

Marijino steklo

Sadra je praviloma prozorna do prosojna, večji kristali ali tisti z veliko primesmi pa so videti neprozorni – Spada med zelo mehke minerale in jo lahko razimo že z nohtom – Uporabna tako v kmetijstvu kot v gradbeništvu

Tekst in fotografije: dr. **Miha Jeršek**

Nekoč so v cerkvah »zastekljevali« okna z velikimi prozornimi kristali sadre, zaradi česar ima ta mineral staro slovensko ime Marijino steklo. Zdvojeni kristali sadre so znani kot »lastovičji rep«, v puščavah rastejo kristali sadre z imenom saharska roža, vlaknati kristali sadre so znani pod imenom selenit, drobnozrnat različek sadre pa je znan kot alabaster. Predvsem pa je sadra eno redkih slovenskih imen mineralov, poleg platine in krizokole, ki je ženskega spola.

Sadra kot mineral

Sadra spada med sulfate in je kalcijev sulfat hidrat s kemijsko formulo $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Če je brez primesi, je brezbarvna ali bela, primesi drugih kemijskih prvin ali nečistoč pa jo obarvajo rumeno, svetlo rjavo, modrikasto, rožnato, rdečerrjavo ali sivo. Praviloma je prozorna do prosojna, večji kristali ali tisti z veliko primesmi pa so videti neprozorni. Spada med zelo mehke minerale in jo lahko razimo že z nohtom. To pomeni, da ima na relativni Mohsovi trdotni lestvici trdoto med 1,5 in 2. Je skoraj 2,5-krat težja od vode, saj ima specifično gostoto 2,33. Sadra je zmerno topna v vodi (2,0–2,5 g/l pri 25 °C). Sadra je v naravi v zelo različnih kristalnih in pojavnih oblikah. Lahko je zrnata, masivna ali v kristalih, ki so omejeni s pravilnimi kristalnimi liki. Takšni kristali so običajno sploščeni in podolgovati ter pogosto zdvojeni v obliko, ki jo zaradi podobnosti z repom lastovic imenujemo lastovičji rep. V puščavskih okoljih se oblikujejo kristalne oblike, ki spominjajo na rože, zato se taki različki imenujejo saharske rože. Veliko jih prihaja iz Maroka, kjer jih nabirajo dobesedno z lopatami.

Čisti prozorni kristali sadre imajo svoje ime selenit. V trgovskih krogih je to ime največkrat povezano z vlaknatimi različki sadre. Samo ime selenit pa izvira iz grščine in ponazarja Luno. Selenit ima namreč visok sijaj, ki je zaradi bele barve neprozornih vlaknatih kristalov sadre tudi pri manjši svetlobi dobro opazen. Kristali selenita so obenem tudi med največjimi kristali, najdenimi na Zemlji, saj so našli tudi več kot 12 metrov dolge kristale tega minerala. Drobnozrnat masivni različek je znan pod imenom alabaster, ki je bil v preteklosti precej cenjen kot okrasni kamen.

Uporabnost sadre

Ste si kdaj zlomili roko ali nogo in ste dobili mavčno oblogo, ki ji v vsakdanjem življenju rečemo gips? Ja, gips in sadra sta tesno povezana. Sadra je namreč surovina za proizvodnjo gipsa. To zdrobijo in segrejejo, pri čemer iz kristalne strukture izgubi nekaj vode in tako nastane mavec oziroma kemijsko kalcijev sulfat hemihidrat. Če mavec segrevamo še naprej, preide prvotna sadra v brezvodni kalcijev sulfat, ki ima svoje mineraloško ime anhidrit.

Sadra je edini naravni mineral, ki ga zdrobimo, mu s segrevanjem odvzamemo vezano vodo, nato pa lahko proces obrnemo in ga z dodatkom vode spremenimo nazaj v prvotno obliko. Ta lastnost ji daje izjemno uporabno vrednost. To je spoznal vsak, ki je kdaj dobil mavčno oblogo pri zlomljeni roki ali nogi. Sadra je danes med najbolj uporabnimi minerali in v prav vsakem stanovanju najdemo kakšen izdelek, za katerega so kot surovino uporabili prav sadro.

Toda sadro so uporabljali že starodavni narodi kot malto v gradbeništvu. Znano je, da so na Kreti že v bronasti dobi nadomeščali



Zdvojen kristal sadre v obliki
lastovičjega repa iz rudnika Kosovrasti
v Severni Makedoniji, 5 x 7 cm

lesene dele zgradb s sadro. Danes se v gradbeništvu uporablja predvsem v obliki mavčnih plošč (trgovsko »knauf« plošče) ali pa tudi kot mavčni bloki, ki nadomeščajo betonske. Zanimiv je podatek, da samo v ZDA na leto izdelajo in porabijo kar 30 milijard kvadratnih metrov mavčnih plošč. Manj znano je, da je sadra zaviralec cementov in zato pomembna sestavina portlandskega cementa. Dodatek sadre preprečuje prehitro strjevanje cementa in zato je sadra v cementu nepogrešljiva.

Sadro so v 18. in 19. stoletju na veliko uporabljali v kmetijstvu. S sadro iz Nove Škotske so gnojili polja pšenice, saj ne vpliva na kislost tal, kot na primer apno. Poleg tega sadra v tleh izboljša strukturo tal, poveča absorpcijo vode in vpliva na boljše prezračevanje tal. Zato jo dodajajo tudi substratu za gojenje gob, ker preprečuje združevanje njegovih zrn.

Sadra v naravnem okolju

Sadro v obliki alabastra so nekoč na veliko uporabljali v kiparstvu, danes pa je nepogrešljiva v modelarstvu, kiparstvu in na sploh v umetnosti, saj se mavec z lahkoto oblikuje in ob vezavi z vodo vrne v sadro. Sadra je prisotna tudi v živilstvu oziroma prehrani. V delih sveta, kjer voda za proizvodnjo piva ni dovolj trda, se vodi dodaja sadra. Je pomemben vir kalcija v sojinah in pekovskih izdelkih, zmanjšuje tudi lepljivost testa itd. Sadra je nepogrešljiva tudi v medicini in kozmetiki. Kot zdravilno sredstvo so jo uporabljali v tradicionalni kitajski medicini. V kozmetični industriji je dodatek v kremah za stopala, v šamponih in drugih izdelkih za lase.

Pri procesih nevtralizacije odpadnih kislin v kemičnih tovarnah ali pri čiščenju dimnih plinov v energetskih objektih nastaja sadra kot sekundarni produkt in jo zato imenujemo sintetična sadra. Lahko



Zlato rumeni kristali sadre iz nahajališča Salinas de Otuma iz Peruja, 5 x 6 cm

se uporabljata kot nadomestek naravne sadre pri proizvodnji mavčnih izdelkov ali cementa.

Najbolj značilna okolja za izločanje sadre so veliki morski bazeni. Ko ti zaradi tektonskih premikov ali drugih geoloških procesov postanejo izolirani deli, nepovezani s svetovnimi oceani, in je izhlapevanje vode hitrejše od dotoka sveže vode v neko okolje, se gladina morske vode začne nižati in izločanje evaporitnih mineralov se odvija po določenem zaporedju. Najprej se izloči kalcit CaCO_3 in dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, nato sadra $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ in anhidrit CaSO_4 , sledi halit NaCl (po domače sol), na koncu pa še soli, kot so sylvin KCl , carnalit $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, polihalit $\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ in druge. Če bi popolnoma izhlapelo 1000 metrov morske vode, bi se izločilo do 17 metrov evaporitov. Od tega bi bilo 78,2 % halita, 17,6 % kalijevih in magnezijevih soli, samo 0,6 % kalcita ali dolomita in 3,6 % sadre. To pomeni, da bi iz 1000 metrov globokega morskega bazena dobili plast sadre, ki bi bila



Vlknata sadra iz rudnika svinca, cinka in molibdena Mežica, 18 x 12 cm

Izjemne količine sadre v parku White Sands so povezane z daljno geološko preteklostjo območja.

debela 0,6 metra. Če privzamemo, da je Sredozemsko morje v povprečju globoko 1500 metrov, potem bi to pomenilo, da bi se izločila okoli 90 centimetrov debela plast sadre.

Sadra se izloča tudi iz sladkovodnih jezerskih okolij ali pa ob vročih vrelih in iz plinov ob vulkanskih izbruhih. Pri oksidaciji sulfidnih mineralov, na primer pirita, se izloči sadra kot reakcija med žveplovo kislino in apnencem, ki je iz kalcijevega karbonata. Prisotnost sadre torej kaže na oksidacijske razmere v nekem okolju, za razliko od pirita, ki nastaja v značilno redukcijskih okoljih.

Sadra je topen mineral in zato je v peskih ali drugih nanosih neobstoja ali redka. Obstaja pa ena izjema, in sicer v zvezni državi New Mexico v ZDA, kjer je ogromno območje sadre v obliki peska, veliko kar 710 km². Območje je tako edinstveno, da so ga zavarovali kot narodni park White Sands National Park. Zaloge sadre na tem območju so tako velike, da jih v ZDA ne bi porabili v 1000 letih!

Izjemne količine sadre v parku White Sands so povezane z daljno geološko preteklostjo območja. Pred več kot 230 milijoni let je bilo na tem mestu plitvo morje. Zaradi izhlapevanja morske vode se je izločila sadra. Tektonski premiki so povzročili dvig gorovja. Sadro je meteorna voda počasi, a vztrajno topila in prenašala v novo nastali sedimentacijski bazen, kjer se je ponovno izločila. Sadra je razvita v obliki selenita, ki pa je zaradi zunanjih dejavnikov zdrobljen in preoblikovan v sadrin pesek.

Ogromne količine peska oblikujejo sipine, podobno kot jih puščavski pesek v Sahari. Razvite so najrazličnejše oblike sipin. V zahodnem delu parka so sadrine sipine visoke tudi do 15 metrov, sama zrna pa so majhna, zato se sipine hitreje selijo. Proti zahodnemu delu parka so zrna sadre vse večja, sipine pa se močno znižajo na vsega pol metra. Podzemna voda je samo dober meter in pol pod sadrinim peskom in je izjemno slana.

V času zadnjih poledenitev je območje prekrivalo dokaj veliko jezero s površino 4144 km², ki pa se danes napolni zgolj ob močnem deževju

in ob taljenju snega z okoliških gora, kar ima za posledico tudi dvig podzemne vode. A jezerska voda napolni le 26 km² veliko jezero Lucero. Ko ta voda izhlapi, se iz nje ponovno izločijo kristali sadre v velikosti do 2,5 cm. Narodni park White Sands na leto obišče več kot 600.000 obiskovalcev. V parku so evidentirali veliko raznolikost življenja, saj so določili več kot 600 nevretenčarjev, 300 rastlin, 250 ptičev, 50 sesalcev, 30 plazilcev, 7 dvoživk in eno vrsto ribe.

Kristalna jama Naica v Mehiki

Rudnik svinca, cinka in srebra Naica v Mehiki ni samo največji rudnik srebra na svetu glede njegove proizvedene količine, ampak je postal svetovno znan zaradi najdb enormno velikih kristalov sadre. Odkrili so jih leta 2000 približno 300 metrov pod površjem v

■ Zraščeni kristali sadre iz Slovaške, 12 x 12 cm





■ Skupček kristalov sadre na podlagi iz siderita, Španija, 9 x 11 cm



■ Izrazito vlaknati kristali sadre iz Romunije, 7 x 11 cm

veliki dvorani, dolgi 109 metrov. Razmere v tem delu rudnika so za ljudi nevarne, saj je ob 90- do 99-odstotni zračni vlagi temperatura kar 58 °C. Posamezni raziskovalci so v veliki dvorani opravljali delo le do 10 minut, sicer bi tvegali resne zdravstvene težave.

Kljub temu so evidentirali izjemno velike kristale sadre, ki se mogoče prepletajo. Največji kristal meri v dolžino 11,4 metra, ima volumen okoli 5 m³ in tehta okoli 12 ton. Nastanek tako velikih kristalov je povezan z več dejavniki. Prvi je seveda dovolj velik prostor, ki v primeru jame v Naici deluje kot naravna komora.

■ Vzporedno zraščena večja kristala sadre (različek selenit) na podlagi iz manjših kristalov sadre iz nahajališča Winnipeg, Manitoba v Kanadi, 3 x 5 cm



SADRA ALI GIPS?

Za gips je slišal praktično vsak. Če ne drugače, pa tedaj, ko si je kdo zlomil roko ali nogo in je dobil »gips«. Ko govorimo o gipsu kot mineralu, pa velja to ime za zastarelo. Pravilno slovensko mineraloško ime je sadra. To izrazoslovje je nekoliko zavajajoče, saj tuja strokovna literatura na splošno uporablja izraz gips, in sicer v angleščini *gypsum*, v nemščini, nizozemščini, danščini, hrvaščini in še številnih drugih evropskih jezikih je *gips*, v češčini in slovaščini je *sadrovec*, v slovenščini pa *sadra*.

Naslednji pomemben dejavnik je, da je med dva in pet kilometri pod dvorano magmatsko ognjišče, ki oddaja toploto, in ta se zelo čuti tudi v jami. Podzemna voda se je zaradi tega segrela in navzela sulfidnih ionov. Meteorna voda, ki pronica, pa je s površja dovajala kisik, ki je sulfidni ion spremenil v sulfatnega. Tako se je najprej izločil anhidrit CaSO₄, ko pa je temperatura v dvorani padla pod 56 °C, so se kristali anhidrita raztopili in nastali so veliki kristali sadre. Da so nastali tako veliki kristali sadre, ki merijo po 10 metrov v dolžino, je bilo potrebnih vsaj 500.000 let. Zanimivo je, da so podobne kristale sadre, a velike »zgolj« meter, našli nekoliko višje od omenjene dvorane v manjši dvorani že leta 1910.

Podzemno vodo morajo v rudniku stalno izčrpavati. Zaradi visokih stroškov načrtujejo, da bodo s tem prenehali, in tako bodo največji kristali sadre ostali potopljeni in ujeti globoko pod površjem.

Rudnik sadre Kosovrasti

Eno izjemnih nahajališč sadre je v dolini reke Radike v Severni Makedoniji, približno pet kilometrov vzhodno od mesteca Debar. Sadra je vezana na flišne kamnine, znotraj katerih je v kremenovih kamninah prišlo do nadomeščanja starejših mineralov in kemijskega izločanja sadre. Ležišče sadre je veliko 8 km x 2 km, nahaja pa se na nadmorski višini med 500 in 1500 metri. Z vrtnami so dokazali, da je plast kristalne sadre ponekod debela kar 70 metrov. Dolga leta so jo kopali s podzemnim miniranjem v rudniku Kosovrasti. Vhod v



Deloma raztopljen kristal sadre iz rudnika svinca, cinka in molibdena Mežica, 6 x 7 cm



Sadra iz 3. stropnega obzorja, rudnik svinca, cinka in molibdena Mežica, 10 x 7 cm

rudnik je bil tik nad rečno gladino, sprehod skozi kristalne sobane sadre pa je bil nepozaben. V debelih plasteh sadre so mestoma odkrita gnezda, v katerih so razviti kristali z izoblikovanimi kristalnimi formami, ki dosegajo metrske dimenzije. Podzemni del rudnika je danes zaprt, saj sadro pridobivajo s površja. Tudi sprehod v okolici rudnika nam hitro razkrije ogromne količine sadre. Številni izviri segrete vode nosijo raztopljeno s seboj, na zraku ali pa ob stiku s hladnejšo vodo reke pa se ponovno izloči. Ob izviri jo najdemo v obliki belih blazinastih tvorb ali pa se beli sledovi sadre vijejo po Radiki. Nedaleč od rudnika je zdravilišče, ki sadro izkorišča v zdraviliškem turizmu.

Sadra v bolj ali manj popolnih kristalih je znana iz več nahajališč v Sloveniji. Največji, tudi do skoraj pol metra veliki kristali sadre so znani iz mežiških rudišč. Našli so čiste, rahlo rjavkasto obarvane kristale, ki so povsem prozorni. Redkejši so vlaknati kristali s svilnatim sijajem in kristali v obliki lastovičjega repa. Sadra je znana tudi kot redek mineral v obliki jamske sige. Najlepši kristali so v jami pri Velenju, najdeni so tudi na matičnem Krasu, a so tako kot druge oblike jamske sige zavarovani kot naravna vrednota. Kristale

Rudnik svinca, cinka in srebra Naica v Mehiki je postal svetovno znan tudi zaradi najdb enormno velikih kristalov sadre.

sadre lahko najdemo v bližini premoga, ki vsebuje žveplo ter vpliva na nastanek sadre. Takšen primer so kristali sadre v kamnolomu pri Stranich na Štajerskem. Ponekod se podzemne vode obogatijo z minerali in nastane sadra. Takšni primeri so ob nekaterih slapovih, na primer pri slapu Nomenj na Gorenjskem. Sadra se je izločila tudi v nekaterih kamninah v davni geološki preteklosti. Tako so znani satasti dolomiti, ki so nastali pred več kot 200 milijoni let na Gorenjskem. Satasti jim pravimo zato, ker vsebujejo votlinice, ki spominjajo na satje. V njih so bila namreč zrna sadre, ki pa so se skozi milijone let ali na površini Zemlje raztopila.

Zelo redko pa najdemo sadro ob lehnjaku, kot je znan primer z Jezerskega. Tam je sedaj opuščen kamnolom te zanimive kamnine, ki so jo pridobivali kot naravni kamen. Nastal naj bi kot posledica izločanja iz podzemnih vod, ki se obogatijo s kalcijem. Toda zakaj potem lehnjaka ni več ali pa povsod, kjer imamo v Sloveniji apnenice, in teh ni malo? Zato, ker ima pri izločanju lehnjaka, vsaj tistega na Jezerskem, pomembno vlogo prav sadra iz satastih dolomitov. Izobilje kalcija torej ni povezano samo s podzemnimi vodami in apnencem, ampak v tem primeru tudi z izdatno količino sadre. Da je sadre v Karavankah dovolj, pričajo tudi zadnje najdbe ob vrtanju predora pri Hrušici. Masivna rožnata sadra se prepleta z anhidritom. ■

Vsi primerki sadre na fotografijah so iz zbirke Marjetke Kardelj.

