

Ni vse zlato, kar se sveti

- Geologi s pridom izkoriščajo smeri in jakosti magnetnega polja na površju Zemlje
- Vpliv železa na evolucijo
- Meteorite delimo na kamnite in železove
- Ločimo idioskromatske minerale, ki imajo svojo lastno barvo, in alokromatske minerale, ki jim barvo daje primes barvajočega iona

Tekst: Miha Jeršek



Foto Shutterstock

■ Hematitna pasovita ruda

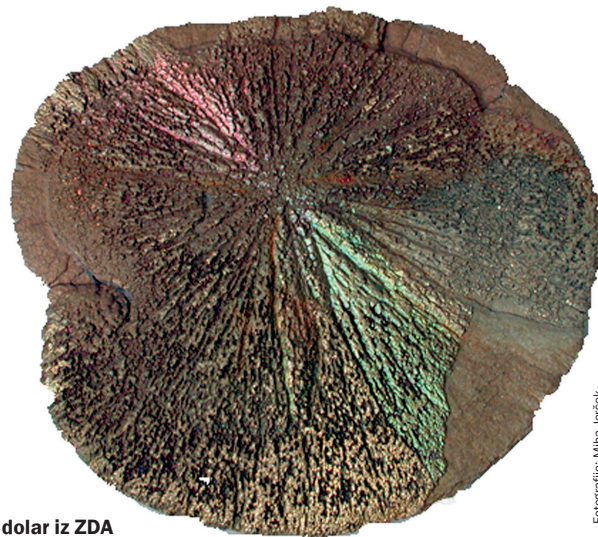
Železo je ena najpomembnejših kemijskih prvin na Zemlji. Odločalo je o evoluciji življenja, spremenilo je tudi kakovost življenja ljudi. V obliki železovih mineralov je lahko pomembna ruda ali pa so železovi minerali preprosto privlačni zaradi barve in sijaja – le kdo se ne spomni Erjavčeve pripovedi Ni vse zlato, kar se svetí? Železo je še posebej zanimivo v meteoritih, ki so stari toliko kot naše Osončje, 4,6 milijarde let, ali pa kot del limonitnih kapnikov, ki še dandanes rastejo v opuščenem rudniku Sitarjevec pri Litiji.

Železo, latinsko *ferrum*, je glede na maso najbolj zastopan kemijski element na Zemlji – odstotek mase železa je kar 32,1, sledijo mu kisik s 30,1 mas.%, silicij s 15,1 mas.%, magnezij s 13,9 mas.%, žveplo z 2,9 mas.% ... Največ železa je v jedru in plašču Zemlje, v Zemljini skorji pa je železo na četrtem mestu s 5,0 mas.%. Pred njim so kisik (46,6 mas.%), silicij (27,7 mas.%) in aluminij (8,1 mas.%). V vesolju je po količini šesti najbolj zastopan element za vodikom, helijem, kisikom, ogljikom in neonom. Železo je sorazmerno težka kovina, ki ima gostoto 7,874 g/cm³. Tališče ima pri 1538 °C.

Zemljino magnetno polje

Kitajski znanstveniki in Indijanci v Srednji Ameriki so že pred več kot 3000 leti vedeli za obstoj Zemljinega magnetnega polja. Pri obeh narodih so našli artefakte, izdelane predvsem iz magnetnih železovih mineralov, ki se ob vrtenju postavijo v smer, ki ustreza magnetnim silnicam Zemljinega magnetnega polja. Prvi magnetni kompas so uporabljali na Kitajskem že leta 1040. Več kot tisoč let pozneje so se fiziki, med njimi tudi Albert Einstein, intenzivno ukvarjali z vprašanjem izvora Zemljinega magnetnega polja. Šele z ugotovitvijo sestave Zemlje kot planeta so lahko dokazali, zakaj ima Zemlja magnetno polje.

Razlog se skriva v dejstvu, da je zunanji del Zemljinega jedra iz železa in niklja. Nekatere vrste potresnih valov se ne širijo skozi zunanji del jedra in to je dokaz, da je zunanji del jedra tekoč, osrednji del Zemljinega jedra pa je pri najvišjih tlakih in temperaturah trden. Trdno Zemljino jedro se zato vrti nekoliko hitreje kot plašč in



Fotografije: Milna Jeršek

■ Piritni dolar iz ZDA

skorja. Za nastanek Zemljinega magnetnega polja sta torej bistvena elektro prevodnost Zemljinega jedra in njegovega tekočega ovoja, kar je povezano s sestavo in torej z železom ter razliko med hitrostjo in smerjo rotacije med trdnim jedrom in Zemljinim plaščem.

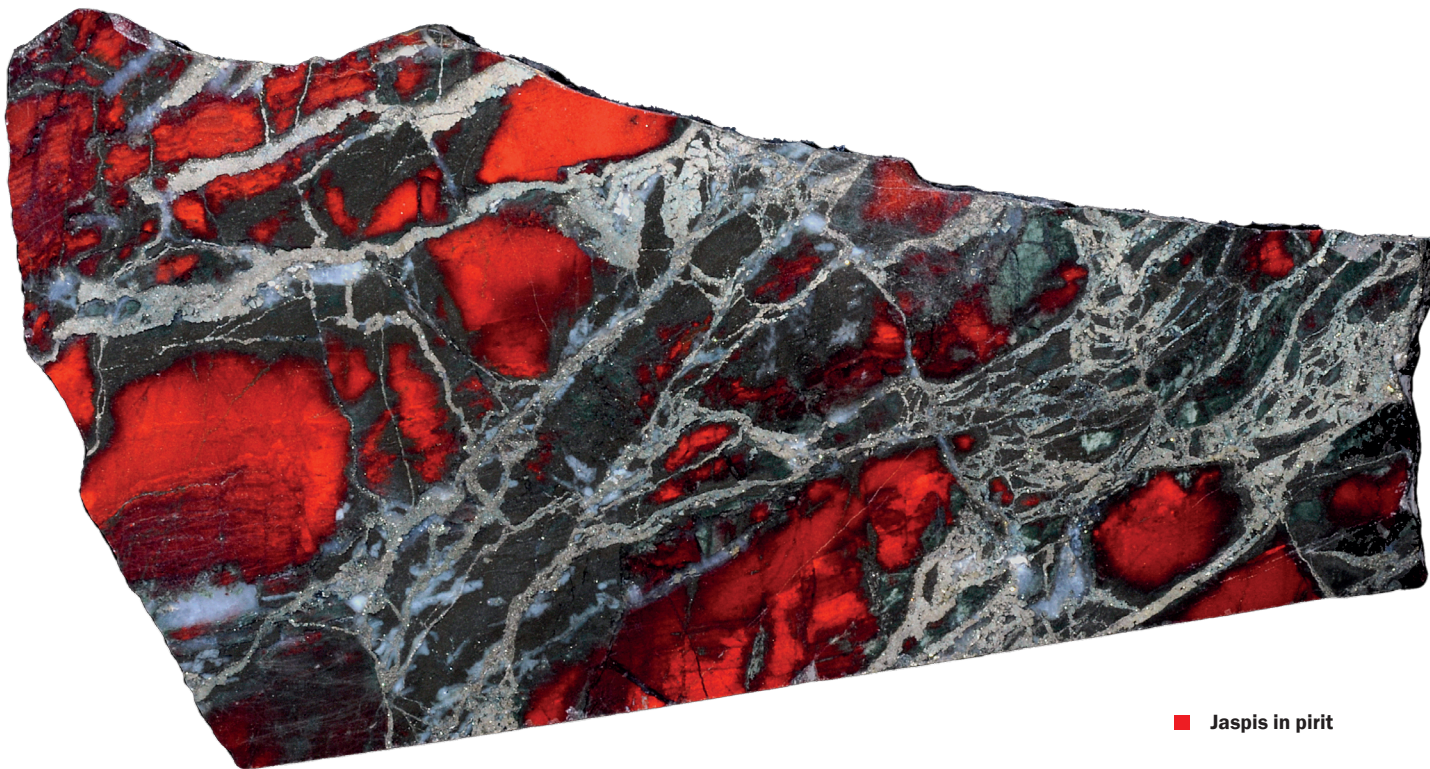
Nekateri magnetni minerali se med kristalizacijo orientirajo tako, da so vzporedni Zemljinemu magnetnemu polju. Tako ostane v mineralih zapisana smer magnetnih silnic v času njihovega nastanka. Najbolj znan magnetni mineral je magnetit Fe₃O₄.

Zanimivo je, da se je smer magnetnega pola v Zemljini zgodovini večkrat spremenila. Na to so prvi opozorili podmorničarji v drugi svetovni vojni, saj magnetno polje na dnu Atlantskega oceana ni bilo enotno. Raziskovalci so s podrobno analizo blazinastih lav na dnu oceana ugotovili, da se usmerjenost Zemljinega magnetnega polja spremeni vsakih nekaj 10 milijonov let. Razlog za to naj bi bili različno učinkoviti prenosi toplote iz trdnega jedra proti plašču. Visoke temperature v jedru namreč preprečujejo ohranitev stalne namagnetnosti trdnega jedra, pri 768 °C pa železo sploh ni več magnetno. Geologi s pridom izkoriščajo smeri in jakosti magnetnega polja na površju Zemlje. Magnetne anomalije, ki so posledica manjše ali večje količine magnetnih mineralov, so dober indikator o sestavi in zgradbi kamnin pod površjem Zemlje. Na podlagi raziskovanja paleomagnetizma, ki je zapisan v kamninah, pa so dokončno dokazali teorijo o potovanju celin oziroma teorijo o globalni tektoniki plošč.



Čerin poseže v žep in pomoli zrno gospodu. Ta ga ni še prav v roko prijel, ko se nasmehne rekoč: »Mislil sem si, da bo kaj takega. Tedaj tudi tebe je premotilo!« Čerin prebledi. »Torej ni pravo zlato?« »Nikakršno zlato. To je železni kršec, železo in žveplo. Zlata ni v njem niti za lek.«

V odlomku iz zgodbe Frana Erjavca *Ni vse zlato, kar se svetí* »nastopa« pirit. Ta na fotografiji pa ni iz naših krajev, temveč iz Peruja.



■ Jaspis in pirit

Magnetno polje je pomembno tudi za živa bitja, saj ščiti površje Zemlje pred sončnim vetrom in drugimi kozmičnimi sevanji. Znano pa je tudi, da nekatere živali uporabljajo Zemljino magnetno polje za svojo orientacijo. To niso samo golobi pismošče, ki se venomer vračajo domov, ampak tudi morske želve, ptice, delfini, kiti, čebele in metulji.

V Sloveniji je močna magnetna anomalija na zahodnem Pohorju. Je posledica magnetitne rude, ki je nastala na stiku granodioritne magme in apnencev v miocenu. Magnetna igla v teh krajih ne kaže vedno prave smeri, kar lahko povzroči težave vsem, ki se zanašajo na orientacijo s kompasom.

Železo in evolucija življenja

Železo je imelo velik vpliv na evolucijo. Razvilo naj bi se že pred skoraj štirimi milijardami let. V morjih in oceanih, ki so imeli v nasprotju z današnjimi še veliko ali pa kar ogromno raztopljenega železa, so živeli različni mikroorganizmi. Atmosfera ni bila podobna današnji, saj sta jo tvorila predvsem dušik in ogljikov dioksid. Prvi fotosintetski organizmi, med njimi tudi cianobakterije, so pri fotosintezi v okolje sproščali kisik – tedaj seveda v oceane. Kisik se je takoj vezal z raztopljenim železom v hematit in magnetit, ki sta se odložila na morsko oziroma oceansko dno.

Ta proces je potekal skoraj dve tretjini Zemljine zgodovine, saj je bilo železa v oceanih veliko, prostega kisika pa nič, ker se je sproti porabljal za tvorbo železovih mineralov. Pri tem procesu so nastale najbolj pomembne železove rude na Zemlji – pasovite železove rude (ang. *banded iron ores*).

Šele pred okoli 1,8 milijarde let se je kisik začel sproščati v obliki plina zunaj oceana, a se je vse do pred okoli 850 milijoni let absorbiral na Zemljino površje in porabljal za tvorbo ozonske plasti v atmosferi. Od pred 850 milijoni let pa vse do danes pa se kisik nabira v atmosferi in to je dalo priložnost za izrabo energije novim in novim vrstam življenja.

Železo obarva minerale

Železo je eden izmed kemijskih elementov, ki vpliva na barvo mineralov. V tem pogledu ločimo idiokromatske minerale, ki imajo svojo lastno barvo, in alokromatske minerale, ki jim barvo daje primes barvajočega iona. Značilen idiokromatski mineral je na primer hematit, ki je zaradi železa običajno siv.

Železo kot barvajoči ion je v alokromatskih mineralih v zelo majhnih količinah, običajno pod 0,5 mas.%. Drugi barvajoči ioni so še krom, vanadij, mangan, titan, kobalt, nikelj in baker. Sami mehanizmi za nastanek barve so dokaj zapleteni, zato povejmo le, da je barva minerala rezultat neabsorbiranega dela vidne svetlobe.

Barvajoči elementi torej vplivajo na absorpcijo posameznih delov spektra vidne svetlobe. Ob tem pa ni pomembno samo, kateri »barvajoči« element je v mineralu, ampak tudi katero mesto v kristalni zgradbi zaseda in kakšno je valenčno stanje barvajočega iona.

■ Olivin vsebuje veliko železa (Zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije).





■ Piritna konkrecija



■ Z limonitom nadomeščen pirit iz zbirke PMS

Trovalentno železo Fe^{3+} v granatu andraditu vpliva na zeleno barvo, v krizoberilu pa na rumeno. Divalentno železo Fe^{2+} vpliva na zeleno barvo olivina ali na temno rdečo barvo granata almandina. Železo vpliva tudi na barvo številnih drugih mineralov, na primer modrega safirja in cordierita, modro-rumenega akvamarina itd.

Železovi minerali obarvajo kamnine

Na splošno velja, da imajo rjavordečkaste kamnine veliko železovih mineralov. Pogosto to drži, ni pa pravilo, saj so tudi nekatere kamnine, ki nimajo nič železa oziroma železovih mineralov, pa so vseeno rdeče – na primer boksit, ruda za pridobivanje aluminija. Večinoma pa vendarle drži, da je rdečkastorjava barva kamnin povezana z železovimi minerali, predvsem hematita in nekaterih železovih hidroksidov, ki tvorijo limonit. Ti so lahko v kamnini kot primarni minerali, torej so nastali sočasno s kamnino, ali pa so nastali kasneje pri procesih preperevanja na površju Zemlje oziroma blizu njega. Okolja, v katerih nastajajo rdečkaste sedimentne kamnine s primarnimi železovimi oksidi in hidroksidi, so na primer puščavska okolja, za katera je značilno, da so suha, vroča, brez veliko padavin, ki bi odnašale železove minerale, ali tropska okolja, kjer je intenzivno preperevanje in ostaja limonit kot produkt hitrega preperevanja. Pri nas je primer kamnine, ki je nastajala v puščavskem okolju, groedenski peščenjak, ki ga najdemo na primer v Dovžanovi soteski pri Trzinu.

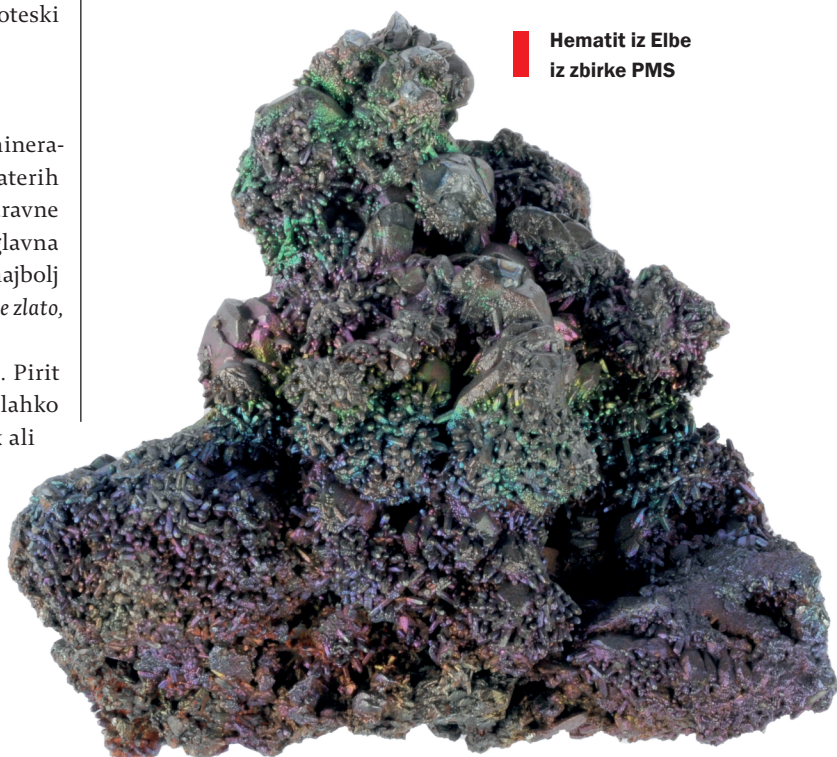
Železovi minerali

Železo brez večjega napora najdemo v več kot 200 različnih mineralih. Samorodno železo je v naravi redko; našli so ga v nekaterih bazaltih na Grenlandiji in v Nemčiji. Pogostejši je v obliki naravne zlitine z nikljem v mineralih kamacitu in taenitu, ki sta glavna minerala v železovo-nikljevih meteoritih. Med sulfidi sta najbolj stabilna železova minerala pirit, ki je znan po pripovedi *Ni vse zlato, kar se svet, in markazit*.

Pirit so na Pohorju kopali za pridobivanje žveplove kisline. Pirit dokaj pogosto nadomesti rastlinske in živalske ostanke in ga lahko zato najdemo v obliki piritiziranih amonitov, polžev, školjk ali celo vej in listov. Glavni karbonat z železom je siderit. V Sloveniji so ga kot rudni mineral za pridobivanje železa kopali v Savskih jamah nad Jesenicami. Med oksidi najdemo dva, ki sta najpomembnejši železovi rudi, hematit in magnetit, veliko je tudi železovih hidroksidov, kot sta na primer goethit in lepidokrokit.

Hematit v obliki pasovitih rud najdemo v Sitarjencu, magnetit pa v obliki masivne rude na Pohorju. Zmes železovih oksidov in hidroksidov imenujemo limonit. Je pogost v oksidacijskih območjih železovih rudišč, saj nastaja pri preperevanju pirita in tudi drugih mineralov, ki vsebujejo železo. Običajno je neprozoren in ima prsten videz. Kristali pirita in markazita so pogosto limonitizirani, kar pomeni, da gre za psevdomorfozo železovih hidroksidov po piritu in/ali markazitu. Zaradi tega videz rumenih mineralov s kovinskim sijajem preide v rjavkaste kristale, ohrani pa se morfologija samih kristalov.

Pri nas je limonit zelo pogost tako v prstenih skupkih kot v obliki limonitiziranih piritov in markazitov. Zgodovinsko pomembna je limonitna ruda bobovec, ki so jo kopali predvsem v kraških jamah na Jelovici, Žiga Zois pa je zaradi izkoriščanja bobove in skorjaste limonitne rude postal najbogatejši Kranjec tistega časa. Svetovna posebnost so limonitni kapniki, ki rastejo v opuščnem rudniku Sitarjenc pri Litiji, in to v prav vseh kapniških oblikah sige: stalaktiti, stalagmiti, kapniški stebri, cevasti kapniki, zavese itd. Manj znano pa je, da so limonitne kapnike pred odkritjem v Sitarjencu našli tudi že v idrijskem rudišču živega srebra. O njih je pisal pred 300 leti rojeni naravoslovec J. A. Scopoli, ki je v Idriji deloval kot rudniški zdravnik, svetovno znan pa je kot pionir raziskovanja narave.



■ Hematit iz Elbe iz zbirke PMS



■ Limonitni kapnik v Sitarjevcu

Med sulfati najdemo melanterit, ki ima poleg še vezano vodo. Med silikati ga je veliko v fayalitu. Zelo pogosto se v zgradbah mineralov nadomeščata magnezij in železo: na primer trdna raztopina forsterita in fayalita, bolj znana kot olivin ($(\text{Fe}, \text{Mg})\text{SiO}_4$). V Sloveniji je znamenito nahajališče olivina v okolici Gradu na Goričkem, kjer je še pred tremi milijoni let bruhal vulkan, ki je občasno izvrgetl tudi tako imenovane olivinove bombe.

Železovi meteoriti

Meteoriti imajo svoj izvor v vesolju. Večinoma izvirajo iz asteroidnega pasu med Jupitrom in Marsom in so stari toliko kot naše Osončje, torej 4,6 milijarde let. Najbolj preprosta delitev meteoritov je na kamnite in železove. Železovi so sestavljeni iz dveh mineralov kamacita in taenita, oba pa sta zlitini iz železa z več ali manj niklja. Kamniti meteoriti imajo vsebnost železovih mineralov bistveno manjšo, a še vedno dovolj, da so tudi ti praviloma magnetni. Zelo posebni so kamnito-železovi meteoriti, kjer so poleg železovih zlitin prisotna zrna olivina, torej z železom bogatega minerala. Železovi meteoriti imajo zaradi načina preraščanja kamacita in taenita različno strukturo, ki je na polirani jedkani površini zelo prepoznavna. Značilne Widmanstättenove črte so nastale zaradi različne topnosti mineralov in so pri oktaedritih vzporedne ploskvam oktaedra.

V Sloveniji sta izmed petih najdenih in opisanih meteoritov dva železova. Prvi je padel leta 1908 v dolino Soče in se po bližnji vasi imenuje Avče. Hranijo ga v Prirodoslovnem muzeju na Dunaju, saj je bilo mesto najdbe tedaj del Avstro-Ogrske. Drugi železov meteorit je bil odkrit leta 2009 v zaledju Škofje Loke, ko so pri širitvi ceste naleteli na tako imenovani paleometeorit. Imenuje se meteorit Javorje. Železo so cenili že naši predniki, čeprav je izdelkov iz železa manj kot izdelkov iz zlata. Iz obdobja okoli 3500 let pred našim štetjem so v Egiptu našli delčke železovega meteorita, ki je bil namenjen za

okras. Prva resnejša proizvodnja železa kot zlitine se je začela v sredini bronaste dobe, a je preteklo precej časa, da je železo izpodrinilo bron. Železna doba se je začela okoli leta 1200 pred našim štetjem in se je končala okoli leta 300 našega štetja. Z dodajanjem ogljika (0,3 % do 1,5 %) so iznašli jeklo, ki je še danes cenjena zlitina in ena glavnih uporab železa. Na tem mestu lahko dodamo, da so ravno rudniki mangana na Begunjščici, in s tem mangan kot dodatek jeklu, dali potrebno kakovost nekoč zelo cenjenemu jeseniškemu jeklu. Železne predmete moramo zaščititi, sicer nastane na njihovi površini limonit oziroma po domače rja. To pa verjetno vsi zelo dobro poznamo iz vsakdanjega življenja ... ■

■ Piritiziran amonit iz Nemčije

