

NATUREN MÄNNISKORNA TEKNIKEN

# 11

**Detta är ett särtryck av SGUs verksamhetsberättelse. Vill du ta del av hela årsrapporten, där även vår årsredovisning ingår, finns den på [www.sgu.se](http://www.sgu.se). Du kan också kontakta vår kundservice: [kundservice@sgu.se](mailto:kundservice@sgu.se) och telefon 018-17 92 00.**

**Omslagsbilder:** Bohusgranit på Hållö som ligger väster om Smögen, (foto Tomas Eliasson), SGUs personal utanför huvudkontoret i Uppsala, (foto: Karl-Erik Alnavik och 3D-modell av magnetfältet i Gunnarsträsk i norra Sverige, bild framtagen av Ildikó Antal Lundin).

**Text och layout:** SGU

**Tryck:** Elanders Tryckeri



## Verksamhetsberättelse

- 2 GD har ordet
- 4 Sveriges geologiska undersökning
- 6 Glimtar från 2011
- 9 Mineralstrategi för framtiden
- 13 Koldioxidlager under havsbotten
- 17 Jordens äldsta och största råvara
- 21 Jordnära forskning
- 25 Geoturism får oss att växa
- 29 Det är vi som är SGU
- 31 Vetenskapliga publikationer
- 32 Geologiska begrepp och uttryck

# GD har ordet

## Naturen, människorna och tekniken.



Foto: Stewen Quigley

Ett samhälle på stabil grund – både bokstavligt och bildligt. Så skulle jag vilja sammanfatta målet för SGUs arbete. Vi vill att Sveriges mineralresurser ska nyttjas på ett miljöriktigt och långsiktigt sätt. Att samhällsbyggandet ska ske i samklang med naturen och grundas på ett fullgott kunskapsunderlag. Att miljöinsatserna ska utformas utifrån bästa möjliga kännedom om vår jord och dess möjligheter och begränsningar.

Det kan inte åstadkommas ”utan hjälp av Naturkunskunskapen” framhöll Olof von Dalin för mer än 250 år sedan. Det kan heller inte ske utan den modernaste tekniken för att samla in, bearbeta och visualisera den geologiska informationen. Denna kombination av naturkunnande i ett långt tidsperspektiv och ”high tech” är grunden för vårt arbete.

### SVENSK MINERALSTRATEGI

En av våra viktigaste insatser under året har gällt arbetet med en nationell mineralstrategi. Bakgrunden är bland annat den obalans som råder i Europa mellan produktion och konsumtion av viktiga metaller och mineral och de goda mineraltillgångar som finns i Sverige. I mars publicerade vi rapporten *En kraftfull svensk mineralstrategi – inriktning, innehåll och uppläggning av arbetet*.

I budgetpropositionen angav regeringen att man – som ett led i utformningen av en svensk mineralstrategi – avsätter 30 Mkr per år till SGU för en satsning på utökad kartering i de mineralrika områdena i norra Sverige och på mineralinformation. Vi kommer också att få en roll för att driva arbetet med mineralstrategin och stödja en hållbar utveckling av gruvindustrin. Till stöd för detta arbete har vi inrättat ett gruvnäringsråd, som vi hoppas ska bli ett fo-

rum för konstruktiva diskussioner mellan industri, forskning och myndigheter.

### GEOLOGI I SAMHÄLLSPANERINGEN

Tillsammans med några länsstyrelser och kommuner har vi under året arbetat för att utveckla modeller för användningen av geologisk information i den fysiska planeringen. Vi har också haft utbildnings- och seminariedagar för medarbetare och handläggare på länsstyrelser och i kommuner. Våra kontor i Göteborg och Lund har här spelat en viktig roll. Vi tar nu ytterligare steg för att hjälpa aktörerna i samhällsplaneringen att rätt utnyttja våra databaser och annan geologisk information.

Som en vägledning till framför allt handläggare på länsstyrelserna redovisade vi i våras en rapport om möjligheterna att ersätta naturgrus. Parallellt med detta har vi tillsammans med länsstyrelsen i Uppsala län utarbetat en modell för materialförsörjningsplanering. Syftet är bland annat att främja omställningen från naturgrus till krossat material i betongindustri och infrastruktursatsningar.

Under året redovisade vi också en rapport om möjligheterna att finna naturliga lager för koldioxid på svenskt territorium. Den utgör underlag för ett fortsatt arbete för att undersöka möjliga platser, där koldioxid kan lagras på ett långsiktigt säkert sätt.

Vårt arbete med sanering av förorenad mark gick in i ett operativt skede under året. Vi är nu engagerade i saneringen av trettiotal sådana områden. Merparten av dem är projekt med tidigare statlig aktör som ansvarig medan de resterande främst är projekt där SGU träder in i stället för en, företrädesvis mindre, kommun. Arbetet sker i nära samarbete med Naturvårdsverket.

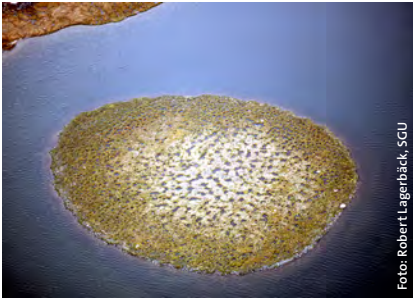


Foto: Robert Lagerbäck, SGU



Foto: SGU



Foto: Robert Lagerbäck, SGU

Miljömålsarbetet i övrigt präglades av den fördjupade utvärdering som görs för alla de nationella miljömålen. Det går nu förhoppningsvis in i ett mer operativt skede.

### FÖRSTÄRKT FOU-SAMARBETE

Samarbetet med den geologiska forskningen utvecklades vidare under året. Fyra av våra medarbetare tillträdde sitt arbete som adjungerade professorer och spelar nu en viktig roll som länk mellan SGU och universitet och högskolor. Vi har också förberett oss för att knyta gästforskare till SGU inom speciella områden.

Beslut fattades om finansiering av forskningsprogrammet GeoInfra, som fördröjts ett år. Samarbetet med Vinnova har bland annat lett till att vi tillsammans svarar för det svenska deltagandet i teknikplattformen EraMin. Vårt samarbete med det stora djupborringsprogrammet SDDP förstärktes också.

Under året godkändes fyndet av ett nytt mineral, långbanshyttanit, som upptäckts och karaktäriserats av SGU-medarbetaren Erik Jonsson tillsammans med ryska forskare. Den ökande användningen av bland annat specialmetaller för högteknologiska ändamål skapar möjligheter för en snabb industriell tillämpning av fynd av nya mineral.

### MER GEOLOGISK KUNSKAP

Vi märker på många sätt ett ökat intresse för den geologiska kunskapen, både allmänt och specifikt i näringsverksamhet. Gruvboomen har fört med sig ett ökat behov av geologiska data för mineralprospektering och också för naturresursplanering i allmänhet. Aktörerna i samhällsplaneringen nyttjar i allt större utsträckning geologiska data,

även om det behövs mer insatser för att göra informationen lättare att använda för icke-geologer. Insikten om att vattenförsörjningen behöver planeras och säkras på ett bättre kunskapsunderlag framöver växer.

Vi märker också att intresset för geologi börjar väckas hos allmänheten. Geologins Dag besöks av allt fler och geoturism börjar bli ett etablerat begrepp. Under året publicerade vi bland annat, i samarbete med Naturvårdsverket, en geoturistkarta över Koster.

Vi har också beslutat att regelbundet anordna en stor konferens, GeoArena, för att på bred front föra ut geologisk information och initiera möten och diskussioner. Den första konferensen äger rum i mitten på oktober 2012.

### FÖRNYELSE OCH KOMPETENSVÄXLING

Under drygt ett år har vi rekryterat ett 30-tal nya medarbetare. De har tillkommit på grund av våra ökade uppgifter och för att ersätta medarbetare som går i pension. Det ställer stora krav på kompetensöverföring från SGU:are med lång och gedigen erfarenhet till våra nya medarbetare. Detta synes ha fungerat väl.

Jag vill tacka alla medarbetare, nya som gamla, för ett väl utfört arbete under året.

Uppsala i februari 2012

*Jan Magnusson*

# Sveriges geologiska undersökning

Inom många verksamheter i vårt samhälle krävs kunskap om och förståelse för de geologiska förhållandena. Tillgång till metaller, ballast och dricksvatten, berg- och jordvärme, byggen av vägar, tunnlar och hus – geologin ger förutsättningarna. Sveriges geologiska undersökning är expertmyndighet för frågor som rör berg, jord och grundvatten.

Behovet av geologisk information och geologiskt kunnande ökar stadigt. Vi är inne i en period av stora infrastruktursatsningar, där kunskap om markförhållanden är avgörande. Finns det risk för sättningar, sprickor i berggrunden eller skred? Varifrån kan man ta ballast och vilken kvalitet har det? SGU tar fram information om berggrundens struktur, grundvattnets utbredning och jordlagrens sammansättning och kan svara på frågor om radoninnehåll och skredrisker.

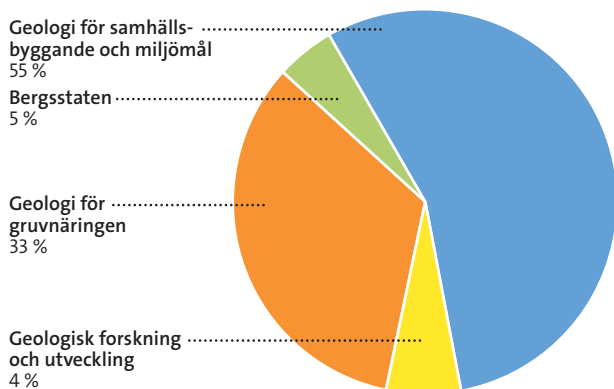
Genom SGU tar också staten ansvar för att avlägsna föroreningar i marken som orsakats av verksamhet hos tidigare statliga organisationer. Kommuner och länsstyrelser använder vår information och kunskap för att planera för

en god dricksvattenförsörjning. SGU svarar för miljömålet *Grundvatten av god kvalitet*.

En ständigt ökande efterfrågan på både basmetaller och specialmetaller gör också att den geologiska kunskapen efterfrågas allt mer. SGU förser prospekteringsindustrin med basinformation om de geologiska förhållandena. Vi har i samarbete med mineralbranschen och andra myndigheter lämnat förslag till en svensk mineralstrategi.

Vi beslutar i frågor som rör minerallagen, kontinentalsockellagen och rennäringslagen och ger expertutlåtande om många hundra översiktsplaner och vattenskyddsområden varje år.

SGU är Sveriges representant i frågor som rör geologi och mineralhantering, bland annat i EUs arbete med mineralfrågor.



Finansiering med förvaltnings- och forskningsanslag samt bidrags- och försäljningsintäkter, exkl. uppdrag.

## GEOLOGI BERÖR OSS ALLA

Dramatiska händelser, både i Sverige och i världen i stort, har ökat allmänhetens medvetande om de risker som

SGUs totala kostnader 2011, miljoner kronor (Mkr).

Geologisk verksamhet	192
Oljelagringsanläggningar	8
Förorenad mark	24
Särskild finansierad verksamhet (främst myndighetssamverkan)	36
Forskning och utveckling	6
<b>Summa</b>	<b>266</b>



Foto: Anders Damberg, SGU



Foto: SGU

SGU är framför allt dess medarbetare. Det är vi, geologer, geofysiker, civilingenjörer, systemerare, jurister och många fler som står för expertkunskaperna. Det är våra kunskaper och erfarenheter och vårt arbete som ligger till grund för expertutlåtanden, bedömningar, kartor, databaser och rapporter. Vi beskriver Sveriges geologi och, framför allt, vilka förutsättningar de geologiska förhållandena ger för utvinning av mineraltillgångar, byggande, undermarksarbete, dricksvattenförsörjning, markstrålning och mycket mer.

finns i naturen och nödvändigheten av att förstå dem. Vad händer vid en jordbävning, ett vulkanutbrott eller ett skred, vilka mekanismer ligger bakom och vad kan man förebygga? Vilka ämnen finns naturligt i marken och var är halterna höga?

För en geolog finns i grunden en annan nyfikenhet. Varför ser Sveriges natur ut som den gör? Hur skapades våra landformer med vackra berghällar, forna strandlinjer, mjukt rundande rullstensåsar och branta raviner? Svaret ligger i vår geologiska historia, som fortfarande har delar som behöver kartläggas. Utifrån kunskap om denna kan vi söka svar på frågor om både mineraltillgångar och naturförhållanden.

Fler vill ta del av den upplevelse man kan få genom en ökad förståelse för de geologiska processerna och deras spår i naturen. SGU har tagit initiativ till ett nätverk kring geoturism. Vi svarar också för kansliet för Geologins Dag, som vänder sig till allmänhet och skolor. Genom nyhetsbrev, temadagar, utbildningar och seminarier når vi både avancerade användare och allmänhet. Med tidningsartik-



Foto: Anders Damberg, SGU

lar och på annat sätt försöker vi placera geologin ”på kartan” i samhällsdebatten. Det ska vara lätt att ta del av vår information, vårt kunnande och våra expertutlåtanden!

### FORSKNING FÖR FRAMTIDEN!

Mycket av SGUs arbete är långsiktigt: det handlar om att nyttja våra naturresurser på ett långsiktigt hållbart sätt och att bygga ett stabilt samhälle. I detta ligger också att utveckla fördjupade och nya kunskaper genom forskning och utveckling. SGU samarbetar med universitet och högskolor för att samordna och främja den geologiska forskningen i Sverige för att på så sätt bidra till en ännu större samhällsnytta.

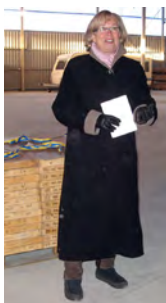
# Glimtar från 2011

## Januari

### RELEASE FÖR GEOFYSSKA DATA FRÅN SGU

I samband med öppet hus på SGUs enhet för geofysik den 27 januari publiceras nya geofysiska data från det gångna årets verksamhet.

### TVÅ INVIGNINGAR I MALÅ SAMMA DAG!



Chris Heister, landshövding i Västerbotten, inviger SGUs utbyggnad av borrhänsarkivet. Samma dag invigs också utställningslokalen GeoExpo, resultatet av ett projekt som har drivits av Georange och som finns i källaren på SGUs Malåkontor. Här ska allmänhet och skolelever kunna lära sig mer om geologi och malm.

## Februari

### KOLDIOXIDLAGER I SVERIGE?

Mot bakgrund av det ökade intresset för lagring av koldioxid redovisar SGU en rapport om de geologiska förutsättningarna för att lagra koldioxid i Sverige.

## Mars

### EN SVENSK MINERALSTRATEGI

På uppdrag av regeringen presenterar SGU ett förslag till vad en sådan strategi bör innehålla och hur den kan tas fram.



### KRAFTIGA JORDSKALV UTANFÖR JAPAN

Kraftiga jordskalv utanför Japans östkust leder till en tsunami, som orsakar omfattande skador i landet, däribland på flera kärnkraftverk. SGU bidrar med information på den egna webbplatsen och på Krisportalen. SGU är en av de myndigheter som ingår i den svenska beredskapen mot kärnkraftsolyckor.

## April

### SVENSKA AFFÄRSMÖJLIGHETER I SÖDRA AFRIKA

Som en del i det SIDA-finansierade projektet Meeting-Points Mining bjuder SGU in företag och organisationer för att diskutera konkreta möjligheter till samarbeten inom gruv- och mineralsektorn i södra Afrika.



### HISTORISKA BILDER PÅ FLICKR

SGU har en stor samling bilder – från det att vi bildades år 1858 till idag. Nu lägger vi ut en del av våra allra äldsta bilder på fototjänsten Flickr.

### SÄLLSYNTA JORDARTSMETALLER I FOKUS

Vårens nummer av vår rapport Mineralmarknaden har som tema sällsynta jordartsmetaller. Intresset för dessa metaller har varit stort under året. De används i all modern teknik och bryts för närvarande nästan enbart i Kina.

## Maj

### SGU-GEOLOG ADJUNGERAD PROFESSOR VID CHALMERS

SGUs medarbetare Lars-Ove Lång utnämns till adjungerad professor vid avdelningen för geologi och geoteknik på institutionen för bygg- och miljöteknik vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Han blir därmed vår fjärde adjungerade professor.

### LÅNGBANSHYTTANIT

SGU-medarbetaren Erik Jonsson upptäcker och karaktäriserar, i samarbete med ryska forskare, ett helt nytt mineral i material från Långbangruvan i västra Bergslagen. Det får namnet långbanshyttanit. (Bilden är en kraftig förstoring av mineralet.)



### PLANERA FÖR BRA VATTENFÖRSÖRJNING

Vattenförsörjningsplaner på lokal och regional nivå är ett av de viktigaste instrumenten för att säkra tillgången på ett bra dricksvatten idag och i framtiden. SGU bjuder in

vattenmyndigheter m.fl. till en dag om vattenförsörjning. Det är en av flera workshops under året för länsstyrelser, kommuner och andra användare av SGUs data.

## Juni



### KOSTERHAVETS GEOTURISTKARTA

Kosterhavets geoturistkarta ges ut. Vi beskriver berg och jord både på havsbotten och på land i Sveriges första marina nationalpark.

### ETT AV ÖVER 800 EXPERTUTLÅTANDEN

SGU yttrar sig om en översiktsplan för Hacksta, Västerås, med tillhörande miljökonsekvensbeskrivning. Detta är ett av årets över 800 expertutlåtanden. De rör allt från översiktsplaner, naturreservat, vindkraft, sand-, grus och bergtäkter till kontinentalsockeln.



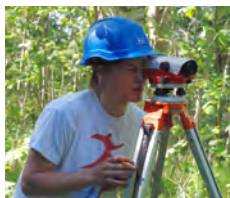
### FIBERBANKAR

SGU kartlägger i samarbete med Länsstyrelsen i Västernorrland fiberhaltiga sediment, s.k. fiberbankar. Bankarna är orsakade av massaindustrin och bedöms vara betydande utsläppskällor.

## Juli

### FÄLTSÄSONGEN ÄR I FULL GÅNG

Från norr till söder, med flygplan, helikopter, bil, båt och till fots kartlägger SGUs geologer berggrund, jordlager och grundvatten i Sverige.



## Augusti

### TRAINEEPROGRAM PÅ SGU

SGU växer och har under året rekryterat många nya medarbetare. I augusti börjar sex nyblivna geovetare och två civilingenjörer i SGUs första traineeprogram.

## September

### EN DAG MED GEOLOGISKA UPPLEVELSER!

Lördagen den 9 september anordnas Geologins Dag runt om i Sverige. SGU svarar för kanslifunktionen. I samband



med Geologins Dag detta år lanseras SGUs kartvisare *Geologiska sevärdheter*. Vi bjuder också lärare och allmänhet på rundtur för att ta del av Uppsalas geologiska upplevelser.

### SGU-MEDARBETARE BLIR ÅRETS GEOLOG

Arne Sundberg tilldelas utmärkelsen *Årets Geolog 2011* av Geosektionen inom Naturvetarna. Föredrag och prisutdelning sker på SGU huvudkontor i Uppsala.



## Oktober

### SPARA GRUSET!

Många stora naturgrustillgångar utgör viktiga grundvattenmagasin. I samarbete med länsstyrelserna, ballastproducenterna och betongbranschen har SGU tagit fram rekommendationer för hur vi kan spara på naturgruset genom att inom olika användningsområden ersätta det med andra material.

## November

### BÄSTA EXAMENSARBETE VID SGU 2011

Jeanette Sipilä, student vid institutionen för Naturgeografi och kvartärgeologi vid Stockholms universitet, får pris av SGU för sitt examensarbete om markradonriskkartan.

## December

### NOBELPRISADE KRISTALLER I NATUREN

Dan Shechtmans upptäckt 1982 av en kvasikristallin förening resulterar i Nobelpriset i kemi 2011. Kvasikristallina föreningar finns naturligt, till exempel i serpentinit, och är ett exempel på "ovanliga" mineral som snabbt har fått stor användning.

Nobelpriset i kemi 2011 delades ut till Dan Shechtman, som år 1982 upptäckte en så kallad kvasikristallin förening. Kvasikristallina föreningar kan bildas genom geologiska processer. Det första naturliga fyndet återfanns i bergarten serpentinit. Bilden visar en serpentinit från den svenska fjällkedjan. Serpentinit är omvandlade bergarter, som ursprungligen varit mycket rika på magnesiumsilikatmineralet olivin. De förekommer i varierande mängd på alla kontinenter samt i oceanskorpan.

# Mineralstrategi för framtiden

Sverige är på många sätt ett mineralland. Vår geologiska historia har skapat stora tillgångar av till exempel järn, koppar och zink. Här finns också mer sällsynta metaller och halvmetaller som lantan, yttrium, zirkonium och tellur. Dessutom har vi en god infrastruktur och effektiv lagstiftning för prospektering och gruvarbete.

De senaste årens höga världsmarknadspriser på metall och mineral har avspeglats i en intensiv aktivitet i mineralrika områden. Många prospekteringsprojekt har påbörjat vandringen från ansökan om bearbetningskoncession mot förväntad gruvarbete. Den ekonomiska oron under 2011 har orsakat en viss avmattning, men prospekteringsnivån är fortfarande hög.

## LÅNG VÄG FRÅN FYND TILL GRUVA

Vägen till en ny gruva är en process i flera steg. Ibland börjar det med att en privatperson gör ett blockfynd med intressanta mineral, men oftast är det professionella prospekteringsföretag som gör intressanta fynd i databaser och i naturen. Nästa steg är prospektering, där man kartlägger ett område mer i detalj. Då behövs kunskaper om geologi och hur malmer bildas. Tillstånd för prospektering söks hos Bergsstaten, som är en avdelning inom SGU. Tillståndet gäller i tre år.

– Visar det sig att prospekteringen ger intressanta fynd men att det krävs ytterligare undersökningar finns möjlighet att få tillståndet förlängt, berättar Åsa Persson, som är bergmästare och chef för Bergsstaten.

– Är man riktigt lyckosam leder undersökningarna fram till att det faktiskt uppenbaras förutsättningar för att starta gruvarbete. Då är det åter dags att vända sig till Bergsstaten för att ansöka om en bearbetningskoncession. Efter ytterligare ett par tillstånd, såsom miljödömdom meddelad av Mark- och miljödomstolen och markanvisningsbeslut fattat av Bergsstaten, och naturligtvis kapital kan gruvan bli verklighet.

## MARKNADEN STYR NÄR ETT MINERAL BLIR BRYTVÄRT

– Sverige är ett land som är mycket intressant för världens gruvbolag, säger Kaj Lax, som är chef för Mineralresursavdelningen vid SGU.

– Vi har gott om mineral och metaller i berggrunden och vår lagstiftning är tydlig och effektiv. Lagg sedan till de höga världsmarknadspriserna på många metaller så har vi förklaringen till den stora aktivitet som finns på den här marknaden.

Hos Bergsstaten märks detta i första hand på att äldre undersökningstillstånden förlängs. Under 2010 fick vi in 304 ansökningar om förlängningar. År 2011 passerades den siffran redan i oktober.

### Mineraljakten

Intressanta fynd kan också göras av privatpersoner, bland annat i tävlingen Mineraljakten, som arrangeras av SGU i samarbete med i länsstyrelser och industri. Under 2011 pågick Mineraljakten i Norrbotten, Västerbotten och södra Norrland (där även bidrag från övriga Sverige räknas in). Syftet är att hitta nya mineralfyndigheter, något som på sikt kan leda till nya gruvor, ny mineralförädling och därmed också skapa nya jobb. Guldgruvan som öppnades i Svartliden 2004 började med att tre lärare skickade in ett intressant guldfynd till Mineraljakten.

I år belönades bland annat Björn Wikberg från Norsjö i Västerbotten, som har hittat ett guldförande block av en omvandlad vulkanit som förutom guld innehåller kompakt arsenikkis, zinkblände och blyglans.



### Ett virtuellt borrhärnarkiv

”Digitala borrhärnor” är nästa steg i SGUs arbete med att tillgängliggöra den information som finns i vårt borrhärnarkiv. Vi har under året avslutat ett omfattande arbete med att skanna in borrhärnprotokoll, analyser m.m. och planerar nu att skanna in själva borrhärnorna.

Genom att göra informationen digitalt tillgänglig räknar vi med att snabbare kunna se tecken som kan tyda på att betydande fyndigheter kan finnas i det provtagna området.

På sikt kan vi också öka vår kunskap om hur malmer bildas och på så sätt skapa underlag för att hitta ytterligare nya fyndigheter.



Nu har vi, i ett inledande skede, bland annat tittat på vilken typ av teknik som kan användas för att skanna borrhärnor. Viktigt är också att välja ut vilka parametrar som ska mätas. SGU har omkring 320 mil kärnor från borrhärningar som gjorts i samband med prospektering i Sverige.

Under året har en bearbetningskoncession för järn beviljats, Blötberget i Ludvika kommun. Med bearbetningskoncession menas att företaget får rätt att starta gruvverksamhet. Ytterligare fyra ansökningar om sådan koncession finns hos Bergsstaten: för en gammal kopparfyndighet i Kiruna kommun, för två i Dalarna och för en i Västerviks kommun.

Totalt låg under året ett fyrtiotal projekt någonstans på stegen mellan ansökt bearbetningskoncession och producerande gruva.

### EN STRATEGI FÖR MINERALFRÅGOR

Sverige är ett av få länder som bidrar till att trygga den europeiska tillgången på metaller. Emellertid är behovet långt större än tillgången.

Vårt land är en av Europas största malmproducenter, framför allt av järn. Vår miljölagstiftning är stark, och det sker en gradvis utveckling mot mindre miljöpåverkan från gruvprojekten.

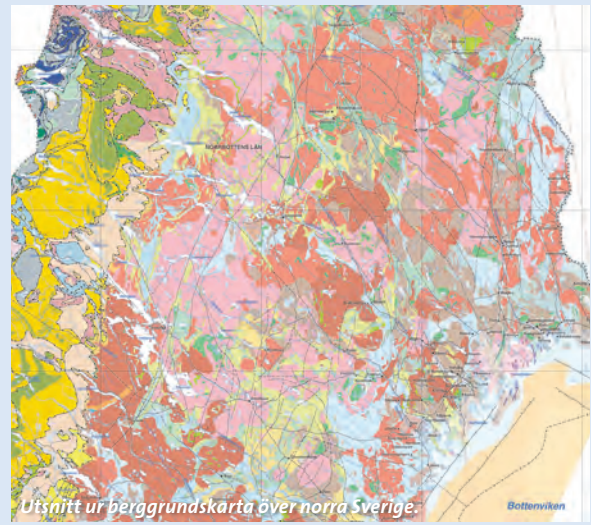
EU-kommissionen har uppmärksammat att det finns risker med den låga självförsörjningsgrad som EU har när

### Satsning på Barentsregionen

Under de närmaste åren kommer SGU att, i en särskild satsning, kartlägga de geologiska förhållandena i Västerbotten och Norrbotten. Arbetet omfattar berggrundsgeologiska undersökningar, geofysiska flyg- och markmätningar och morängeochemiska undersökningar.

Syftet med satsningen är främst att skapa underlag för prospektering och på sikt för gruvverksamhet i området.

Vi kommer att komplettera redan befintlig information i de fall det behövs och göra riktade undersökningar i ett antal nyckelområden. Syftet med dessa är att skapa djupare kunskaper om de malmförande ytbergartsleden, bland annat om den stratigrafiska och strukturella uppbyggnaden och utvecklingen, hydrotermala omvandlingar och mineraliseringar i regionen.



det gäller de flesta metaller och mineral. För att minska riskerna och skapa förutsättningar för en livskraftig, modern gruvsektor, har kommissionen rekommenderat att nationella råvarustrategier tas fram.

Detta är bakgrunden till varför SGU, på uppdrag av regeringen, i våras presenterade ett förslag på vad en nationell mineralstrategi kan innehålla och hur den kan tas fram. Det resulterade i att regeringen, som ett första steg, i budgetpropositionen föreslog förstärkta insatser för kartering och mineralinformation. Ett annat resultat är att SGU nu förstärker sin kompetens på området och inrättar en ny enhet med uppgift att bistå industrin med att göra Sverige till ett av världens ledande gruvländer.

## IDAG SÄLLSYNTA OCH EXOTISKA MINERAL – IMORGON KÄLLOR FÖR NYTTOMETALLER

Människan har sedan urminnes tider varit beroende av mineral och metaller. Under århundradenas lopp har vi utvecklat nya sätt att använda de nyttomineral och metaller vi utvinnet ur berggrunden. Vi har förbättrat förädlingsmetoderna och vi har hittat mineral och metaller med egenskaper som gett oss möjlighet att ta tekniken ännu ett steg framåt.

Den explosionsartade utvecklingen av den digitala tekniken skulle varit omöjlig utan vår kunskap om och tillgång till olika mineral, ur vilka vi utvinnet de nödvändiga metallerna. Detsamma gäller för teknikutvecklingen inom miljösektorn.

### Sällsynta jordartsmetaller

De sällsynta jordartsmetallerna (eng. REE, rare earth elements) är ett exempel på "ovanliga mineral", som idag används inom en rad områden.

Kina har under 2000-talet blivit den i stort sett enda leverantören av sällsynta jordartsmetaller på världsmarknaden. Den högteknologiska industrin med japansk elektronik, sydkoreanska bilar, amerikanska solceller och danska vindkraftverk, alla är de beroende av import av dessa metaller från Kina.

Nu sker en snabb utveckling på många håll i världen för att starta utvinning av sällsynta jordartsmetaller, så om några år lär bilden ha förändrats.

### Historien börjar i Sverige

Upptäckthistorien för de sällsynta jordartsmetallerna börjar faktiskt i Sverige, och mer specifikt i de två svenska gruvorna Bastnäs och Ytterby. I mitten av 1800-talet upptäcktes bland annat den ceciumrika bastnäsit i just Bastnäs. Det drojde dock in på 1950-talet innan det "blev en malm", och idag är bastnäsit ett av de viktigaste malmineralen för REE på global skala.

I fallet med de zirkonium- och REE-förande silikatmineralen i eudialytgruppen så har de ända sedan upptäckten i början av 1800-talet betraktats som av akademiskt intresse. Idag har vi en potentiell ny gruva

i Sverige (Norra Kärr) med eudialyt som huvudsakligt malmineral!

### Unik atomstruktur ger unika egenskaper

Ett annat aktuellt exempel är Dan Schechtmans upptäckt på 1980-talet av en kvasikristallin förening, som resulterade i Nobelpriset i kemi 2011. Schechtman möttes inledningsvis av stor tveksamhet för sin upptäckt – en kemisk förening där symmetrin inte är periodisk – men successivt ökade förståelsen.

Sedan tio år är kvasikristallina material en viktig gren inom materialforskning och produktion, och fortsatta framsteg kan leda till ytterligare nya material med unika egenskaper. Vi vet nu att kvasikristallina mineral med stor sannolikhet bildas genom geologiska processer.\*

Hos kvasikristallina föreningar är det den unika atomstrukturen som ger de eftersträvsvärda materialegenskaperna. Det skiljer dem från de sällsynta jordartsmetallerna, där det är mineralets sammansättning som är intressant.

### Geologiska regnskogar

– Detta är några exempel som visar hur viktigt det är med systematiska undersökningar av och kunskap om våra naturliga, geologiska material, alltså mineral – de i naturen förekommande kemiska föreningar, grundämnen och legeringar som bygger upp planeterna. Vilka nyupptäckta eller ännu okända mineral kommer att bli intressanta i en nära framtid? säger Erik Jonsson, SGU-medarbetare och adjungerad professor i mineralogi.

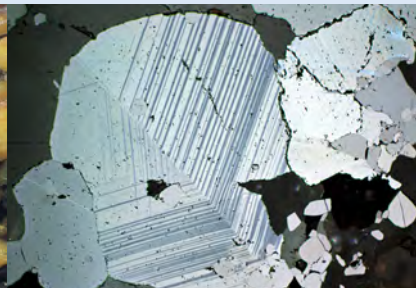
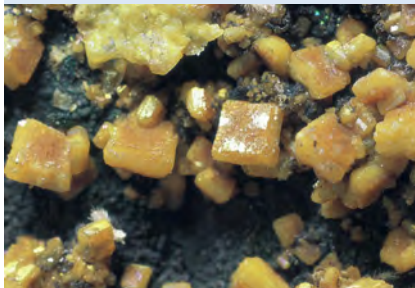
– Man kan dra parallellen till hur forskare idag genomsöker världens mest komplexa

ekosystem, som regnskogarna, för att finna nya typer av biologiska substanser. Ett flertal nya mineral upptäckts varje år på jorden liksom i extraterrestriska material (dvs. material som inte kommer från jorden). Det senaste upptäckta mineralet från Sverige är långbanshyttanit, som godkändes som nytt mineral 2011. Det är en hydrerad manganmagnesiumarsenat, som representerar en tidigare okänd strukturtyp.

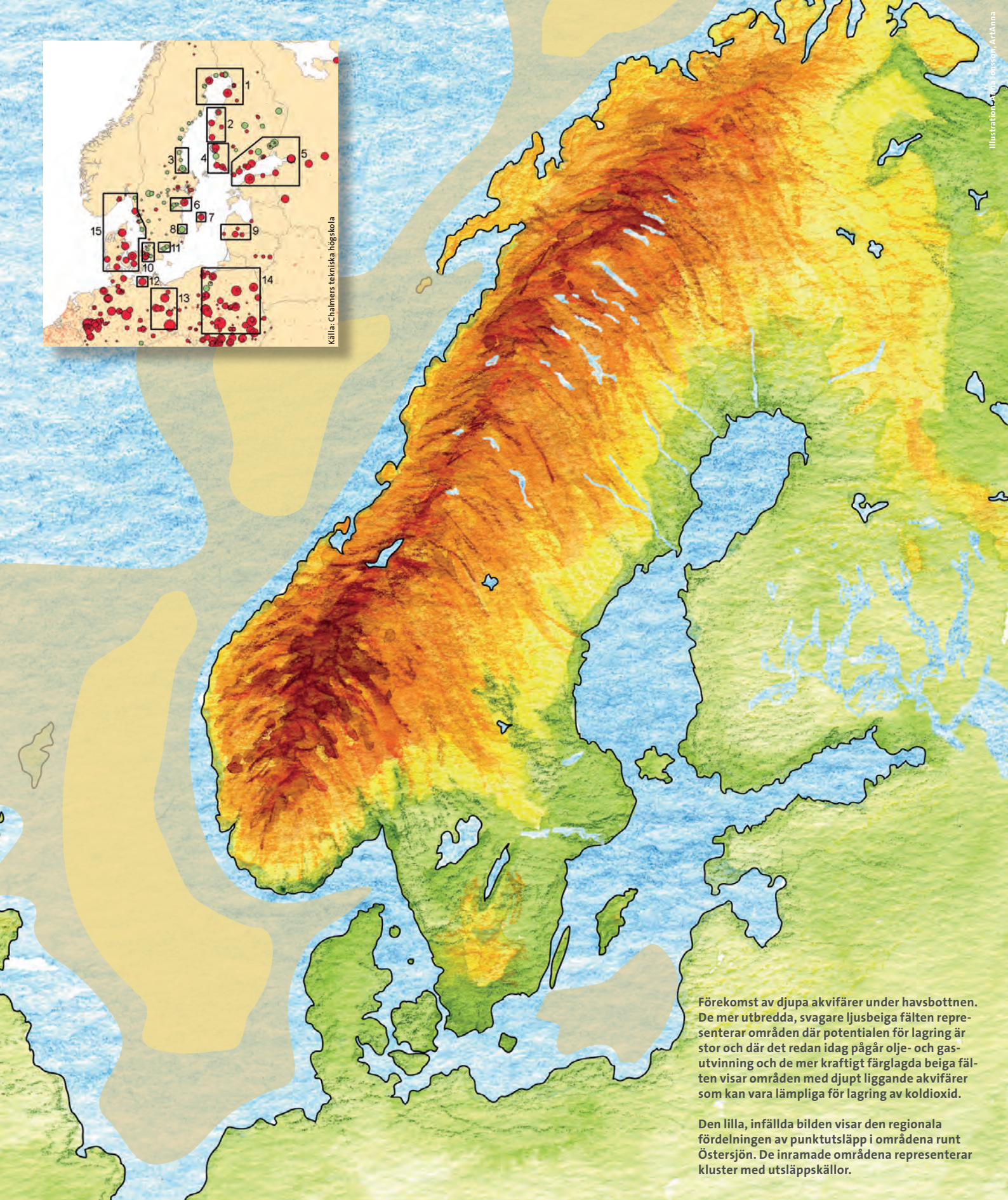
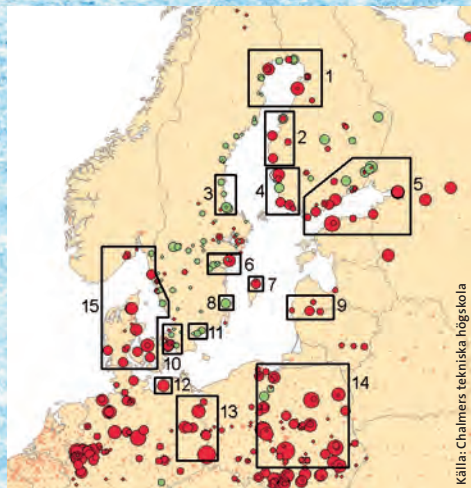
Behovet av ökad kunskap och den snabba utvecklingen av högteknologiska produkter har förkortat steget från geologisk forskning till industriell tillämpning väsentligt. Sverige, med sina rika mineraltillgångar, kan ha en nyckelroll här. De allra flesta av de 14 mineral, som EU pekar ut som kritiska, finns i den svenska berggrunden. I den lilla gruvan Ytterby utanför Norrtälje har sju grundämnen påträffats för första gången i världen. Långban i östra Värmland är typlokal för över 60 mineral.

– Det finns en stor potential för nya upptäckter, inte minst om vi fokuserar på rätt "geologiska regnskogar", framhåller Erik Jonsson.

*\*Lite mer bakgrundsfakta om kvasikristallina föreningar: jakten på naturliga analoger ledde fram till undersökningar av en sällsynt och märklig mineralassociation bestående av bland annat koppar-zink-aluminiumlegeringar, vilka delvis hade en likartad kemi som ett artificiellt kvasikristallint material. 2011 beskrevs den första påvisade naturliga kvasikristallina föreningen, mineralet ikosahedrit (L. Bindi m.fl., American Mineralogist: Icosahedrite, Al<sub>63</sub>Cu<sub>24</sub>Fe<sub>13</sub>, the first natural quasicrystal).*



Fotom: Erik Jonsson



Förekomst av djupa akvifärer under havsbotten. De mer utbredda, svagare ljusbeiga fälten representerar områden där potentialen för lagring är stor och där det redan idag pågår olje- och gasutvinning och de mer kraftigt färglagda beiga fälten visar områden med djupt liggande akvifärer som kan vara lämpliga för lagring av koldioxid.

Den lilla, infällda bilden visar den regionala fördelningen av punktutsläpp i områdena runt Östersjön. De inramade områdena representerar kluster med utsläppskällor.

# Koldioxidlager under havsbotten

Lagring av koldioxid under havsbotten diskuteras idag som ett möjligt alternativ för att minska de ökande koldioxidhalterna i atmosfären. SGU arbetar med att, utifrån ett geovetenskapligt perspektiv, bedöma möjliga lagringsplatser för koldioxid i Sveriges närområden.

Merparten av den koldioxid som människan släpper ut i atmosfären kommer från förbränning av fossila bränslen. Kraftproduktionen står, globalt sett, för mer än hälften av utsläppen. Diskussionerna handlar därför mest om hur avskiljning och lagring av koldioxid kan tillämpas för just kraftindustrin, och då främst kraftproduktion baserad på kol, olja och gas.

## SVENSKA FÖRHÅLLANDEN – SPECIELLA?

– I Sverige är kraftproduktionen baserad på vattenkraft, kärnkraft, vindkraft och biobränslen. Energisektorns andel av koldioxidutsläppen är endast ca 5 procent. Det är i

stället processindustrin som dominerar koldioxidutsläppen här, berättar Mikael Erlström, SGU-medarbetare och adjungerad professor med fokus på just geologisk lagring av koldioxid, CCS (carbon capture storage).

Massa-, stål- och cementindustrin står för större delen av utsläppen, drygt 20 miljoner ton koldioxid. Det handlar om punktutsläpp som är spridda över landet.

– För att vi i Sverige ska kunna implementera CCS-metodiken krävs både anpassade avskiljningsmetoder som fungerar för vår industri och samordnade transportlösningar, säger Mikael.

Inom EU planerar man för ett stort integrerat transport-

## GEOLOGISK LAGRING AV KOLDIOXID – VARFÖR?

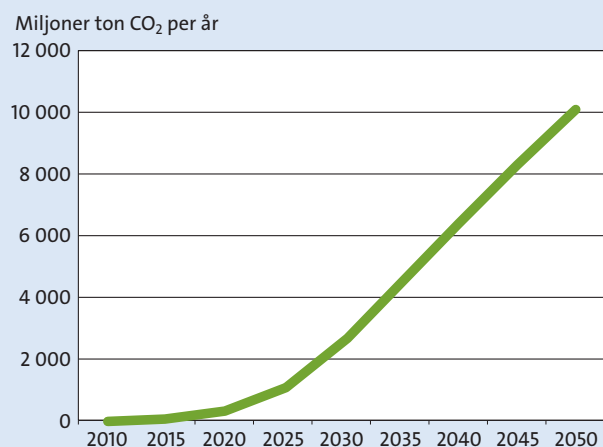
Geologisk lagring av koldioxid anses som en av flera vägar att gå för att nå såväl nationella som internationellt uppsatta klimatmål.

EU har som övergripande klimatmål att:

- jordens medeltemperatur får öka med högst 2 grader över den nivå som rådde före industrialiseringen
- halten koldioxid i atmosfären ska stabiliseras på ca 450 ppm. Idag är medelhalten ca 375 ppm och under 1800-talet var den ca 280 ppm.

IPCC (International Panel on Climate Change) anser att avskiljning och geologisk lagring av koldioxid kan stå för omkring en femtedel av minskningen av de globala utsläppen av koldioxid i atmosfären fram till 2050. Andra viktiga åtgärder är omställning till större andel förnybar energi och effektivisering av befintliga energisystem.

Om de CCS-demonstrationsanläggningar som är på gång inom EU visar att detta är en framkomlig och säker metod, kommer det under de närmaste decennierna ställas stora krav på geovetenskaplig kompetens för att ta fram underlag och karaktärisera lämpliga lagringsplatser. I ett framtidsscenario av IEA indikeras att det fram till 2050 måste anläggas drygt 3 400 storskaliga lagringsplatser i världen för att CCS-tekniken ska ha avsedd effekt på klimatmålet.



Uppskattning av utvecklingen för CCS-projekt (avskiljning och lagring av koldioxid). Från IEA CCS Report 2009.



”Metodutveckling för karaktärisering, kontroll och riskbedömning av möjlig lagring blir oerhört viktigt de närmaste åren.”

*Mikael Erlström, statsgeolog och adjungerad professor*

”Kunskap om den lokala geologin är en förutsättning för ett fortsatt arbete kring koldioxidlagring i berggrunden.”

*Linda Wickström, berggrundsgeolog*



nät, där koldioxiden fraktas från utsläppskällorna till lagringplatserna. Sverige, och då särskilt vår basindustri längs Norrlandskusten, befinner sig i ytterkanten till detta system. Här behövs en samordnad plan för att lösa behoven av transport av koldioxiden till lämpliga lagringsplatser.

#### KUNSKAP OCH INFORMATION AVGÖRANDE

För den svenska basindustrins vägval är kunskap och information om möjligheten till geologisk lagring i djupa akvifärer i närområdet viktig. I början av 2011 presenterade SGU en utredning som visar vilka områden i Sverige som kan vara aktuella för koldioxidlagring. Ett tänkbart alternativ är framför allt den regionalt utbredda kambriska sandstenen i södra Östersjön.

Det krävs dock fler undersökningar, tester och fördjupade geologiska analyser samt modelleringar för att man ska kunna göra en bättre bedömning av möjligheterna.

#### LAGRING UNDER HAVSBOTTNEN – VARFÖR?

I EUs direktiv om geologisk lagring av koldioxid (EC 2009) pekar man ut djupt liggande akvifärer och tömda olje- och gasfält som möjliga lagringsalternativ.

– Inventeringar har visat att den största potentialen för lagring i Europa finns ute i Nordsjön. Här finns porösa och genomsläppliga sandstensformationer på lämpliga djup som skulle kunna rymma norra Europas utsläpp. Dessa täta, överliggande takbergarter möjliggör säker storskalig lagring, berättar Mikael Erlström.

– I Tyskland, Polen, Holland och Danmark finns möjligheter till lagring på land, men här finns på flera håll en tvetsamhet hos allmänheten mot koldioxidlagring.

– Lagring till havs har helt andra förutsättningar till acceptans, bland annat eftersom det i flertalet aktuella områden redan idag finns en omfattande utvinning av olja och gas. Lagringsplatserna ligger dessutom i regel långt ifrån de områden, där människor bor och verkar.

Till havs är det även lättare att upprätta väl fungerande kontrollprogram, där övervakningen kan göras med hjälp av yttäckande 3D-seismik. Här finns inga vägar och ingen bebyggelse eller liknande som kan försvåra mätningarna. Statoil har med sitt lagringsprojekt av avskild koldioxid från gasfälten i Nordsjön visat att det går utmärkt att med seismik kontrollera var den injekterade koldioxiden befinner sig och hur den sprids i akvifären (lagret) på 1 000 m djup.

Det som ytterligare bidrar till göra Nordsjön intressant som lagringsområde är att redan befintliga transport-system och annan infrastruktur, liksom kunskap kring offshore-borrningar efter olja och gas, kan användas för koldioxidlagring.

Även för svensk industri, speciellt i Västsverige, är Nordsjön och delar av Skagerrack ett möjligt lagringsalternativ. För industri med stora punktutsläpp längs Östersjökusten är alternativen antingen att anlägga en rörledning över fjällkedjan till lagringsplatser i Nordsjön eller att lagra koldioxid i södra Östersjön, om detta visar sig vara möjligt.

## GEOLOGIN AVGÖRANDE FÖR MÖJLIGHETERNA TILL KOLDIOXIDLAGRING

Det är den lokala geologin som ger förutsättningarna för ett koldioxidlager. Bäst möjlighet till lagring finns i djupa, porösa akvifärer.

En akvifär är en avgränsad berggrundsstruktur, som är tillräckligt porös för att innehålla stora volymer vatten – till exempel en sedimentär sandsten eller kalksten. Vattnet finns i hålrummen mellan mineralkornen i bergarten, dvs. det är hålrummen som gör bergarten porös.

Viktigt är också att det finns tät berggrund som överlagrar akvifären, en så kallad takbergart. Denna hindrar koldioxiden från att ta sig upp till markytan.

### Högt tryck ger flytande koldioxid

Med djupa akvifärer menas så djupa formationer att koldioxiden kan lagras i flytande tillstånd. För att trycket ska bli tillräckligt stort för att koldioxiden ska övergå från gasfas till vätskefas bör djupet vara minst 800 m.

Den flytande koldioxiden tränger undan en del av vattnet och lagras i porutrymmena. Den kan också till viss del lösa sig i vatten. Vattnets salthalt och innehåll av mineral och andra ämnen påverkar hur lätt koldioxiden löser sig. Akvifärer på så stora djup innehåller fossilt eller relikt vatten, som ofta har mycket höga salthalter och även kan innehålla lösningar av olika mineral och metaller.

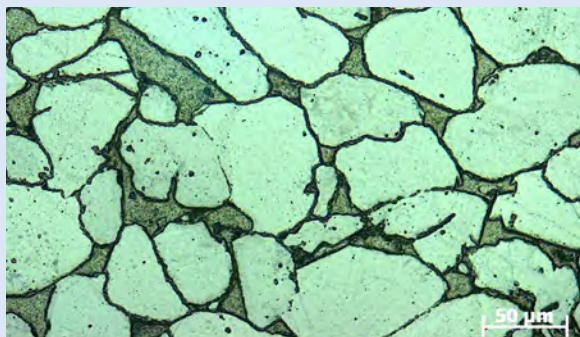
### Fast ämne på lång sikt

Ju längre tid koldioxiden lagras, desto större andel går i lösning och mineraliseras, dvs. övergår i fast form. Den binds helt enkelt fast i akvifären.

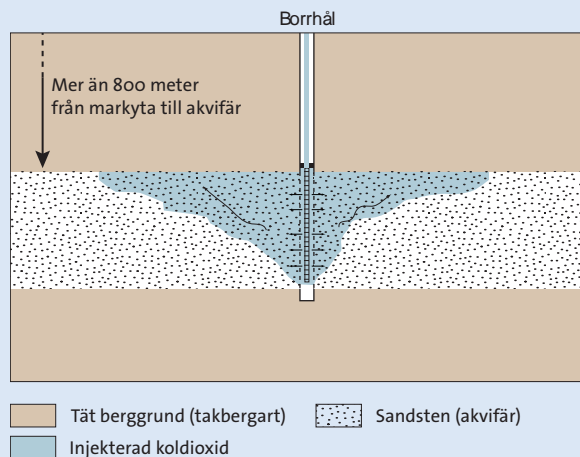
### Viktiga egenskaper

Det finns ett antal egenskaper som ska uppfyllas för att lagringsformationen (akvifären) och överlagrande täta formationer ska kunna klassificeras som lämpliga för lagring av koldioxid. Dessa kan delas in i:

1. Akvifärens och takbergartens geometriska och strukturella egenskaper som innefattar utbredning, tjocklek och begränsningar samt vertikal och horisontell uppbyggnad.
2. Fysikaliska egenskaper innefattande porositet, permeabilitet, kapillärtryck och formationstryck.
3. Kemiska egenskaper och mineralogisk uppbyggnad (formationsvatten och bergarter).



Mikroskopbild på en kambrisk kvartssandsten med god porositet. De ljusa områdena är kvarts och de mörkare, grå områdena är mellanrummen mellan kvartsen, dvs. porer.




Ett exempel på hur lagrad koldioxid kan fördela i sig en akvifär. Här är akvifären en sandstenformation som har en förhållandevis jämn (homogen) sammansättning och porositet.

## CCS OCH SGU

SGU har sedan några år deltagit i flera internationella samarbetsprojekt med fokus på lagring av koldioxid, till exempel EU-projektet Mustang (EU Fp 7) och CGS Europe, som är ett nätverk för att samla och förmedla kunskap om CCS. Nordiccs (The Nordic CCS Competence Centre) är ett nystartat samnordiskt kompetenscentrum med elva deltagande forskningsorganisationer. Konsortiet, där SGU

ingår, har bland annat i uppgift att ta fram en nordisk atlas över möjliga lagringsplatser samt riktlinjer för säker lagring och geologisk modellering.

Tillsammans med universitet och högskolor arbetar SGU också med att bygga upp ett nationellt nätverk kring forskning och metodutveckling för koldioxidlagring. Här ligger fokus framför allt på att kunna karaktärisera och bedöma djupa akvifärer och deras takbergarter.

A photograph showing a close-up of a gravel sample. The gravel consists of small, dark, angular particles. To the right of the gravel is a smooth, light-brown sand surface. A white rectangular sign with black text is placed on the sand, identifying the gravel as 'MAKADAM 8 / 16'. The sign is supported by a thin metal rod. The gravel is piled up, and the sand is a flat surface.

MAKADAM  
8 / 16

I förgrunden krossat berg, 8–16 mm,  
(makadam) och i bakgrunden naturgrus.

# Jordens äldsta och största råvara

Det behövs ballastmaterial, dvs. grus, krossat berg eller morän, för att man ska kunna bygga vägar, hus och andra anläggningar. Det märks tydligt i de länder som just nu utvecklar sin infrastruktur, där konsumtionen av ballast ökar kraftigt.

I Sverige använder vi mellan 80 miljoner och 100 miljoner ton ballast per år. Sett till volymen utgör ballast den största råvaran i landet. Det kan till exempel jämföras med malmproduktionen, som för närvarande är ca 60 miljoner ton per år.

## SPARA PÅ GRUSET!

Som ballast används krossat berg, naturgrus från till exempel rullstensåsar och morän. Naturgrus är en ändlig naturresurs, som inte nybildas förrän under nästa istid.

– Våra största grundvattenmagasin finns i rullstensåsar och det är också en viktig anledning till att vi vill spara dessa grusförekomster; för att skydda grundvattnet och säkra den framtida dricksvattenförsörjningen, säger Karin Grånäs, jordartsgeolog på SGU.

– Grusåsarna är också i många fall värdefulla friluftsoch kulturområden.

Tidigare användes naturgrus till de flesta ändmål, såsom väg-, hus- och järnvägsbyggen. Det är ett utmärkt ballastmaterial som är lätt att utvinna. Sedan 1980-talet har dock ambitionen varit att systematiskt minska användningen av naturgrus. På 25 år har den andel av ballastmaterial som utgörs av naturgrus minskat från 80 procent till 17 procent (2009). Istället har andelen krossat berg ökat från ca 15 procent till 68 procent.

En stor del av det naturgrus som utvinns idag går till betongtillverkning. För vägbyggen används i första hand krossat berg.

Redan på 1940-talet framförde den tidigare SGU-medarbetaren, sedermera professorn Gunnar Beskow att "Gruset räcker ej evigt" och "med tiden får man övergå till att krossa sten" (SvD 15 oktober 1940).

## HUR VIKTIG ÄR EN VISS GRUNDTVATTENFÖREKOMST?

För att kunna bedöma grundvattenförekomsternas värde för vattenförsörjningen nu och i framtiden måste flera parametrar värderas.

SGU arbetar med en modell, där grundvattenförekomsternas kvantitet, kvalitet, sårbarhet och risk för föroreningar vägs samman. På så sätt får man en bild av magasinens förutsättningar att utgöra en resurs för dricksvattenförsörjning. Denna bild kopplas ihop med hur stort behovet av dricksvatten är i regionen, vilket framför allt bestäms av hur tätbefolkat området är.

## ISTÄLLET FÖR NATURGRUS

Täkttillståndsärenden tar i dag mycket tid och resurser i anspråk för både myndigheter och företag. SGU arbetar tillsammans med

täktindustrin och länsstyrelserna för att förenkla arbetet. Ett viktigt steg är att alla aktörer har en gemensam syn på inom vilka användningsområden det är lätt att er-



”För en hållbar användning av naturresurserna behövs en aktiv och långsiktig materialförsörjningsplanering.”

Karin Grånäs, jordartsgeolog



”Breda forskningsarbeten mellan universitet, institut och bransch har banat väg för utfasningen av naturgrus.”

Mattias Göransson, berggrundsgeolog



sätta naturgruset med krossat berg och var det inte är det. Resultaten av detta arbete har sammanställts i rapporten *Ersättningsmaterial för naturgrus – kunskapssammanställning och rekommendationer för användningen av naturgrus* som vi publicerade i oktober. Syftet med arbetet är att vi i slutänden ska få en bättre hushållning med naturgruset och kan skydda tillgången på dricksvattenförekomster för framtida bruk.

Det största användningsområdet för naturgrus är betong. Under de senaste åren har forskning och erfarenhet visat att man med modern krossningsteknik och val av rätt bergart kan få fram ett ersättningsmaterial till naturgruset

för att göra betong. Här är kunnandet om bergarterna och deras mineralsammansättning och egenskaper avgörande.

Andra exempel på användningsområden där naturgruset i de flesta fall kan ersättas av krossat berg är halkbekämpning, markbeläggning och ledningsgravar.

Inom vissa områden har man ännu inte fått fram fullgoda ersättningsmaterial till natursand. Det gäller till exempel för gjuteriändamål, glastillverkning och som stötdämpande underlag.

#### PLANERA FÖR MATERIALFÖRSÖRJNING

För att kunna åstadkomma en god hushållning med naturresurserna behövs planering. Kommunernas och länsstyrelsernas främsta verktyg för detta är materialförsörjningsplaner. En sådan svarar bland annat på frågor som:

- Var finns de viktigaste grundvattenförekomsterna och de värdefulla natur- och kulturmiljöerna?
- Vilka infrastruktur- eller byggprojekt planeras?
- Vilket behov av ballastmaterial finns på kort och lång sikt och varifrån ska det tas?
- Hur ligger täkterna i förhållande till avsättningsorterna idag och hur är det önskvärt att de ligger i framtiden för att minimera transportererna?

SGU har tillsammans med länsstyrelsen i Uppsala län tagit fram ett underlag för en materialförsörjningsplan. I planen ingår värdering av grundvattenförekomster, beskrivning av tillgång till naturgrusförekomster och undersökning av berggrunden med avseende på att materialet

#### Gruskunskap på export

Erfarenheter och kunskaper från den teknikutveckling som pågått i Sverige de senaste åren samt SGUs kunskap om bergkvalitet är hett eftertraktade i Botswana.

SGU bedriver sedan 2010 ett SIDA-projekt i Botswana tillsammans med Botswanas geologiska undersökning, som syftar till kunskapsöverföring och inventering av bergtillgångar. Bakgrunden är att man i Botswana inom en mycket nära framtid kommer att ha gjort slut på sina flodsandstillgångar för betongframställning. Då landet växer kraftigt och infrastrukturen är mycket viktig för malmindustrin och övriga transporter har man också ett stort behov av ballastmaterial för väg- och betongändamål.



## NATIONELLT MILJÖMÅL FÖR ATT SKYDDA GRUSFÖREKOMSTER

Sveriges riksdag har beslutat om 16 nationella miljö kvalitetsmål, med syfte att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta.

SGU svarar för miljö kvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet*, där ett delmål om minskad användning av naturgrus ingår. Syftet är att skydda de isälvsavlagringar, där stora grundvattenförekomster finns. För att strukturera arbetet har målet delats in i fyra delmoment:

- Inga fler täkter i naturgrusavlagringar som har eller kan komma att få stor betydelse för vattenförsörjningen eller natur- och kulturlandskapet.
- Naturgrus nyttjas endast där det inte är tekniskt möjligt eller ekonomiskt rimligt att använda ersättningsmaterial.
- Materialförsörjningsplaner utförs i syfte att klargöra tillgången på ersättningsmaterial till naturgrus och säkerställa framtida behov av ballastmaterial.
- Teknik finns och utvecklas för att använda ersättningsmaterial i betongframställning.



ska användas till väg-, järnvägs- och betongändamål. En studie av produktion och konsumtion har också gjorts. Syftet är att

- skapa en trygg vattenförsörjning på kort och lång sikt
- ge underlag för en effektiv materialförsörjning för samhällsbyggande
- ge underlag för översiktsplanering
- ge överblick över materialtillgångar för en bättre tillståndsprövning.

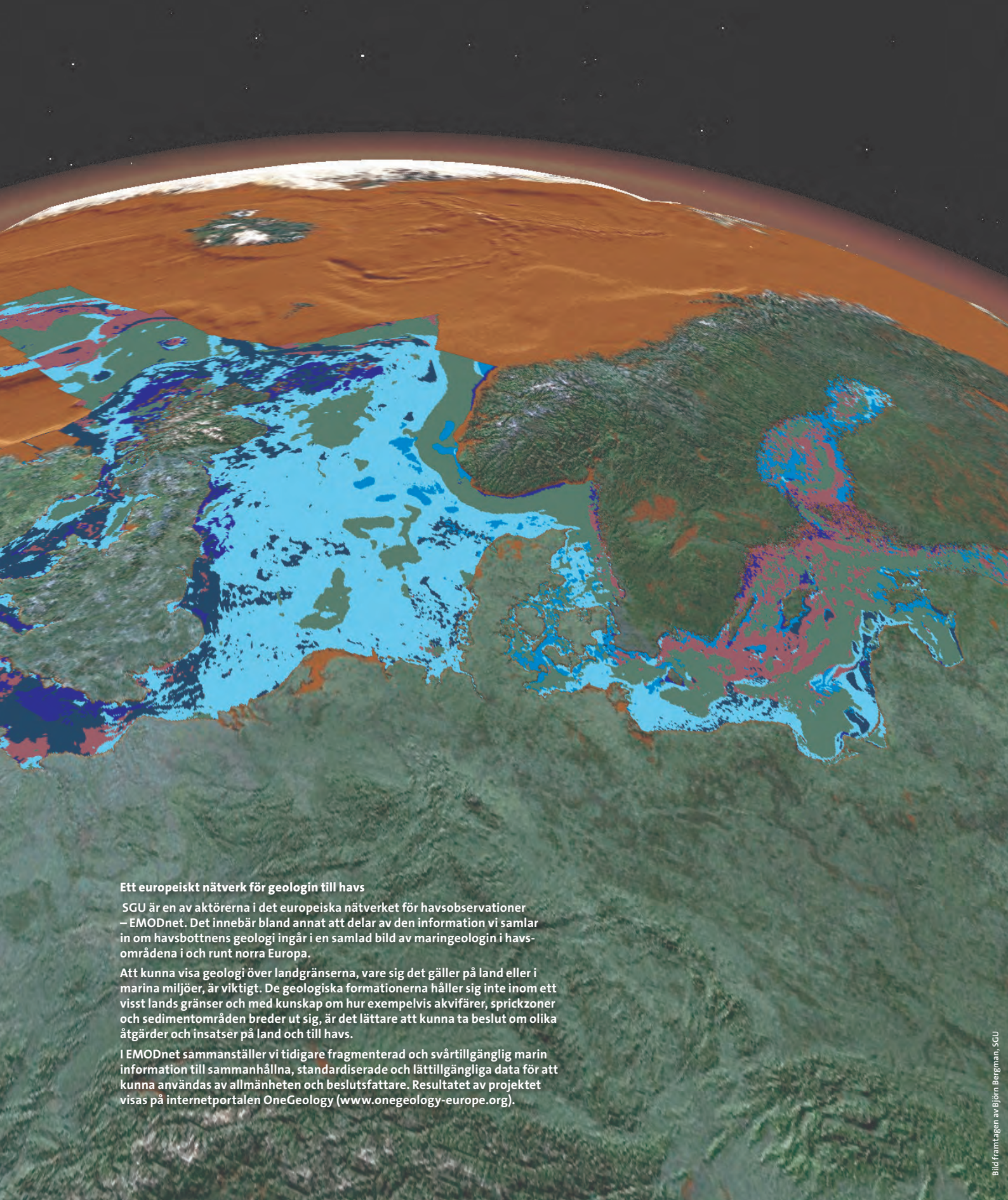
Tanken är att denna plan även ska kunna fungera som en modell för andra regioners materialförsörjningsplaner.

## NY TEKNIK – NYA MÖJLIGHETER

Med hjälp av sprängnings- och krossningsteknik kunde man på 1800-talet börja använda berggrunden för vägballast. I dag försöker man lösa problemet med att ett krossat bergmaterial är flisigare, mer skarpkantat och anrikt på mer stenmjöl och glimmermineral än naturgruset. Ny förädlingsteknik ökar möjligheterna att nyttja fler råvaror till fler användningsområden väsentligt.

Det är framför allt sandandelen i betongen som är svår att ersätta med krossat berg. Naturgrusets runda partiklar gör betongmassan lättarbetad; den flyter lätt ut, är enkel att pumpa och lätt att vibrera. När man krossar en bergart tenderar de flakiga mineralkornen, glimmern, att anrikas i den finfraktion som används till betong, vilket kan skapa problem. Glimmer är ett relativt vanligt mineral i de svenska bergarterna och därför har man i flera delar av vårt land svårt att hitta en bra bergråvara.

Under det senaste decenniet har universitet, institut och bransch forskat och gjort praktiska försök för att med särskilda krossar och vindsiktare kunna optimera det krossade materialets egenskaper. Man har lyckats skilja glimmermaterialet från finfraktionen samt kantslita det kvarvarande bergmaterialet så att dess kornform blivit mer rundad, dvs. mer likt naturgruset. Det behövs fortfarande mer forskning och utveckling, men mycket talar för att vi med hjälp av modern teknik för att krossa och sortera kan komma att öka de flesta bergarters lämplighet för betong. Om en lämplig bergråvara finns tillgänglig, finns det också goda möjligheter att, på ett ekonomiskt rimligt sätt, kunna utvinna ett ersättningsmaterial för naturgruset.



### Ett europeiskt nätverk för geologin till havs

SGU är en av aktörerna i det europeiska nätverket för havsobservationer – EMODnet. Det innebär bland annat att delar av den information vi samlar in om havsbottnens geologi ingår i en samlad bild av maringeologin i havsområdena i och runt norra Europa.

Att kunna visa geologi över landgränserna, vare sig det gäller på land eller i marina miljöer, är viktigt. De geologiska formationerna håller sig inte inom ett visst lands gränser och med kunskap om hur exempelvis akvifärer, sprickzoner och sedimentområden breder ut sig, är det lättare att kunna ta beslut om olika åtgärder och insatser på land och till havs.

I EMODnet sammanställer vi tidigare fragmenterad och svårtillgänglig marin information till sammanhållna, standardiserade och lättillgängliga data för att kunna användas av allmänheten och beslutsfattare. Resultatet av projektet visas på internetportalen OneGeology ([www.onegeology-europe.org](http://www.onegeology-europe.org)).

# Jordnära forskning

Mycket av det som börjat som grundforskning, används idag inom olika tillämpningar i samhället. Detta gäller även inom det geovetenskapliga området, där till exempel grundläggande kunskap om hur berggrunden har bildats och omvandlats för flera miljoner år sedan hjälper oss att förstå vilka malmer som kan finnas och var.

Behovet av geologisk information och fördjupade kunskaper ökar i takt med att vårt samhälle utvecklas. Vi behöver veta mer om hur olika typer av malmer och mineral bildas, få kunskap om materialegenskaperna hos bergarter och hos specifika mineral, kunna undersöka geologin på stora djup och förstå hur grundvattnet rör sig genom berggrundens sprickor och spricksystem.

## NÄRA SAMARBETE EN FÖRUTSÄTTNING

För SGU är kopplingen till forskning och utveckling självklar. Inom geologin, som inom all annan naturvetenskap, ger ökade kunskaper och upptäckter ökad förståelse för hur vår värld ser ut och fungerar. För en geologisk undersökning som SGU är det viktigt att ha ett nära samarbete med universitet och högskolor.

– SGU har under året stärkt samarbetet ytterligare, berättar Katarina Nilsson, som är berggrundsgeolog och arbetar med SGUs verksamhet inom forskning och utveckling.

– Många av våra åtgärder baseras på de undersökningar, som vi har gjort tillsammans med just universitet och högskolor. Vi möter tydliga önskemål om att SGU ska vara mer drivande i forskning och utveckling runtom i landet, ha egna aktiva forskare, vara den organisation som synliggör den geovetenskapliga forskningen och aktivt stödja implementeringen av ny forskning i samhället.

– Våra fyra adjungerade professorer är ett gott exempel på det utökade samarbetet. Våra medarbetare blir involverade i forskning och utbildning vid de olika universiteten, vilket ger nya möjligheter till utbyte av föreläsningar och gemensamma workshops och seminarier. Ett annat exempel är att studenter vid universitet och högskolor är

välkomna att göra sina examensarbeten med handledning från oss. Förslag på lämpliga examensarbeten finns alltid på vår webbplats.

SGU arbetar också med egen forskning och utveckling.

– Det är en viktig del i vår kunskapsuppbyggnad och ger möjlighet till fördjupning i frågeställningar som dykt upp i till exempel vår kartläggning, men också till metod- och teknikutveckling, säger Katarina.

## TILLÄMPAD GEOLOGI FÖR VÅR VARDAG

För att utveckla nya kunskaper och metoder inom geologi, ger SGU sedan flera år tillbaka riktat stöd till universitet och högskolor. Syftet är att möta samhällets behov av tillämpad geologi och bidra till en hållbar utveckling. De projekt som får del av finansieringen spänner över en rad olika områden – allt från hur Sveriges geologi har utvecklats till koldioxidlagring, vattenkvalitet, mineralresurser och studier av klimatrelaterade miljöförändringar i Östersjön.

Ett av de SGU-finansierade projekt som avslutades under 2011 handlar om krossat berg. Ett problem vid användning av krossat berg som beläggningsunderlag i

”Det måste finnas goda förutsättningar för grundläggande forskning, som kan ge oss morgondagens lösningar.”

*Katarina Nilsson, berggrundsgeolog*





Foto: Erik Jonsson, SGU

Genom de adjungerade professorerna har SGU fått möjlighet till ett mer integrerat och omfattande samarbete med universitet och högskolor.

Här är en av de studenter, som gör sitt master of science-arbete med en av våra professorer som handledare. Jingjing Jiao, student vid Uppsala universitets berggrundsgeologiska program, har arbetat med en petrografisk och geokemisk karaktärisering av en sektion ur apatitjärnmalmsförekomsten vid Blötberget i Bergslagen. Det är en av de större järnmalmsresurserna i södra och mellersta Sverige, som dessutom innehåller avsevärda mängder sällsynta jordartsmetaller (REE) och fosfor.

På bilden studerar och provtar Jingjing borrhörnar från Blötberget i SGUs borrhörnearkiv i Malå.

asfalt har varit de höga halterna av små inandningsbara partiklarna i intervallet 2,5–10 mikrogram, benämnt PM<sub>10</sub>. 95 procent av dessa partiklar (PM<sub>10</sub>) som kommer från vägbanan har visat sig bestå av stenmaterial från ballasten. I storstadsmiljöer överskrider ofta gränsvärdena, särskilt under vinter och vår, då många använder dubbdäck.

– Vi har i vår undersökning visat att man kan halvera halten inandningsbara partiklar genom att använda rätt sorts bergarter, säger Magnus Döse vid Cement- och Betonginstitutet, CBI, som tillsammans med Urban Åkeson vid Trafikverket har studerat nötnings- och poleringsegenskaper hos bergarter.

– Det är en balansgång att välja rätt stenmaterial. Det ska ha goda nötningssegenskaper, vilket innebär att materialet

## BÄSTA EXAMENSARBETE

Nytt för 2011 är att vi utser bästa utförda examensarbete, där SGUare har medverkat som handledare och där initiativet till ämne har tagits tillsammans med SGU.

I år fick Jeanette Sipilä, som studerat vid Institutionen för Naturgeografi och kvartärgeologi vid Stockholms universitet, denna utmärkelse. Hennes arbete *Utvärdering av radonriskkartan i Hallstahammars kommun – En analys av markradonrisk, flygradiometriska mätningar och radonhalter i hus (NKA 36, 2011)* fick priset med följande motivering:

”Arbetet har bra struktur, är välskrivet med bra illustrationer. Teori, genomförande, vetenskaplighet och analys är på hög nivå. Slutsatserna är viktiga att beakta då radonrisken kartläggs. Arbetet pekar på att en alltför hög generaliseringsgrad i radonriskkartor

bör undvikas och byggnadstekniska frågor belysas.

Trots komplexiteten i underlagsmaterialet har Jeanette Sipilä på ett utmärkt sätt analyserat data och påvisat svårigheter vid bedömningen av radonrisker och sambanden med uppmätta radonhalter i hus. Arbetet utgör ett viktigt underlag för det fortsatta arbetet med kartläggning av radonrisker, för spårning av radonhus och för bedömning av befintliga radonriskkartor.”

Jeanettes arbete var ett av fem examensarbeten som bedömdes. Samtliga var av hög kvalitet.



## MED FOKUS PÅ GRUNDTVATTEN!

Hydrogeologen Lars-Ove Lång har sin professur på Institutionen för bygg- och miljöteknik, avdelningen för geologi och geoteknik vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Här bedrivs forskning om hur grundvattnet betar sig i jord och berg, om riskanalys av föroreningar i mark och vatten samt om efterbehandling av förorenade områden. Det är frågor som är centrala för SGU.

Som adjungerad professor har Lars-Ove Lång till huvuduppgift att medverka i forsknings- och utvecklingsprojekt vid Chalmers, bland annat i forskargruppen DRICKS, som är ett ramprogram för dricksvattenforskning vid Chalmers – från råvatten till tappkran. Inom arbetsgruppen kommer Lars-Ove att vara forskningsledare för grundvattenfrågor kopplade till dricksvatten.

– Det blir intressant att utveckla frågeställningar på Chalmers som också ingår i den dagliga verksamheten på SGU. Jag har under ett antal år på SGU arbetat med Vattentäcksarkivet. Det

är en viktig datakälla som kan användas tillsammans med annan information, inte minst från SGU, för att fördjupa kunskapen om våra grundvatten.

En annan arbetsuppgift är att undervisa i frågor som är knutna till SGUs arbete med grundvatten, vattenförvaltning och miljömål.

– För att framtidsfrågorna kring användning av våra naturresurser ska få fäste är det viktigt att de får en framskjuten plats i undervisning och studentarbeten, framhåller Lars-Ove.

ska avge så liten mängd små partiklar som möjligt vid slitage, men samtidigt ska poleringsegenskaperna inte vara sådana att friktionen mellan däck och vägyta blir för liten.

## FRÅN NÄTVERK TILL INNOVATIONER

SGU är på flera sätt en länk mellan forskning, industri och samhälle. Därför är vårt samarbete med näringsliv och industri lika viktigt som samarbetet med universitet och högskolor.

I utvecklings- och forskningsprogrammet MinBas II har forskare, organisationer och företag inom branscherna industrimineral, bergmaterial och natursten samverkat. Syftet har varit att möta branschens kommande utmaningar: att anpassa sig till en hållbar utveckling, öka effektiviteten och höja produktkvaliteten.

Den statliga basfinansieringen har genom företagens insatser växlats upp från 26 miljoner kronor till 83 miljoner kronor. Goda effekter av programmet är att branschens inriktning mot en hållbar utveckling har stärkts, samt att utbyte och samverkan mellan företagen och mellan bransch, myndigheter och universitet och högskola har ökat.

## GRÄNSLÖS FORSKNING

Geologin håller sig inte inom landsgränserna. Att vara en del av ett större nätverk är helt enkelt nödvändigt – genom ett aktivt kunskapsutbyte ökar vi förståelsen och insikten om vår värld, vilket också kan resultera i konkret samhällsnytta.

Ett av de många samarbeten där SGU medverkar är teknikplattformen ETP SMR och programmet EraMin, som ingår i EUs sjunde ramprogram.

– EraMin handlar om industriell produktion och råvaruförsörjning inom EU. Vi fokuserar på tre områden: mineral för byggande och konstruktion, industrimineral och metaller. Tre konkreta exempel är ballast, kvarts och järn, berättar Katarina Nilsson.

– Målet är att skapa nätverk och förbättra koordineringen av forskningsprogram inom området i linje med EUs råmaterialinitiativ.



Världsarvet Höga kusten är ett av de bästa exemplen i världen på hur nedsjning och landhöjning påverkar jordytan.

# Geoturism får oss att växa

Vi geovetare fascinerar varje dag av det som är vår värld – att förstå hur jorden utvecklats under 4,5 miljarder år och hur vi människor på bästa sätt kan leva, bygga, bo och nyttja det som geologin ger samhället i form av naturresurser som metaller, mineral, grundvatten och upplevelser. Det vill vi dela med oss av.

När vår planet bildades för 4,5 miljarder år sedan fanns här inget liv. Planetens yta var het och sannolikt fanns inga hav. Atmosfären saknade syre, massor av vulkaner var aktiva och jordytan bombarderades av meteoriter. Under den enorma tidsrymd som passerat sedan dess har jorden svalnat, jättekontinenter bildats och spruckit sönder, bergskedjor byggts upp och nötts ner, kilometertjocka inlandsisar kommit och gått, och liv uppstått, vilket så småningom också gav atmosfären syre. Under årmiljonerna har livsformer av skilda slag utvecklats och i en del fall försvunnit. Idag finns en levande mångfald till havs, i luften och på land och till och med djupt ner i marken. Den geologiska miljön ger förutsättningarna för livet på jorden, inte minst för oss människor.

## VI BEHÖVER KUNSKAP

I vårt moderna samhälle griper geologin dagligen in i våra liv – utan att vi tänker särskilt mycket på det. Dricksvattnet vi tar från kranen kommer för många av oss som bor i Sverige från grundvattenmagasin i marken. All modern teknik innehåller metaller: en miljöbil ca 15 kg sällsynta jordartsmetaller och en mobiltelefon ca 40 olika metaller. Utan gruvor ingen modern miljöteknik. För att kunna bygga bra vägar, tunnlar och hus måste vi förstå markens stabilitet och kunna producera ballast av bergmaterial av rätt kvalitet. Geologin är helt enkelt grunden för ett modernt samhälle i utveckling.

Ofta tävlar olika behov om marken och vi måste välja. Men om vi saknar kunskap om hur geologin griper in i och påverkar våra liv och vårt samhälle blir det svårare att fatta kloka och välgrundade beslut.

Geologin finns inte som eget ämne i vare sig grundskola eller gymnasium i Sverige. Det bidrar i sin tur till att geovetenskapen som högre utbildning får svårare att hävda sig i konkurrensen med andra naturvetenskapliga ämnen. Bristen på geologisk utbildning är inte unik för Sverige men på många håll världen sker nu förbättringar. Exempelvis finns geologin som eget ämne med samma ställning som biologi, kemi och fysik i de norska gymnasierna.

Ute i världen har begreppet geoturism vuxit sig starkare under senare år. Geoturism handlar om att aktivt använda geologin till att på ett hållbart sätt utveckla och gynna det lokala och regionala turistlivet och om att sprida och öka kunskapen om geologi i samhället.

## GEOPARKER

I Sverige har geoturism varit ett förhållandevis okänt begrepp men på senare år har intresset vuxit. På SGU får vi frågor från många håll i landet, från aktörer som vill lyfta fram geologin i olika turistsatsningar för att attrahera nya besöksströmmar eller öka besöksvärdet hos befintliga turistmål.

Det sägs att turismen är oöverträffad när det gäller att få människor och ekonomier att växa. Vi ser geoturism både som ett sätt att sprida intresset för geologi och som en potentiellt viktig framtida näring. Därför informerar vi olika organisationer om geoturism och om geoparker. Det sistnämnda är ett område med stora geologiska värden som används för att främja hållbar utveckling genom turism. Begreppet geopark är generellt. Termen är inte formellt skyddad, men vill man ingå i något av de två stora internationella nätverken av geoparker (det europeiska European



Foto: Thomas Elfsson, SGU



Foto: Robert Lagerbäck, SGU

Sverige bjuder på många geologiska upplevelser av skilda slag. Svangen i Kosterhavets marina nationalpark, Sarektjåkkå-massivet i Sareks nationalpark, Bohuslän (Häller nordost om Lysekil), Neptuni åkrar på Öland och Njupeskar i Fulufjällets nationalpark (nedan) är bara några få exempel.



Foto: Curt Fredén, SGU

Geoparks Network eller Unescos Global Geoparks Network) måste man följa deras riktlinjer. I allmänhet råder vi till att geoparker inrättas efter samråd med myndigheter. Det kan vara ett första steg i att bli medlem i det europeiska och globala nätverket. Intresse för detta finns nu från flera håll i landet. SGU har startat ett nätverk för aktörer, som intresserar sig för geoturism och som har ambitionen att inrätta en geopark.

#### GEOTREAT – GUIDEN I FICKAN

I en geopark finns tillgång till information via såväl guider som skyltar och broschyrer. För att snabbare hjälpa geoturister att få tillgång till geologiska upplevelser har SGU, tillsammans med de geologiska undersökningarna i Danmark, Norge och Finland, börjat bygga en mobilapp – GeoTreat. Den lanseras till Geologins Dag i september 2012, i Sverige med information på svenska och engelska. I GeoTreat delar våra geologer med sig av sina favoritplatser och förklarar processerna som skapade dem.

Till exempel har den intensiva vulkanismen som fanns i Bergslagen och Skelleftetrakten för ett par miljarder år sedan bidragit till dessa områdets rika mineralförekomster. I Västsverige kan man hitta spår av bergskedja



som fanns för någon miljard år sedan och som var lika stor som Himalaya. Den är nu nederoderad till grunden. På många håll i Sverige kan vi se spår efter en massiv inlandsis som täckte Norden under 100 000 år fram tills dess att den började smälta bort för ca 20 000 år sedan. Det har bland annat gett oss Höga Kusten – den plats i världen som haft störst landhöjning efter att en inlandsis smält bort, hela 285 meter.

Tack vare rikedomarna från Falu koppargruva och Sala silvergruva blev Sverige en gång en stormakt och idag, när världens behov är större än någonsin, är vi ett av få länder i Europa med en hållbar gruvpotential. Europas största järnmalmgruva finns i Kiruna, vars besöksgruva för övrigt är ett fantastiskt turistmål. Vi har vackra källor som släckt vår törst och som fascinerar både kulturellt och naturvetenskapligt. Och mycket, mycket annat. Redan nu kan man tjuvkika på några intressanta platser i en kartvisare som vi utvecklar för vår webbplats.

#### **GEOLOGISKT ARV 2012**

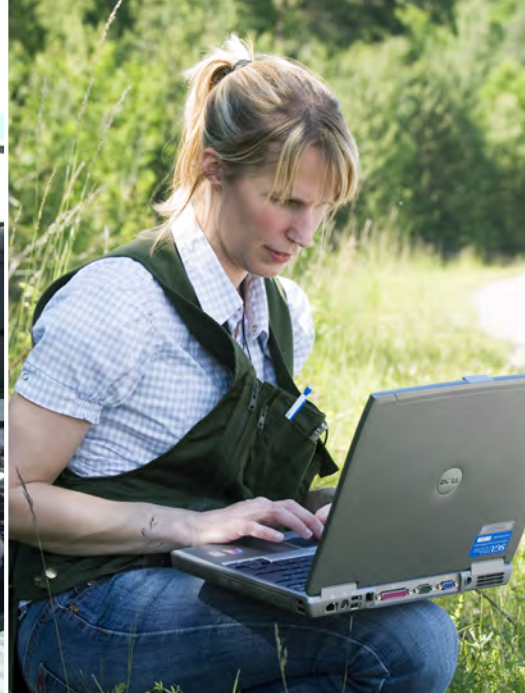
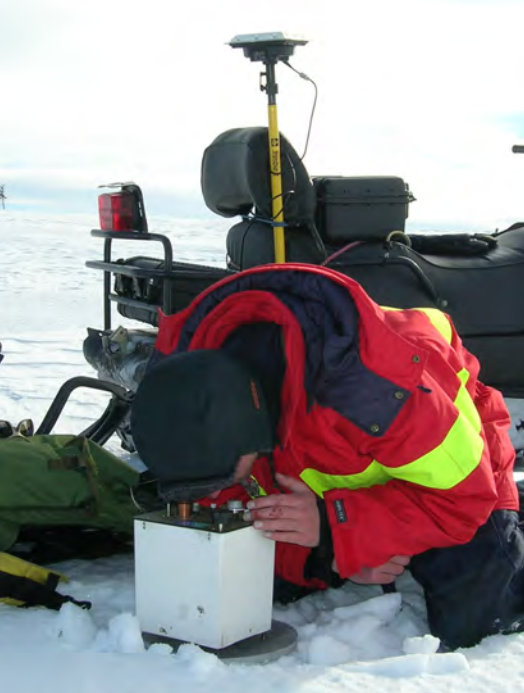
I oktober, under Sveriges första nationella konferens med fokus på geologi, GeoArena 2012, kommer vi att för första gången utnämna det bästa besöksmålet till Geologiskt Arv

2012. Tanken är sedan att vi ska utse ett nytt Geologiskt Arv vartannat år. I juryn för det första arvet finns såväl Naturvårdsverket som Svenska Turistföreningen representerade tillsammans med forskare och geologer från olika samhällssektorer.

”Det finns idag en stor efterfrågan från entreprenörer och organisationer på underlag och stöd för att arbeta med geoturism.”

*Gunnel Ransed, jordartsgeolog vid SGU*





# Det är vi som är SGU

SGU är en kunskapsorganisation. Det är medarbetarnas kunnande och kompetens som utgör basen för verksamheten. Vi är idag runt 260 personer med expertkompetenser inom geovetenskap och teknik. Könsfördelning är relativt jämn, ca 41 procent av medarbetarna är kvinnor och 59 procent män.

– För en kunskapsorganisation i generationsväxling är både kompetensutveckling och nyrekrytering viktiga, säger Birgitta Wennberg, personalchef vid SGU.

– Det handlar om att få in nya kunskaper och nya sätt att se på saker och ting, som kan kombineras med tidigare erfarenheter och kunnande.

Vi har under 2011 rekryterat 21 nya medarbetare, varav åtta är traineer.

## TAR TILL VARA ETT YNGRE PERSPEKTIV

– Vad gäller traineerna är huvudsyftet att få in ett yngre perspektiv på verksamheten, samtidigt som vi har möjlighet att ge dessa nya medarbetare en bred förståelse för SGUs hela verksamhet, berättar Birgitta Wennberg, personalchef vid SGU.

– Det har också varit givande att engagera våra yngre geologer i rekryterings- och introduktionsarbetet. De har

haft möjlighet att växa in sina roller under några år och bidrar nu med både engagemang och bra synpunkter.

Parallellt med traineeprogrammet har flera experter inom SGUs olika ämnesområden rekryterats. Nu pågår ytterligare rekryteringar till en nyinrättad enhet inom Mineralresursavdelningen, som kommer att arbeta med frågor som rör den nationella mineralstrategin, och till det nya kartläggningssprojektet i norra Sverige.

– Våra medarbetare har en hög utbildningsnivå, 74 procent är akademiker och trettiotal har tagit licentiatexamen eller doktorerat.

## KLIMAT ATT VÄXA I

– För ett skapa och bibehålla ett bra arbetsklimat där våra medarbetare kan växa, arbetar vi med att lyfta frågor som rör ledar- och medarbetarskap. Vi har bland annat startat ett chefsforum för s.k. HR-frågor (Human Resources),

### Om SGU och traineeprogrammet:

”Att arbeta på en expertmyndighet som SGU är otroligt lärorikt med många omväxlande arbetsuppgifter.

Med min bakgrund inom samhällsbyggnad vill jag bidra till att nå ut i samhället med den stora kunskap som finns här på SGU. Framförallt handlar det om att förmedla nyttan av att använda geologisk information i samhällsplaneringen.

Genom traineeprogrammet har jag fått en unik inblick i SGUs verksamhet och fått besöka våra samarbetspartners i Sverige och Norden. Under tiden har vi som är traineer blivit ett sammanvävt gäng som har väldigt kul tillsammans. Traineeprogrammet har verkligen blivit en kickstart på karriären!”

*Hanna Wählen, civilingenjör med inriktning mark och vatten och trainee på SGUs enhet för tematisk geologi.*



**Om SGU och traineeprogrammet:**

”SGU lockade som arbetsplats redan innan jag tog min examen. Här finns möjlighet att arbeta med frågor kring natur, miljö och samhälle och också med fortsatt forskning.

Genom traineeprogrammet får jag en bred kunskap om SGUs olika verksamheter, samtidigt som jag kan växa in i mitt arbete. Det är också stimulerande att arbeta tillsammans med personer som är så engagerade och har stor erfarenhet i det de gör.

Traineeprogrammet är helt enkelt en bra inkörsport i en dynamisk myndighet.”

*Nelly Aroka, naturgeograf/kvartärgeolog och trainee vid SGUs enhet för jord och berg.*



berättar Birgitta.

– Ute på våra avdelningar och enheter pågår också flera aktiviteter för att bygga nätverk och öppna för en bred dialog. Syftet är ju både att verka på tvärs över områden och discipliner och att lyfta och vidareutveckla våra spetskompetenser.

– Ett bra sätt att sprida ny kunskap inom SGU är de många seminarier om aktuella forsknings- och utvecklingsprojekt som vi regelbundet arrangerar. Varje vecka anordnas det till exempel så kallade kaffeseminarier om aktuella ämnen.

# Vetenskapliga publikationer

Under år 2011 publicerade SGUs medarbetare ett stort antal vetenskapliga artiklar. De som presenteras här är artiklar granskade genom peer-review eller motsvarande i nationella och internationella tidskrifter. Dessutom har våra medarbetare publicerat ett antal abstracts, extended abstracts och rapporter i samband med konferenser och möten.

- Be'eri-Shlevin, Y., Gee, D.G., Claesson, S., Ladenberger, A., Majka, J., Kirkland, C., Robinson, P. & Frei, D., 2011: Provenance of the Neoproterozoic sediments in the Särvi Nappes (Middle Allochthon) of the Scandian Caledonides: New LA-ICP-MS and SIMS U-Pb dating of detrital zircons. *Precambrian Research* 187, 181–200, doi:10.1016/j.precamres. 2011.03.007.
- Chasset, C., Jarsjö, J., Erlström, M., Cvetkovic, V. & Destoumi, G., 2011: Scenario simulations of CO<sub>2</sub> injection feasibility, plume migration and storage in a saline aquifer, Scania, Sweden. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 5, 1303–1318.
- Högdahl, K., Majka, J., Sjöström, H., Persson Nilsson, K., Claesson, S. & Konečný, P., 2011: Reactive monazite and robust zircon growth in diatexites and leucogranites from a hot, slowly cooled orogen: implications for the Palaeoproterozoic tectonic evolution of the central Fennoscandian Shield, Sweden. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 163, 167–188, DOI 10.1007/s00410-011-0664-x.
- Lax, K. & Andersson, M., 2011: Geochemical baseline levels and suggested local guideline values in urban areas of Sweden. In Johnson, C.C., Demetriades, A., Locutura, J. & Ottesen, R.T., 2011: *Mapping the chemical environment of urban areas*. John Wiley & Sons ISBN 978-0-470-74724-7.
- Lindström, S. & Erlström, M., 2011: The Jurassic-Cretaceous transition of the Fårarp-1 core, southern Sweden: Sedimentological and phytological indications of climate change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 308, 445–475.
- Löfgren, S., Aastrup, M., Bringmark, L., Hultberg, H., Lewin-Pjhlblad, L., Lundin, L., Pihl Karlsson, G. & Thunholm, B., 2011: Recovery of soil water, groundwater, and streamwater from acidification at the Swedish integrated monitoring catchments. *Ambio*, 40, 836–856.
- Munier, R. & Stephens, M.B., 2011: ”Grova övertolkningar om berggrunden i Forsmark”. Debatt om artikeln ”Forsmarks berggrund inget säkert slutförvar” av Herbert Henkel. *Ny Teknik, publicerad 16 maj 2011*.
- Naderi Beni, A., Clauser, C. & Erlström, M., 2011: System analysis of underground CO<sub>2</sub> storage by numerical modeling for a case study in Malmö. *American Journal of Science* 311, 335–368.
- Nyberg, J., Elhammer, A., Sohlenius, G., Kjellin, B. & Nordgren, P., 2011: Results from marine geological investigations outside Forsmark. *Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB P-11-39, 29 s*.
- Saintot, A., Stephens, M.B., Viola, G. & Nordgulen, Ø., 2011: Brittle tectonic evolution and paleostress field reconstruction in the southwestern part of the Fennoscandian Shield, Forsmark, Sweden. *Tectonics* 30, TC4002, doi:10.1029/2010TC002781, 36 s.
- Skyttä, P., Hermansson, T., Andersson, J., Whitehouse, M. & Weihed, P., 2011. New zircon data supporting models of short-lived igneous activity at 1.89 Ga in the western Skellefte District, central Fennoscandian Shield. *Solid Earth* 2, 205–217.

# Geologiska begrepp och uttryck

**Ballast.** Sand, grus, morän och krossat berg som används i bygg- och anläggningsverksamhet.

**Berggrundsgeologi.** Läran om jordskorpans uppbyggnad och de processer som bildar och omvandlar bergarter.

**Fennoskandiska skölden.** Den urbergssköld av kristallint berg som utgör delar av Norges, största delen av Sveriges, hela Finlands samt nordvästra Rysslands berggrund. Fennoskandiska sköldens bergarter är drygt 2,5 till knappt 1 miljard år gamla.

**Geofysik.** Läran om Jordens fysikaliska egenskaper. Geofysiska mätningar görs både på marknivå och från luften för att få en uppfattning om utbredning och djupförhållanden hos berg- och jordarter. SGUs flygmätningarna görs från flygplan på låg höjd (ca 60 meter) för att registrera det jordmagnetiska fältet, naturlig radioaktiv strålning och elektromagnetiska fält. SGUs markgeofysiska mätningar omfattar bland annat tyngdkraft, radioaktiv (joniserande) strålning och radon.

**Geokemi.** Läran om metallers och andra kemiska ämnens naturliga uppträdande "i det geologiska kretsloppet".

**Geologi.** Läran om planeten Jorden (av grekiskans ge, jord, och logos, lära). Det är den vetenskap inom vilken man utforskar, undersöker och beskriver hur Jorden är uppbyggd och hur den har bildats.

**Geomagnetiska mätningar.** Vid SGU menas observationer av hur jordens magnetfält varierar i tid och rum samt prognoser om förändringar i magnetfältet.

**Geotop.** Geologisk lokal (plats) av särskilt värde för att förstå en geologisk händelse eller process.

**GIS.** Geografiska informationssystem. GIS är ett datorbaserat informationssystem för inmatning, bearbetning, lagring, analys och presentation av geografiska data.

**Grundvatten.** Grundvatten är det vatten som finns där jordens porer (hålrum) och bergets sprickor är helt vattenfyllda. Både grundvatten och ytvatten utgör delar av vattnets kretslopp i naturen: ånga avdunstar från vattendrag och hav och faller ned som nederbörd. En del vatten tas av upp av växtligheten eller avdunstar igen och en del tränger djupare ner i marken och blir till grundvatten, som långsamt rör sig genom jord och berg för att småningom rinna ut i vattendrag och hav och återigen avdunsta.

**Hydrogeologi.** Läran om grundvattnet och dess egenskaper.

**Inspire.** Europeiskt arbete med upprättandet av en gemensam infrastruktur för geografisk information.

**Jordartsgeologi.** Jordartsgeologi behandlar egenskaper och bildningsätt för de lösa avlagringar som täcker stora delar av berggrunden.

**Kartering.** Vid SGU menas översiktlig kartläggning av de geologiska förhållandena.

**Kvartärgeologi.** Läran om den geologiska utvecklingen under de senaste dryga två miljonerna år: avlagringar, klimat och fossil.

**Malm.** En geologiskt bildad koncentration av ett eller flera metallhaltiga mineral som är ekonomiskt lönsam att bryta.

**Malmpotentiell.** Områden med berggrund där man kan förväntas finna malm.

**Malmprospektering.** Att leta efter brytvärd malm.

**Malmreserv.** Den del av en mineraltillgång som dels är så väl undersökt att dess utsträckning och egenskaper är väl kända, dels är ekonomiskt lönsam att bryta med dagens teknik och med hänsyn tagen aktuella malmpriser.

**Malmtillgång.** Koncentration av ett eller flera metallhaltiga mineral som kan komma att bli brytvärd.

**Markgeokemi.** Provtagning i morän och sediment (på ca 1 m djup) för att få fram de naturliga bakgrundshalterna av huvud- och spårelement i jordlagren. Med markgeokemiska undersökningar kan man visa på områden med mycket höga metallhalter eller områden med låga halter av nyttiga ämnen.

**Maringeologi.** Läran om havsbottnarnas topografi, berggrund och sediment. SGU undersöker även de stora sjöarna i Sverige.

**Mineral.** Ett mineral är en kemisk förening eller ett element (grundämne) med en väldefinierad kemisk sammansättning och en i normala fall ordnad kristallstruktur (fjärroddning), som bildats genom en geologisk process. Ett eller flera mineral bygger upp bergarterna.

**Mineraliseringar.** Naturlig anhopning av metaller. När denna förekommer i ekonomiskt brytvärd mängd uppstår en fyndighet (betecknas då malm, se ovan).

**Naturgrus.** Naturligt sorterade jordarter som domineras av sand, grus och sten och finns i avlagringar som bildats i samband med tidigare inlandsisars avsmältning, främst åsar.

**Natursten.** Sten som bryts ur berggrunden för byggnadsändamål.

**Seismik.** Geofysisk metod som utnyttjar reflexion och refraktion (brytning) av elastiska vågor för undersökning av berg och jord.

**Sällsynta jordartsmetaller.** Metaller med speciella egenskaper som förekommer allmänt men i låga koncentrationer i naturen. Hit hör skandium, yttrium samt de 15 lantanoiderna.



Koster nationpark: Grå uddarna. Kalkitläkt spricka och parallella förkastningssprickor.  
Foto: Thomas Eliasson, SGU



## ”Så tala stenarna då alla andra ting tiga.”

Carl von Linné

Carl von Linné var bland annat en framstående geolog. Han gjorde noggranna beskrivningar av geologin runt om i landet, bland på Öland och Gotland. Med ett nyttoperspektiv kartlade han till exempel stenkol, skiffer och flera malmer. Han delade till och med in sandsten i arterna ”kvarnsten” och ”slipsten”. Linné bidrog starkt till att föra geologin till forskarvärlden och lade därmed grunden till bland annat kristallografin.

Sveriges geologiska undersökning [www.sgu.se](http://www.sgu.se)

**Huvudkontor:**  
Box 670,  
751 28 Uppsala  
Tel: 018-1790 00  
sgu@sgu.se

**Filialkontor:**  
Guldhedsgatan 5A  
413 20 Göteborg  
Tel: 018-1790 00  
sgu@sgu.se

Kiliansgatan 10  
223 50 Lund  
Tel: 018-1790 00  
sgu@sgu.se

Skolgatan 11  
930 70 Malå  
Tel: 0953-346 00  
minko@sgu.se

Blekholmstorget 30,  
uppgång F  
111 64 Stockholm  
Tel: 018-1790 00  
sgu@sgu.se

**Bergsstaten:**  
Varvsgatan 41  
972 32 Luleå  
Tel: 0920-23 79 00

Slaggatan 13  
791 71 Falun  
Tel: 023-255 05

mineinspect@bergsstaten.se