att öka kunskapen om geologins betydelse för samhällsbyggnad och tillväxt". Vill du kontakta teamet bakom Geologisk maila du på: geologisk@sgu.se.

Du hittar Geologisk här:
www.sgu.se/geologisk



Vatten – vår viktigaste naturresurs

Vatten är en av våra viktigaste naturtillgångar och vårt viktigaste livsmedel. Tillgången till rent vatten är angelägen för alla i vårt samhälle – något som har uppmärksammat särskilt denna sommar (2016) där sydöstra Sverige har haft extremt låga grundvattennivåer.

Hur bra koll har du på grundvattnet? Här är några av de problemställningar som eleverna får reflektera kring:

- Varför är grundvatten en viktig naturtillgång? Och vad är egentligen grundvatten?
- Vad beror problem med låga grundvattennivåer på?
- Varför är våra isälvsavlagringar viktiga med tanke på grundvatten och dricksvattenförsörjning?

- Flera forskare menar att klimatförändringar kommer att påverka grundvatten i framtiden. Vilka förändringar är det forskarna menar och hur kommer de att påverka våra grundvattennivåer?
- Vad menas med att vi bara har vårt vatten till låns?

Laborationerna, som bland annat handlar om markens filtrerande förmåga, pH och övergödning, hittar du tillsammans med övningen i sin helhet på SGUs skolwebb.

Där finns även övningar om grundvattnets betydelse i planering och markanvändning ("Samhällsplanering" och "Markanvändning"). Läs mer på www.sgu.se/geologisk.



Hur mycket kan du om EUs kritiska material?

Vårt samhälle har ett stort behov av metaller och mineral. I Europa konsumerar vi ungefär en fjärdedel av världens råmaterial men producerar endast tre procent. Vi är till stor del beroende av import.

En av de nya övningarna på SGUs skolwebb handlar just om de kritiska material som EU har listat. Har du lika bra koll som högstadie- och gymnasieungdomarna? Här är några av de frågor de får arbeta med i denna övning:

- Vilka är de 20 kritiska materialen?
- Varför är det viktigt för EU att definiera och välja ut de kritiska materialen?

Eleverna ska också välja ett av de kritiska materialen och titta på dess viktigaste egenskaper, användningsområden samt fyndigheter i världen och i Sverige.

Svårt? Ledtrådarna hittar du på www.sgu.se. Gå in under fliken Mineralnäring och där letar du dig vidare till Mineralnäringens betydelse för samhället och undersidan Kritiska mineral.

Vill du veta mer om den här och de andra övningarna på Geologisk? Flera av övningarna handlar bland annat om de metaller och mineral vi använder i vår vardag. Du hittar alla övningarna på www.sgu.se/geologisk.

Tips! Tävling för högstadie- och gymnasieelever – bäst planerade anläggning vinner!

Under hösten utlyser Sveriges geologiska undersökning, SGU, en nationell skoltävling kopplad till skolwebben Geologisk.

Tävlingen bygger på flera av de övningar som finns på skolwebben. Eleverna ska planlägga för en ny anläggning i hemkommunen och där ta hänsyn till geologiska förutsättningar på platsen, olika intressen kring markanvändning, miljö- och hållbarhet m.m.

Tävlingsbidraget ska bestå av fyra delar som i korthet består av:

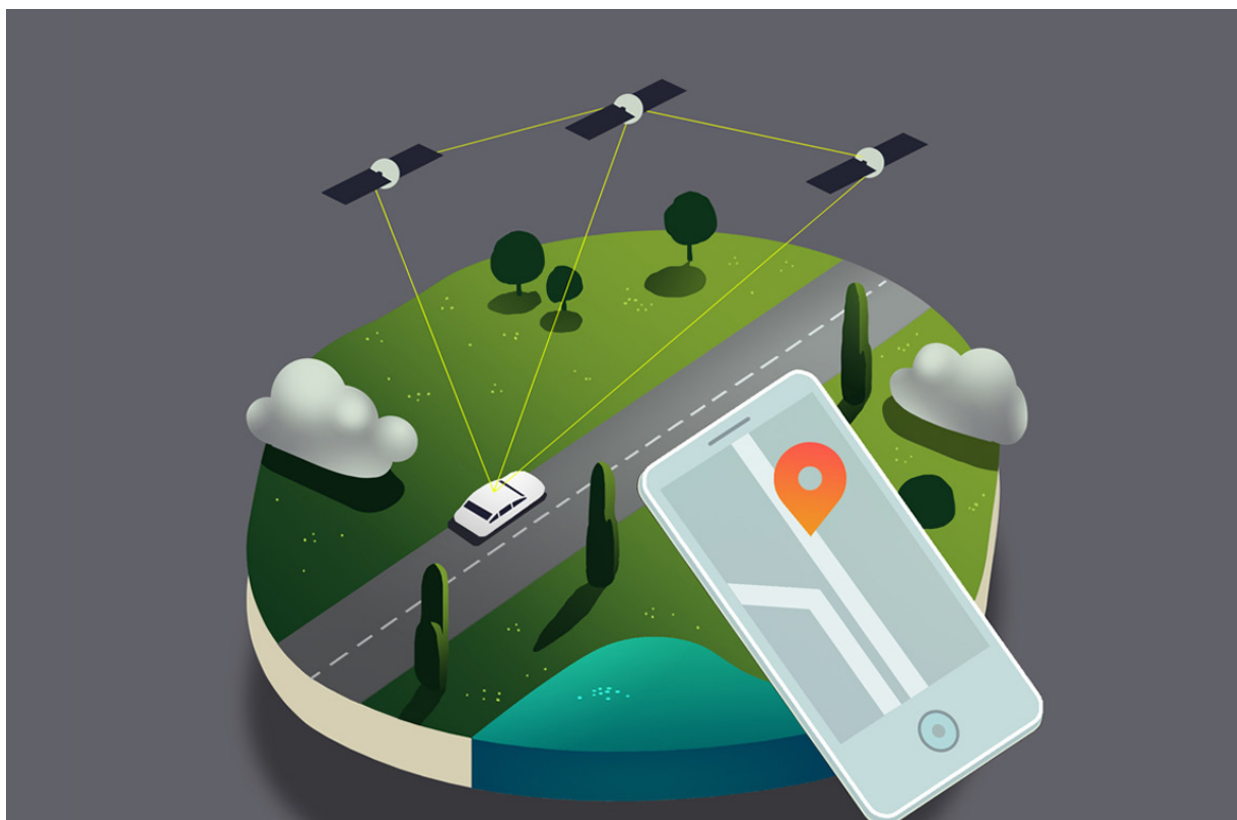
- Vision – varför just denna anläggning?
- Analys – hur ser de geologiska förutsättningarna ut. Finns det motstridiga markintressen?
- Hållbarhet – hur tänker ni kring hållbarheten för anläggningen (byggnad, drift m.m.)?

- Övertyga – varför ska kommunen satsa på just ert förslag?

Tävlingen är utformad som en mer omfattande övning med tydliga kopplingar till kursmål och läroplan.

Sista datum för att lämna bidrag är den 1 december.

Du kan läsa mer om tävlingen på www.sgu.se/geologisk. Kontakta teamet bakom tävlingen på geologisk@sgu.se.



En virtuell exkursion – prova du också!

Genom Google Earth besöker eleverna flera olika platser som har spännande kopplingar till geologi och får bland annat studera jordens naturgeografiska och geologiska förändring över tid och rum, spåra människans användning och omvandling av både naturlandskap och kulturlandskap samt använda olika metoder för att samla in, bearbeta, värdera och presentera geografiska data, till exempel om geologiska företeelser (som sjöar, berg eller fjällkedjor), klimat, infrastruktur, vegetation och befolkning.

Fyra platser att besöka

Vill du testa att göra samma geologiska utflykt i Google Earth som eleverna? De koordinatsatta besöksmålen är:

1. Stone Mountain

33°48'13.7"N 84°08'55.6"W

Här hittar du streck av hummussyror efter träd och växtlighet på det granitiska berget Stone Mountain. Vad beror strecken på?

2. Þingvellir/Mittatlantiska ryggen

1: 47°11'33.3"N 27°28'15.6"W

2: 64°15'17.1"N 21°07'41.1"W

Följ första länken. Zooma ut och följ den mittatlantiska ryggen till Island. Kopiera sedan in nästa länk. Vad har orsakat denna geologiska bildning?

3. Mjällån

1: 62°33'11.2"N 17°23'14.8"E

2: 38°10'59.9"N 92°40'47.1"W

Följ Mjällån norrut. Varför tror du den ser ut som den gör? Mät bredden på Mjällån genom att högerklicka på kartan och trycka på "Mät avstånd". Åk till nästa plats och mät bredden på "Lake of the Ozarks".

4. Hawaii (hot spot)

19°35'34.8"N 155°32'41.1"W

Kopiera in länken och zooma ut lite. Mauna Loa är en vulkan som ligger över en så kallad hot spot. Zooma ut ännu mer så du ser havet omkring Hawaii. Följ öarna som först går upp åt västnordväst och sedan mot Asien i nordnordvästlig riktning. Varför ser det ut som det gör?

Den virtuella övningen ligger under temat Naturresurser på SGUs skolwebb Geologisk. Där hittar du också den fördjupningsuppgift kring Aralsjön, resursanvändning och intressekonflikter som eleverna kan arbeta vidare med. Under samma tema finns även övningen "Kartan som verktyg", där eleverna får bekanta sig med SGUs geologiska kartvisare. Läs mer på www.sgu.se/geologisk.

Hjältegeologen på vita duken

Geologen på film – vilka egenskaper har hon eller han egentligen? Här presenteras en uppföljning av undersökningen om filmgeologer från 2013. Fler filmer med geologer har hittats. Har bilden blivit en annan eller består resultatet?

VÅR FÖRSTA ARTIKEL om geologer i film publicerades 2013 i Geologiskt forum. Då redovisades 60 filmer som uppfyllde våra kriterier för en "geologfilm". Kraven som vi ställde var att filmen skulle ha visats på amerikansk eller brittisk biograf och att filmen skulle visa minst en geolog (helst levande) i bild. Tesen som testades i vår förra undersökning var att geologer i filmer är goda. Resultatet visade att så också är fallet med 86 procent goda geologer.

Efter det positiva mottagandet av studien beslöt vi att pröva lyckan på *Den andra sidan*. Sommaren 2015 publicerades artikeln *Rock Stars: Geologists on the Silver Screen* i den amerikanska tidskriften *Earth*. Vid denna tidpunkt hade antalet filmer ökat med 23 till totalt 83 stycken och 131 geologer (bild 1 och tabell 1). Andelen goda geologer sjönk marginellt till 83 procent, men geologernas dödsfrekvens var densamma som 2013. Nu, våren 2016, har vi hittat ytterligare nio geologfilmer vilket gör att det totala antalet medverkande geologer nu är uppe i 144 stycken. Dessa ytterligare filmer är äldre filmer som vi tidigare missat. De nya filmerna från 2013 och 2014 är enligt vår bedömning endast gjorda för dvd-marknaden. I tabell 2 presenteras alla geologfilmer som hittats fram till och med våren 2016.

Bild 1. Förändringen i antalet geologer (höger axel) och procent av goda, döda och kvinnliga geologer (vänster axel) vid tre successiva publikationstillfällen: Geologiskt forum (2013), Earth (2015) och denna artikel.

Fler filmer har dykt upp med tiden genom tips från kollegor, men främst genom att databaserna som är tillgängliga på nätet har blivit bättre. Detta kan exemplifieras med antalet filmer som hittades från 1970- och 1980-talen i artiklarna publicerade 2013 och 2015. 1980-talet var en total lågpunkt för antalet geologfilmer. I det första varvet av undersökningen hittade vi tre stycken och det blev inte fler i det andra. När det gäller 1970-talsfilmer, däremot, hittade vi fem filmer vid första undersökningen, men till artikeln 2015 hade vi hittat tio. Detta kan nog till viss del tillskrivas att filmdatabaserna hade jobbat sig vidare tillbaka i tiden! I den senaste sökningen våren 2016 har ytterligare två filmer från 1980-talet hittats. Filmen *Walkabout* från 1971 blev vi tip-sad om efter artikeln i *Earth*.

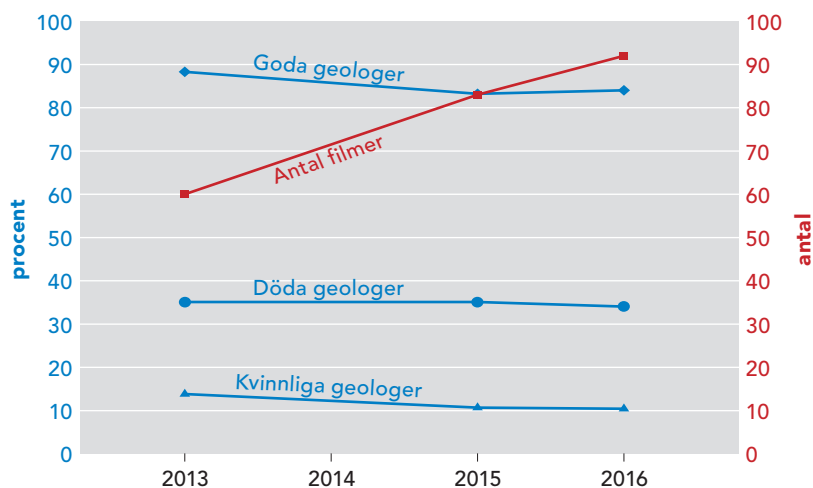
Här vill vi framföra vårt tack till alla som tipsat om filmer. Det finns

säkert filmer som vi fortfarande har missat, men som vi sagt tidigare: Nu har vi nog hittat de flesta!

Lite om de tillkomna filmerna

En ny kategori kallar vi vs.-filmer eller mot-filmer. Förebilden verkar vara filmer av typen *Kramer vs. Kramer* (1979) som nu flyttat ut från domstolarna. Här slåss istället naturkatastrof mot naturkatastrof, eller naturkatastrof mot t.ex. flygplan eller himlakroppar. Denna typ exemplifieras med några nya filmer som *Stor-mageddon: Earthquake vs. Tsunami* (2013), *Airplane vs. Volcano* (2014) och *Asteroid vs. Earth* (2014) vilka alla är filmer med geologer. Man kan ana av titlarna och kvaliteten att dessa filmer inte ens är gjorda för bio. Vi tror att ingen av dessa tre geologfilmer har gått på bio.

Det är inte bara geologfilmer som har detta mot-tema utan här finns



flera tidigare exempel som *Alien vs. Predator* från 1993. Här tycker vi oss ana en viss idétorka och desperation hos manusförfattarna! Mer är bättre!

En annan nyttillkommen kategori är tandemfilmer, dvs. två filmer med mycket liknande titlar och grundhistoria kommer nästan samtidigt. Exempel på detta är filmerna *Volcano* och *Dantes Peak* som båda kom 1997, och *Armageddon* och *Deep Impact* från 1998. Filmen *Deep Impact* har ingen geolog i rollistan utan endast astronomer. Ytterligare en av dessa tandemfilmer är *Deep Core* från 2000 (en nyhittad film) som har en liknande historia som *The Core* (2003). Men i *Deep Core* tar man sig endast ner i manteln medan *The Core* går riktigt på djupet ända in i den yttre kärnan! Om *Deep Core* är en biofilm eller ej är något osäkert, men vi tror det.

Några av de nyss hittade filmerna förtjänar att kommenteras. I början av filmen *Walkabout* (1971) tar fadern sina två barn på en picknick långt ut i öknen. Han är geolog vilket framgår av att han läser boken *Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques* av Donald M. Ragan (7:34 minuter in i filmen). Storasystern dukar upp picknicken under tiden som hennes yngre bror leker. Pappan läser sin bok och tittar på geologiska kartor och plötsligt brister något och han tar sin revolver och börjar skjuta mot sina barn. De två syskonen flyr från sin galna pappa ut i ödemarken och storasystern ser pappan sätta eld på bilen och sedan skjuta sig själv. Resten av filmen handlar om barnens äventyr i vildmarken. Som geologer lär vi oss här att inte läsa geologiska böcker på picknick, och kanske dessutom att vara lite extra försiktiga med strukturgeologer, man vet aldrig (Lennarts kommentar)!

En av de nyaste filmerna som inte har gått upp på bio är värd att nämnas för att den är en mycket god kandidat till utmärkelsen *Mest skruvade geologfilm*. Detta är *The Burning Dead* eller *Volcano Zombies* (2015). I filmen sprutar en vulkan i Donner Pass i Sierra Nevada ut inte bara lava, utan även grönfosforescerande bomber som blir till lavafyllda zombies när de träffar marken. En schaman berättar att en ond ande bor där och att kanni-

Tabell 1. Antal filmer och geologer och andelen goda, döda och kvinnor. Siffrorna inom parentes är i procent.

År	Antal filmer	Antal geologer	Antal goda	Antal döda	Antal kvinnor
2013	60	94	81 (86)	33 (35)	13 (14)
2015	83	131	109 (83)	46 (35)	14 (11)
2016	92	144	121 (85)	49 (34)	15 (10)

Tabell 2. Alla geologfilmer som vi har hittat fram till och med våren 2016. Ett kort referat om alla geologfilmer finns på nätet (http://gvc.gu.se/personal/personal/Sturkell_Erik/filmgeologer). Observera att referaten avslöjar filmernas handling – en historiedödare. De filmer som tillkommit sedan den senaste sammanställningen är markerade med fet stil.

År	Filmtitel	År	Filmtitel
1930	Roaring Ranch	1978	Comes a Horseman
1932	Hot Saturday	1981	St. Helens
1934	The Gay Divorcee	1985	A View to Kill
1935	The Law of the 45's	1985	Sherman's March
1937	Valley of Terror	1989	DeepStar Six
1940	Boom Town	1989	Leviathan
1940	Dr. Cyclops	1991	Gas, Food, Lodging
1943	The Saint Meets the Tiger	1992	Landslide
1944	The San Antonio Kid	1992	Seedpeople
1944	Marked Trails	1993	Merlin
1945	Tarzan and the Amazons	1995	How to Make an American Quilt
1945	The Monster and the Ape	1995	Twelve Monkeys
1946	Conquest of Cheyenne	1996	Bio-Dome
1947	Jesse James Rides Again	1997	Dante's Peak
1949	Tulsa	1997	RocketMan
1950	Kim	1997	Volcano
1950	The White Tower	1998	A Civil Action
1951	Unknown World	1998	Armageddon
1952	African Treasure	1999	The Insider
1952	Leadville Gunslinger	1999	South Park: Bigger, Longer & Uncut
1955	Day the World Ended	2000	Kin
1956	Swamp Women	2000	Pitch Black
1956	Written on the Wind	2000	The Last Patrol
1957	The Night the World Exploded	2000	Deep Core
1957	The Astounding She-Monster	2001	Atlantis: The Lost Empire
1957	The Black Scorpion	2001	Evolution
1957	The Monolith Monsters	2003	Power Play
1958	The Trollenberg Terror	2004	Blueberry (Renegade)
1959	Terror in the Midnight Sun	2004	Flight of the Phoenix
1959	Journey to the Center of the Earth	2005	The Dukes of Hazzard
1962	Dr. No	2006	Eight Below
1965	Crack in the World	2006	The Last Winter
1965	The City under the Sea	2007	Ocean's Thirteen
1967	The Money Jungle	2007	There Will Be Blood
1968	Finian's Rainbow	2008	Journey to the Center of the Earth
1969	The Southern Star	2008	Quantum of Solace
1970	Equinox	2008	The Day the Earth Stood Still
1971	Walkabout	2009	2012
1972	Street of a Thousand Pleasures	2009	Creation
1974	Earthquake	2009	Nine Miles Down
1974	Gold	2009	The Age of Stupid
1975	Doc Savage: The Man of Bronze	2009	Whiteout
1976	King Kong	2010	Another Year
1976	Track of the Moon Beast	2011	The Thing
1977	The Last Dinosaur	2012	Prometheus
1977	The Shadow of Chikara	2014	Transformers 4: Age of Extinction

STANDARD FILM-GEOLOG



Bild 2. Hur illustratören för Polarfronten tolkar hur en standardfilmgeolog ser ut och vilka karaktäristiska drag som är utmärkande. Känns han igen? Publicerat med tillstånd från illustratören Lars-Ole Nejstgaard.

baliserande människor sedan urminnes tider begravts där av vulkanen, inklusive de olyckliga övervintrarna i "Donnerparty" 1846. Bortsett från att det i verkligheten inte finns någon vulkan på platsen, så är detta den enda vulkanen i världen som samtidigt erupterar basaltiska lavaflöden (av Hawaii-typ), pyroklastiska flöden och höghastighetsbomber. Filmen är komplett med dysfunktionell familj, porrstrippa som filmar sig själv vid vulkanen, amatörmissiga zombies som tuggar på gummi(?)tarmar och det sämsta simulerade lavaflöde vi sett. Här förekommer två (goda) vulkanologer som under mycket skrikande äts upp av lavadreglande zombies. Denna film är för de masochistiskt lagda eller de som är massivt bedövade av sprithaltiga drycker.

Spridning i media

Temat med geologer i filmer har fått bra spridning i media och vi har förvånats av hur stort intresset blivit. Nu har vi nog klämt ut allt som går då vår huvudhypotes (att geologer främst är goda) bara blir starkare ju fler filmer vi hittar. Det är inte längre en nyhet – mera bara en bekräftelse.

Tack vare att folk (speciellt den pressansvariga på den naturvetenskapliga fakulteten vid vårt universitet) blev intresserade av artikeln i Geologiskt forum 2013 och tipsade sina journalistvänner var bollen i rullning. Det började med en notis i Fakultetsnytt i början av december 2013. Sedan kom en kolumn på baksidan av GP (2013-12-31) och därefter tog lokalradion kontakt och det blev 12 minuter i P4 Väst den 13 januari 2014. I Stockholm blev Alasdair Skelton intervjuad i radioprogrammet Forskarliv den 8 februari 2014 och han nämner geologfilmer. Efter detta tog radioprogrammet *Kossornas planet* kontakt och utöver ren geologi (geologivandring runt Kungsträdgården i marssnö) så togs filmgeologer upp i programmet som sändes 10 maj 2014. Sedan var det notiser i *Forskning & Framsteg* i mars 2014. Spridningen fortsatte till Danmark där en notis kom med på baksidan av tidningen Polarfronten nr 1 i april 2014. Denna notis blev illustrerad av Lars Ole Nejstgaard, som sammanfattade den typiske geologen (bild 2).

Utöver detta har ett tiotal föredrag getts, bland annat i Island och Fin-

land. Det föredrag som troligen gav det största genomslaget var på Geo-Arena i Uppsala hösten 2014.

Nyckeln till en effektiv spridning är att ämnet är lättbegripligt eftersom det handlar om filmer som många har sett. Även pressansvariga med många kontakter inom journalistikåren är en stor tillgång. Att storyn inte är fixerad i tiden, utan kan komma in när som helst som kurios, hjälper när det är lite nyhetstorka.

Sammanfattningsvis

Vi har nu hittat nio filmer till, alla äldre än tio år. Den nya norska filmen *Bølgen* (2015) har fem geologer inklusive en hjältegeolog med, men eftersom filmen inte är anglosaxisk tar vi inte med den i statistiken. Det har tillkommit nio filmer med tretton geologer, varav en kvinna. Tolv av geologerna är goda och en är ond (blir tokig), tre geologer dör, varav en (den onda och tokiga) begår självmord. Dessa "nya" filmer ändrar statistiken mycket lite, och 84 procent av alla filmgeologer är nu goda (bild 1). Man ser att redan 2013 hade vi tillräckligt med underlag för att få en stabil bild av andelen goda, döda och kvinnliga filmgeologer. Vi hoppas att vi geologer fortsätter att förtjäna vårt goda rykte och att damerna kan förbättra sin statistik!

Referenser

- Ragan, D.M., 1968: Structural geology: An introduction to geometrical techniques. J. Wiley. 166 s.
- Sturkell, E., Sjöqvist, A., Björklund, L. & Johnsson, A., 2013: Geologen – en filmstjärna, Geologiskt forum 79, 16–21.
- Sturkell, E., Sjöqvist, A., Björklund, L. & Johnsson, A., 2015: Rock stars: Geologists on the silver screen. Earth May/June, 72–81. <<http://www.earthmagazine.org/article/rock-stars-geologists-silver-screen>>.

Erik Sturkell, Axel Sjöqvist, Lennart Björklund och Andreas Johnsson.

På gång

10 september. Geologins dag firas i hela Sverige. Läs mer om olika aktiviteter på geologinsdag.nu

14 september. Life on Earth – How it shaped our planet and what we can learn about our selves from the geologic past. Populärvetenskaplig föreläsning på Kungliga Vetenskapsakademien av Minik Rosing, Statens Naturhistoriska Museum, Köpenhamn, Danmark. Läs mer på kva.se

27–30 september. 7th International Conference on Global Geoparks. Torquay, England. Läs mer på ggn2016.com

1–2 oktober. Sten- och smyckemässa i Västerås. Läs mer på vags.org

6 oktober. SGU ordnar en workshop och exkursion om geoturism i Röstånga. Ett tillfälle för dig som är intresserad av geoturism och geoparker att träffa andra med samma intresse. Sista anmälningssdag 28 september. Läs mer på www.sgu.se

12–13 november. Naturhistoriska riksmuseet firar sitt jubileum med alla besökare. Ta chansen att titta in bakom kulisserna och att träffa forskare som arbetar där. Läs mer på nrm.se

20 november. Mineralmässa. Välkommen till Stockholms Amatörgeologiska Sällskaps årliga mineral- och smyckestensmässa. Fri entre! Geovetarhuset, Stockholms universitet. Läs mer på wp.sags.nu

24 november. SveMins höstmöte med invigning av den nya utställningen på Tekniska museet. Läs mer på svemin.se


Boka in redan nu!

Årets geolog Christer Åkerman kommer att ta emot sitt pris torsdagen den 10 november på Sveriges geologiska undersökning i Uppsala.

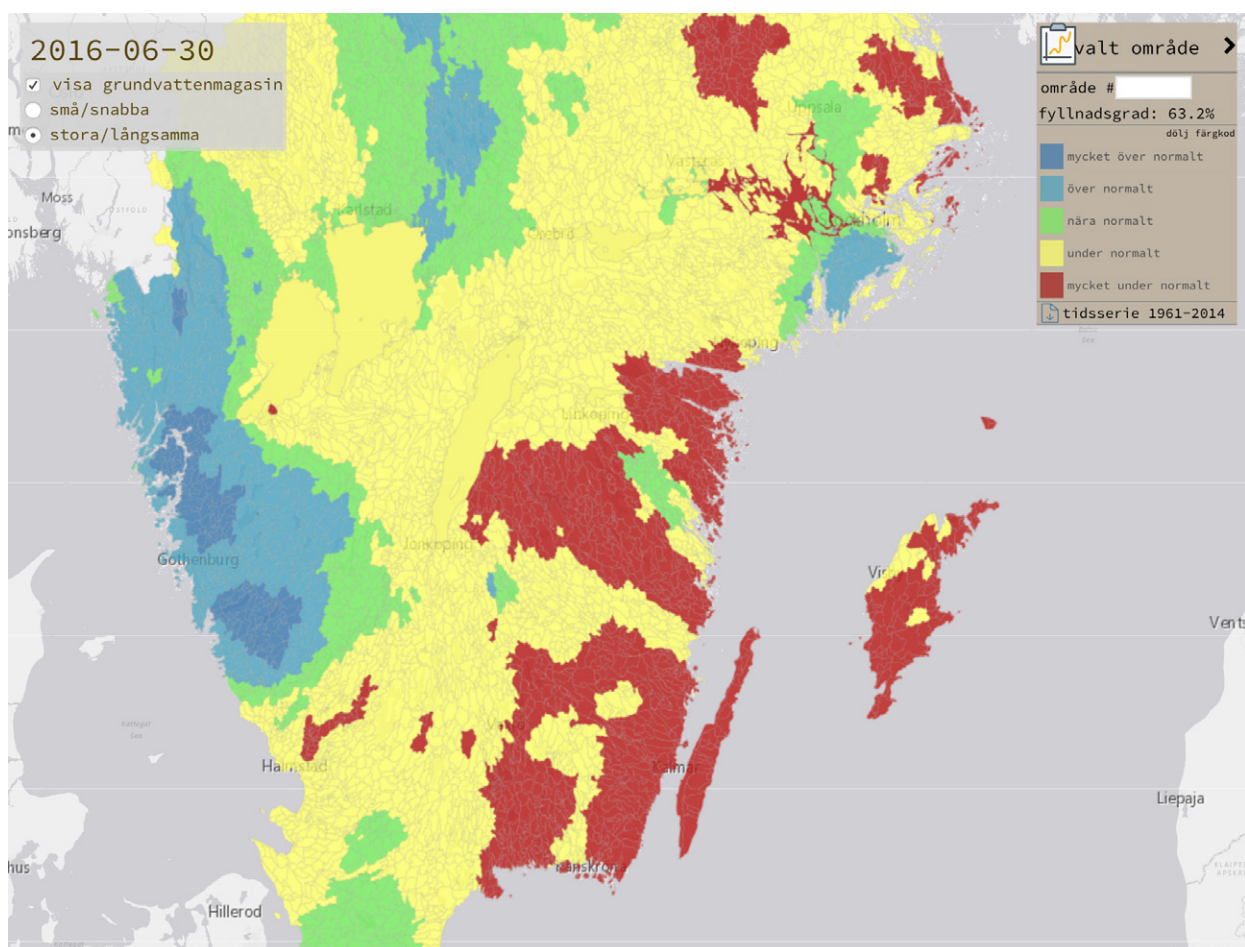
I samband med det kommer också Geologiska Föreningen att presentera 2016 års pristagare till Jan Bergström Student Geoscientist Award och Geologiska Föreningens Lindströmpris i prekvartär sedimentpetrologi.

Nomineringar till dessa två priser kan skickas till Mark Johnson (markj@gvc.gu.se) senast 1 oktober.

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



Sverige bjuder på många fantastiska besöksmål med geologisk anknytning. Här i Stora Sjöfallets nationalpark vid Saltoluokta fjällstation kan man studera gränsen mellan urberget och fjällkedjans bergarter. Berget Lulep Kierkau (bilden) består av syenitoid-granit som tillhör mellersta skollberggrunden. Vid foten av berget – ungefär där talusen börjar i bilden – finns också undre skollberggrunden och det underliggande plattformstäckets i håll, strax till vänster om bildens utsnitt.



Låga grundvattennivåer och ett framtida klimat

De senaste månaderna har grundvattennivåerna i landets sydöstra delar varit extremt låga. På Gotska Sandön och på Öland har de lägsta nivåerna noterats sedan Sveriges geologiska undersökning (SGU) startade den nationella övervakningen av grundvattnet i slutet av 1960-talet.

SISTA ORDET

**DE LÅGA GRUNDVATTENNIVÅ-
ERNA** återfinns främst i de stora,
långsamt reagerande grundvatten-
magasinen som ofta har ett djupare

grundvatten och som reagerar långsamt på förändringar i nederbörd. Exempel på stora grundvattenmagasin är djupa sand- och grusavlagringar men även porösa sandstenar. Situationen har medfört problem både för de som har egna brunnar och för den kommunala vattenförsörjningen.

Orsaken till de låga grundvattennivåerna i de sydöstra delarna av landet är till stor del ovanligt små nederbörds-

mängder under perioden oktober 2015 till april 2016 då grundvattenbildningen brukar vara stor. Under den perioden brukar en betydande del av nederbörden bilda grundvatten eftersom avdunstningen är låg och växternas upptag av vatten är försumbart.

Under sommaren brukar i normala fall det mesta av nederbörden avdunsta eller tas upp av växterna vilket innebär att grundvattenbildningen blir mycket liten. Vid normala väderleksförhållanden kommer grundvattennivåerna fortsätta att sjunka under de närmaste månaderna och det kommer troligtvis att dröja till sent

Till vänster: Skärmbildning från SMHIs Vattenwebb som visar fyllnadsgraden i stora, långsamma grundvattenmagasin.

Till höger: Installation av utrustning för automatisk mätning av grundvattennivå. Mätning och överföring av data sker automatiskt och uppmätta nivåer finns tillgängliga i realtid på SGUs webbplats.

Läs mer:

Vikberg, E., Thunholm, B., Thorsbrink, M. & Dahné, J. 2015. Grundvattennivåer i ett förändrat klimat – nya klimatscenarier. SGU-rapport 2015:19.
Lagergren, H. 2014. Kan den hydrologiska modellen S-HYPE användas för att beräkna grundvattennivåer med tillräcklig noggrannhet? Examensarbete vid Institutionen för geovetenskaper.
Nordberg, L. & Persson, G. 1974. The National Groundwater Network of Sweden. SGU Ca 48.

FOTO: FREDRIK THEOLIN, SGU



på hösten innan någon betydande återhämtning av grundvattennivåerna kan förväntas. Mätningarna tyder på ett underskott som motsvarar ungefär ett års grundvattenbildning. En återgång till normala grundvattennivåer kan därför ta mycket lång tid.

SGU har ansvarat för den nationella övervakningen av grundvattennivåer sedan slutet av 1960-talet. Ett viktigt syfte med övervakningen är att mäta i opåverkade områden för att kunna avgöra om förändringar har naturliga orsaker. Mätningar har vanligtvis utförts manuellt två gånger per månad av lokala observatörer i särskilda observationsrör med 5 cm diameter.

"Mätningarna tyder på ett underskott som motsvarar ungefär ett års grundvattenbildning"

Observationsrören är placerade i olika jordarter och i olika topografiska lägen. Under de senaste åren har mätningar påbörjats med automatiska metoder. Detta innebär att mätning och överföring av data till SGUs databaser och redovisning i form av öppna data sker automatiskt. Automatiska mätningar utförs flera gånger per dygn och mätresultaten blir tillgängliga i realtid.

Övervakningen av grundvattennivåer har i år utökats genom att SGU och SMHI samverkar för att redovisa beräknade grundvattennivåer. Aktuella grundvattennivåer beräknas och redovisas varje dygn i 37 000 områden genom att använda den hydrologiska modellen S-Hype som utvecklats av SMHI. Beräkningar sker för små, snabbreagerande grundvattenmagasin och för stora, långsamt reagerande grundvattenmagasin. Övervakningen av grundvattennivåer kommer att utföras

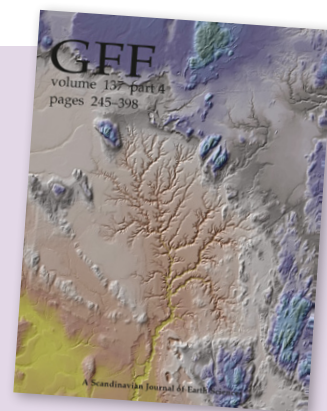
genom att använda beräknade data i kombination med främst automatiska mätningar i ett urval av områden. De manuella mätningarna kommer delvis att finnas kvar, bl.a. för att kontrollera funktionen hos de automatiska mätningarna.

Resultaten från nivåmätningarna har sedan 1980-talet redovisats som månadsvisa kartor med de aktuella grundvattennivåernas avvikelse från månadens normalvärde. Både stora och små grundvattenmagasin ingår i redovisningen. Användningen av S-Hype innebär att beräknade nivåer kan presenteras i realtid varje dygn för hela landet. Redovisningen kommer att omfatta både uppmätta och beräknade nivåer. Detta innebär troligtvis att den månadsvisa sammanställningen av uppmätta nivåer i sin nuvarande form kommer att upphöra eller övergå i en typ av månadsredovisning.

Möjligheterna att beräkna grundvattennivåer har använts i arbeten med att studera grundvattennivåer i ett framtida klimat där SGU och SMHI har samverkat. Beräkningarna enligt olika klimatscenarier pekar på att sydöstra delen av landet kommer att få en minskad grundvattenbildning och därmed lägre grundvattennivåer jämfört med idag.

De områden som har haft ovanligt låga grundvattennivåer under de senaste månaderna sammanfaller till stor del med de områden som beräknas få lägre nivåer i ett framtida klimat. Det är dock osäkert om de uppmätta låga nivåerna beror på klimatförändringar. I de berörda delarna av landet bör dock de låga grundvattennivåerna betraktas som en varningssignal inför framtiden och beaktas i planeringen av den framtida vattenförsörjningen.

Bo Thunholm, Sveriges geologiska undersökning



Priser för bästa artiklar i GFF 2015

GFF, Sveriges enda geovetenskapliga forskningstidskrift, ges ut av Geologiska Föreningen. Tidskriften publiceras på engelska för att nå en internationell forskarpublik och är faktiskt en av världens äldsta tidskrifter inom geovetenskap. I GFF kan man hitta vetenskapliga artiklar inom alla geovetenskaper, från mineralogi och berggrundsgeologi till paleontologi och geomorfologi.

Tidskriften ges ut i samarbete med det brittiska förlaget Taylor & Francis som varje år avsätter en summa pengar till priser för de mest intressanta artiklarna i GFF.

För 2015 har tidskriftens redaktion och Geologiska Föreningens styrelse beslutat att belöna följande fem artiklar och deras försteförfattare med 5 000 kronor:

Karolina Bjärnberg, Lunds universitet.

För ett välskrivet och omfattande arbete som med hjälp av olika metoder i detalj utreder både ursprung, ålder och bildning av en Ni-Cu-förande, mafisk intrusivbergart i södra Sverige.

Bjärnberg, K., Scherstén, A., Söderlund, U. & Maier, W.D. 2015: Geochronology and geochemical evidence for a magmatic arc setting for the Ni-Cu mineralised 1.79 Ga Kleve gabbro-diorite intrusive complex, southeast Sweden. GFF 137:2, 83–101.

Jan Ove R. Ebbestad, Evolutionsmuseet, Uppsala universitet.

För en detaljerad studie som kombinerar kolisotop-stratigrafi och biostratigrafi för ett viktigt avsnitt av Sveriges sedimentära lagerföljd. Kommer att få stor betydelse för förståelsen av senordovicium både i Sverige och internationellt.

Ebbestad, J.O.R., Högström, A.E.S., Frisk, Å.M., Martma, T., Kaljo, D., Kröger, B. & Pärnaste, H. 2015: Terminal Ordovician stratigraphy of the Siljan district, Sweden. GFF 137:1, 36–56.

Sarah L. Greenwood, Stockholms universitet.

För en artikel som ger ett utmärkt exempel på hur LiDAR-bilder från land och data från havsbaserat

multistråleekolod kan kombineras och ge nya insikter i den glaciala dynamiken kring den Fennoskandiska inlandsisens avsmältning.

Greenwood, S.L., Clason, C.C., Mikko, H., Nyberg, J., Peterson, G. & Smith, C.A. 2015: Integrated use of LiDAR and multibeam bathymetry reveals onset of ice streaming in the northern Bothnian Sea. GFF 137:4, 284–292.

Thomas Scheiber, Norges geologiske undersøkelse.

För en koncis, välskriven artikel som visar på problem med, och möjliga lösningar på, ett konsekvent sätt att utläsa berggrundslineament från LiDAR-modeller där skillnader i skala, belysningsvinkel och operatör kan ge slående skillnader i resultat.

Scheiber, T., Fredin, O., Viola, G., Jarna, A., Gasser, D. & Łapińska-Viola, R. 2015: Manual extraction of bedrock lineaments from high-resolution LiDAR data: methodological bias and human perception. GFF 137:4, 362–372.

Per Möller, Lunds universitet.

För en artikel som visar hur ny LiDAR-information förändrat förståelsen för hur landskapet i södra Sverige har bildats i samband med isavsmältningen efter istiden och hur vår förståelse av landskapsbildande förutsätter geomorfologisk förståelse och observationer i fält.

Möller, P. & Dowling, T.P.F. 2015: The importance of thermal boundary transitions on glacial geomorphology; mapping of ribbed/hummocky moraine and streamlined terrain from LiDAR, over Småland, South Sweden. GFF 137, 252–283.