



KEMIJA U NASTAVI

Uređuje: Nenad Raos

Mineraloške zbirke u nastavi

DOI: 10.15255/KUI.2016.052
 KUI-16/2017
 Stručni rad
 Prispjelo 16. prosinca 2016.
 Prihvaćeno 16. siječnja 2017.

A. Čobić^{a*} i S. Mikulčić Pavlaković^b

^a Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Geološki odsjek,
 Mineraloško-petrografski zavod, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb

^b Hrvatski prirodoslovni muzej, Mineraloško-petrografski odjel, Demetrova 1, 10 000 Zagreb

|| Sažetak

Mineraloške zbirke mogu biti različitog tipa, a količina i raznovrsnost uzoraka ovisit će o mogućnostima samog kolekcionara, kao i o dostupnosti uzoraka. Samo prikupljanje uzoraka je trajan proces, za koji je potrebno pred-znanje o mineralima koji se sakupljaju, ponajprije o njihovim fizičkim svojstvima kao prvim obilježjima koja se opažaju na nekom uzorku. U tekstu je u kratkim crticama izneseno kako formirati reprezentativnu mineralošku zbirku, kako ju obraditi, čuvati te upotrijebiti u nastavi.

|| Ključne riječi

Mineraloške zbirke, nastava, svojstva minerala

Ovo djelo je dano na korištenje pod
 Creative Commons Attribution 4.0
 International License



Uvod

Čovjekova veza s mineralima i stijinama traje još od kamenog doba kada je on počeo upotrebljavati minerale i stijene za izradu alata, dok je interes ranih civilizacija za metale obilježio pak brončano i željezno doba ljudske prošlosti. S time povezujemo i porijeklo naziva mineral, lat. *minera* – ruda, odnosno tvar iz koje možemo dobiti metal, te čovjekov interes za rudarenjem, kojim je i započelo istraživanje minerala. Najrašireniju primjenu su imali i danas imaju upravo rudni minerali kao izvor metala, npr. hematit (Fe_2O_3) i magnetit (Fe_3O_4) kao rude željeza, zatim galenit (PbS) kao ruda olova ili sfalerit (ZnS) kao ruda cinka. Industrijski minerali predstavljaju sirovine u raznim granama industrije: staklarskoj, kemijskoj, farmaceutskoj, medicinskoj, kozmetičkoj, keramičkoj, cementnoj, građevinskoj itd. Važno je istaknuti i čovjekov interes za pojedine minerale kao ornamente vjerskog ili umjetničkog karaktera, ili nakit kao što je drago kamenje (npr. rubin i safir, smaragd, spinel, granat, dijamant, plemeniti metali), te minerale za dobivanje pigmenta. Spomenimo i nastojanja alkemičara u potrazi za kamenom mudraca za koji su vjerovali da metale može pretvoriti u zlato. Iako nisu uspjeli u svojoj potrazi, zahvaljujući alkemijskim istraživanjima, došlo se do mnogih kemijskih otkrića.

Razvojem interesa za minerale i stijene javljali su se i prvi zapisi o njihovim svojstvima. Najraniji, još iz starog vijeka, porijeklom su iz Indije, Kine, Egipta, drevne Perzije i Arabije. Sva ta nastojanja rezultirala su prikupljanjem i istraživanjem velikog broja uzoraka minerala i stijena formirajući na taj način prve mineraloške zbirke.

Jedan od prvih ozbiljnih kolekcionara bio je Georgius Agricola, općenito smatran “ocem mineralogije”, a i sam rimsko-njemački car Rudolf II bio je strastveni skupljač minerala koji je formirao ogromnu, bogatu zbirku na prijelazu iz 16. u 17. stoljeće. Upravo ta zbirka poslužila je za objavljivanje znamenitog djela *Gemmarum et Lapidum Historia* (1609)¹ careva dvorskog liječnika, Belgijanca mineraloga Anselmusa Boetiusa de Boodta, knjige koja je imala jak utjecaj na kasnije sakupljače minerala i dragog kamenja. Iako su njihove zbirke uglavnom davno izgubljene, mnogi antički i srednjovjekovni mislioci i prirodoslovci kao što su Theophrast, Plinije stariji, Avicenna, Albert Veliki, Georgius Agricola za sobom su ostavili važne zapise o zapažanjima vezanim za minerale – njihovoj boji, prozirnosti, sjaju, tvrdoći, gustoći, kalavosti, topljivosti. U tim zapisima nalazimo i prve pokušaje sistematike ili razvrstavanja minerala, uglavnom prema njihovoj upotrebi i fizičkim svojstvima. Razvojem modernih tehnika i metoda proučavanja minerala od 19. stoljeća do danas, posebice njihovog elementnog sastava i kristalne strukture došlo se do stvaranja današnje klasifikacije minerala koja se temelji na njihovoj kemijskoj i strukturnoj srodnosti, odnosno njihovim kristalokemijskim karakteristikama.

* Autor za dopisivanje: Dr. sc. Andrea Čobić
 e-pošta: ancobic@geol.pmf.hr

Prve zbirke minerala i stijena u Hrvatskoj datiraju iz prve polovice 19. stoljeća, vremena Hrvatskog narodnog preporoda, kada su istaknute ličnosti poput književnika Antuna Mažuranića, zagrebačkog nadbiskupa Jurja Haulika, zatim osnivača Hrvatskog gospodarskog društva Pavla Hatza, te samog vođe Ilirskog pokreta Ljudevita Gaja prikupljali građu za muzejsku zbirku. U okviru osnutka i razvoja Narodnog muzeja, na podizanju muzejskih zbirki radili su i prirodoslovac Ljudevit Vukotinović te geolog Gjuro Pilar, koji su osim prikupljanja i sistematskog obrađivanja građe utrljali put znanstvenom i stručnom radu na zbirka minerala i stijena. Intenzivno prikupljanje i obrada mineraloško-petrografske građe odvijalo se za djelovanja mineraloga Mije Kišpatića, koji je posebnu pažnju posvetio otkupu uzoraka za muzejske zbirke. Njegov rad nastavili su i mineralozi Fran Tučan te njegov učenik i sljedbenik Ljudevit Barić, koji su obradili velik broj uzoraka minerala i time dali znanstvene temelje mineraloškoj zbirci tadašnjeg Mineraloško-petrografskog muzeja, a današnjeg Mineraloško-petrografskog odjela Hrvatskog prirodoslovnog muzeja. Istaknuli su se i objavljivanjem knjiga, udžbenika te znanstvenih i stručnih članaka u uglednim časopisima, započevši tako intenzivni razvoj mineralogije i kristalografije u Hrvatskoj.²

Mineraloške zbirke

Mineraloške zbirke predstavljaju specijalizirane geološke zbirke koje se sastoje od uzoraka minerala, a rezultat su njihova sistematskog prikupljanja i stručne obrade.

Mineraloške zbirke privatnog tipa formiraju se prema kriterijima samog sakupljača, pa tako primjerice možemo sakupljati samo uzorke minerala različitih boja kao što su različito obojeni varijeteti kremenja (kvarca), kristale kalcita različitih habitusa, minerale s istog lokaliteta, ili pak minerale iz skupine dragog kamenja.

Najbrojnije zbirke minerala koje su se razvijale desetljećima pa čak i stoljećima sustavnim prikupljanjem, proučavanjem, determinacijom i čuvanjem po kriterijima koje nalaže mineraloška struka, najčešće nalazimo u javnim ustanovama kao što su muzeji i fakulteti. Takve zbirke su od velikog značaja ponajprije zbog toga što predstavljaju stručno i znanstveno obrađenu prirodnu baštinu, prikazuju geološku raznolikost, a osim toga imaju i važnu edukativnu ulogu.

Muzejske mineraloške zbirke su raznovrsne, formirane prema različitim kriterijima nastanka i razvoja, te sadrže mineralošku građu prikupljenu, povezanu ili organiziranu prema određenim obilježjima. Tako postoje mineraloške zbirke koje sadrže minerale određenog nalazišta, npr. Zbirka minerala rudnika Trepča/Stari Trg (slika 1); zatim zbirke koje sadrže specifičnu skupinu minerala kao što je npr. Zbirka dragog kamenja, ili zbirke koje sadrže uzorke minerala razvrstane po određenoj klasifikaciji, npr. Sistematska zbirka minerala.

Međutim, da bismo formirali mineralošku zbirku za potrebe nastave, najprije trebamo razlučiti o kojoj se nastavi radi. U osnovnoškolskoj i srednjoškolskoj nastavi zbirka

minerala može biti jednostavnijeg tipa i svoditi se na uzorke prikupljene iz zavičajna škole.³ Takve zbirke ne samo da doprinose poznavanju zavičajna već imaju važnu ulogu i u poticanju aktivnosti i interesa učenika za prirodu koja ga okružuje te unaprjeđivanju obrazovne i odgojne funkcije škole.



Slika 1 – Minerali zbirke Trepča/Stari Trg u stalnom postavu mineraloško-petrografskih zbirki Hrvatskog prirodoslovnog muzeja

Fig. 1 – Trepča/Stari Trg mineral collection on permanent display at the Croatian Natural History Museum

Mineraloške zbirke formirane za potrebe fakultetske nastave predstavljaju zbirke sistematskog pristupa prikupljanja temeljenog na kristalokemijskim svojstvima. Prema dosadašnjim klasifikacijama minerale općenito možemo razvrstati u trinaest mineralnih razreda:⁴ (1) samородni elementi; (2) sulfidi, selenidi i teluridi; (3) oksidi, oksihidroksidi i hidroksidi; (4) halogenidi; (5) karbonati; (6) nitriti; (7) jodati; (8) borati; (9) sulfati i oksisoli Se, Te i Cr; (10) fosfati i oksisoli As i V; (11) molibdati i volframati; (12) silikati; (13) organski minerali. Unutar pojedinog razreda, minerali se dijele na mineralne tipove, a tipovi se potom dijele na mineralne grupe, nizove ili pojedinačne minerale. Uputno je, a pogotovo u slučaju većeg broja različitih minerala, na sličan način organizirati i mineraloške zbirke za potrebe osnovnoškolske i srednjoškolske nastave, da bi se do određene mjere "uveo red" i olakšalo rukovanje uzorcima.

Praktična realizacija zbirke

Da bismo pristupili formiranju mineraloške zbirke, potrebno je prije svega prikupiti uzorke. To možemo učiniti na razne načine: u sklopu terenskog istraživanja, kupnjom, razmjenom ili donacijama.

Terensko prikupljanje uzoraka minerala

Neposredno pronalaženje minerala na terenu predstavlja važan i vrlo praktičan način prikupljanja materijala za zbirku. Zadatak s kojim se susreće nastavnik koji želi formirati zbirku je i njegovo vlastito pripremanje, jer je nužno upoznati minerale i stijene određenog područja i odabrati pogodna mjesta na koja će dovesti svoje učenike i uputiti ih kako će i što promatrati, ispitivati, prikupiti i donijeti u školu. Prvi korak u praktičnoj realizaciji terenskog prikupljanja uzoraka je proučavanje dostupnih literaturnih izvora o lokalitetima od interesa, kao što su npr. rudnici, kame-nolomi ili izdanci. Tu literaturu uglavnom čine priručnici, udžbenici, terenski vodiči, stručni i znanstveni članci, ali isto tako kao izvor informacija o zanimljivim lokalitetima mogu poslužiti i lokalna glasila. Naravno, kad su u pitanju nalazišta lokalnog karaktera, stanovnici određenog kraja ili razne zavičajne udruge (npr. kulturno-umjetničke udruge) mogu biti odličan izvor informacija.

Prilikom prikupljanja materijala terenskim istraživanjem moramo voditi računa i o zakonskim odredbama koja su u svezi sa zaštitom prirode. Naime, neki geološki i geomorfološki spomenici prirode prema Zakonu o zaštiti prirode imaju status zaštićenih područja. Bez dopuštenja ministarstva nadležnog za zaštitu prirode nije dopušteno uzimati iz prirode minerale koji se nalaze na zaštićenom području i minerale koji su zakonski proglašeni zaštićenom prirodnom vrijednošću kao ni stavljati ih u promet i/ili izvoziti iz Republike Hrvatske. Također ih je zabranjeno uništavati te provoditi zahvate i/ili radnje koji mogu dovesti do oštećenja njihova nalazišta.

Svojstva minerala

Mineral je prirodna tvar (element ili kemijski spoj) nastala geološkim procesima koja se odlikuje određenim kemijskim sastavom (ne nužno i konstantnim!) i kristalnom strukturom. Da bismo mogli određivati minerale važno je poznavati njihova svojstva. Osnovna svojstva koja uočavamo i opisujemo prilikom prvog dodira s uzorkom su njegova fizička svojstva. Ona ovise o kristalnoj strukturi i kemijskom sastavu minerala te su za određeni mineral karakteristična i mogu poslužiti za njegovu identifikaciju. Pod fizičkim svojstvima podrazumijevamo mehanička, optička, termička, magnetska i električna svojstva, gustoću te okus, miris i opip. Jedno od prvih fizičkih svojstava koje makroskopski ili pomoću ručne lupe zamjećujemo na uzorku minerala je njegov vanjski izgled, odnosno **habitus**.

Minerali imaju pravilni unutrašnji raspored atoma karakterističan za kristalizirane tvari te se u povoljnim uvjetima mogu razviti u obliku lijepih kristala omeđenih kristalnim ploham. Habitus kristala stoga u prvom redu ovisi o kri-

stalnoj strukturi, pa tako kristali sa strukturama lančastog tipa obično imaju štapičast, igličast ili vlaknasti (slika 2), a oni sa slojevitim strukturama lističav habitus (slika 3).



Slika 2 – Vlaknasti habitus amfibolskog azbesta (kompleksni silikat); vlakna su duga do 6 cm (MPZ-PMF)

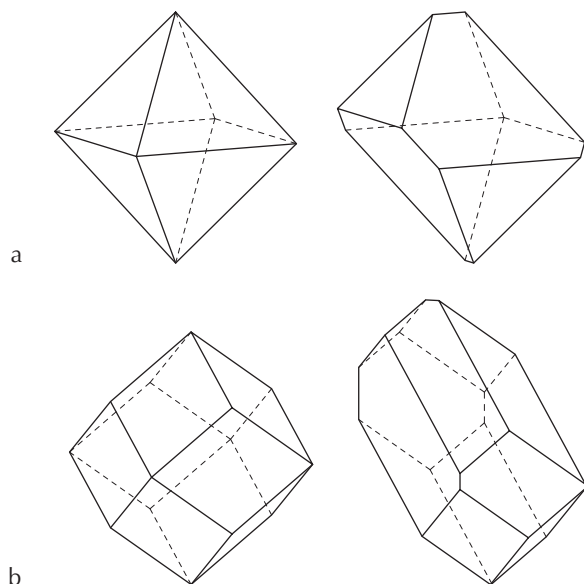
Fig. 2 – Fibrous habit of amphibole asbestos (complex silicate); fibre length up to 6 cm (MPZ-PMF)



Slika 3 – Lističav habitus muskovita ($KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$); veličina listića do 1 cm (privatna zbirka)

Fig. 3 – Flaky habit of muscovite ($KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$); flake size up to 1 cm (private collection)

Habitus u znatnoj mjeri ovisi i o uvjetima u kristalizacijskoj sredini. U realnim uvjetima rasta postoje mnogi čimbenici (pritok mineralne tvari, temperaturne promjene, tlak, strane primjese u otopini) koji utječu na habitus kristala, zbog čega se kristali iste tvari (npr. u različitim mineralnim ležištima) mogu razviti u različitim oblicima. Kristali idealnog oblika u prirodi se nalaze vrlo rijetko, pojedine plohe se ne moraju ni razviti, a zbog različite brzine rasta plohe mogu biti različite veličine zbog čega nastaje razvučeni kristal (slika 4).



Slika 4 – Primjeri kristalnih habitusa: (a) idealni (lijevo) i razvučeni (desno) oktaedar; (b) idealni (lijevo) i razvučeni (desno) rompski dodekaedar

Fig. 4 – Examples of crystal habits: (a) ideally developed (left) and distorted (right) octahedron; (b) ideally developed (left) and distorted (right) rhombic dodecahedron

Habitus kristala i razvijene kristalne forme (skup simetrijski identičnih ploha, npr. oktaedar; slika 4a) koje zapažamo na pojedinom kristalu odraz su kristalnog sustava u kojem kristaliziraju. Minerali mogu kristalizirati u šest kristalnih sustava (kubični, tetragonski, heksagonski, rompski, mo-

noklinski i triklinski), odnosno sedam ovisno o tome smatramo li trigonski sustav zasebnim ili podsustavom heksagonskog sustava.

S obzirom na dominantnu kristalnu formu razvijenu na kristalu razlikujemo različite habituse, npr. fluorit najčešće ima heksaedarski habitus jer kristalizira u formama heksaedra (kocke) kubičnog sustava (slika 5). Kristali turmalina su gotovo uvijek prizmatškog habitusa (slike 6 i 13) jer su mu dominantne forme prizme heksagonskog (trigonskog) sustava.

Kristali mogu biti slobodni, odnosno sa svih strana omeđeni ploham (slika 7a). Nakupinu lijepo razvijenih kristala koji su prirasli na zajedničkoj podlozi nazivamo *druzom* (slike 5 i 7b). Kristalne druze pak mogu biti sastavljene od jedne (monomineralne druze) ili više vrsta minerala (polimineralne druze).

Kristali se mogu razviti i kao *sraslaci*, odnosno kao dva ili više simetrijski pravilno sraštenih kristala iste mineralne vrste (slika 8).

Lijepo razvijene kristale obično nalazimo u pukotinama i šupljinama u stijenama, najčešće u kamenolomima i rudnicima, te s njima valja posebno pažljivo postupati. Ne treba ih nepotrebno uništavati i time oštećivati geološka nalazišta. Pojedine kristale ne treba izdvajati iz skupine te je prilikom uzimanja minerala najbolje otkinuti i komad stijene jer se način postanka minerala lakše objašnjava ako se zna s kojom stijenom je u kontaktu. Poželjno je uzeti više primjeraka kako bi nam neki poslužili i za laboratorijska istraživanja.

Minerali se mogu razviti i kao zrnati agregati, tj. kao nakupine jedinki pravilne unutarnje građe, ali nepravilnog



Slika 5 – Druza kristala fluorita (CaF_2) heksaedarskog habitusa; veličina kristala do 5 cm (privatna zbirka)

Fig. 5 – Hexahedral habit of fluorite (CaF_2) crystals; crystal size up to 5 cm (private collection)



Slika 6 – Kristali turmalina (kompleksni borosilikat) prizmatškog habitusa u kremenu; dužina kristala do 20 cm (privatna zbirka)

Fig. 6 – Prismatic habit of tourmaline crystals (complex borosilicate) in quartz; crystal length up to 20 cm (private collection)



Slika 7 – (a) slobodni kristali pirita (FeS_2); veličina kristala do 2 cm (privatna zbirka); (b) kristalna druzna kremen (SiO_2); veličina uzorka 23 cm \times 21 cm \times 12 cm (MPO-HPM; 600:ZAG;1850:MP1)

Fig. 7 – (a) Loose crystals of pyrite(FeS_2); crystal size up to 2 cm (private collection); (b) Quartz (SiO_2) crystal druse; sample size 23 cm \times 21 cm \times 12 cm (MPO-HPM 600:ZAG;1850:MP1)

vanjskog izgleda, te s obzirom na veličinu jedinki mogu biti krupno-, srednje- i fino-zrnasti agregati, a ako granice između pojedinih zrna ne uočavamo golim okom, masivni ili gusti agregati. S obzirom na oblik i međusobni razmještaj izduženih kristala nekog minerala razlikujemo vlaknaste, igličaste, prutičaste i radijalno-zrakaste (slika 9) agregate.

Tankopločasti, lističasti i ljuskasti agregati sadrže minerale sa slojevitim strukturama kao što su npr. filosilikati (slika 3).

Minerale koji se javljaju kao razgranate prevlake po stijenama ili pukotinama nazivamo *dendriti* (npr. psilomelan). Vrlo često se minerali mogu naći u *geodama* – jajolikim do kuglastim mineralnim nakupinama često ispunjenim koncentričnim različito obojenim slojevima mineralne tvari, a u centru krupnijim kristalima (slika 10). Bubrežasti ili grozdasti agregati (slika 11) su karakteristični za minerale koji nastaju u površinskim uvjetima, a često su lupinasto-zrakaste građe.



Slika 8 – Srololiki sraslac kremen (SiO_2) čadavca (sivi varijetet kremen); veličina kristala do 20 cm (privatna zbirka)

Fig. 8 – Heart-shaped twin of smoky quartz (SiO_2 ; grey variety of quartz); crystal size up to 20 cm (private collection)



Slika 9 – Radijalno-zrakasti agregat astrofilita ($\text{K}_2\text{NaFe}_7^{2+}\text{Ti}_2\text{Si}_8\text{O}_{26}(\text{OH})_4\text{F}$); veličina uzorka 18 cm \times 13 cm \times 10 cm (MPO-HPM; 600:ZAG;6181:MP1)

Fig. 9 – Radial aggregate of astrophyllite ($\text{K}_2\text{NaFe}_7^{2+}\text{Ti}_2\text{Si}_8\text{O}_{26}(\text{OH})_4\text{F}$); sample size 18 cm \times 13 cm \times 10 cm (MPO-HPM, 600:ZAG; 6181:MP1)



Slika 10 – Geoda kristala kalcita (CaCO_3); veličina uzorka $9\text{ cm} \times 6\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ (MPZ-PMF)

Fig. 10 – Calcite geode (CaCO_3); sample size $9\text{ cm} \times 6\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ (MPZ-PMF)



Slika 12 – Kristal gipsa ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) s jasno vidljiva dva smjera kalavosti; veličina uzorka $35\text{ cm} \times 28\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ (MPZ-PMF)

Fig. 12 – Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) crystal showing cleavages in two distinctive directions; sample size $35\text{ cm} \times 28\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ (MPZ-PMF)



Slika 11 – Grozdasti agregat malahita ($\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$); veličina uzorka $30\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ (MPO-HPM, 600:ZA-G;9664:MP1)

Fig. 11 – Botryoidal malachite aggregate ($\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$); sample size $30\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ (MPO-HPM, 600:ZAG;9664:MP1)

Fizička svojstva koja su važna za određivanje minerala su još i kalavost, lom i tvrdoća.

Kalavost je svojstvo minerala da pod utjecajem sile puca po ravnim površinama usporednim mrežnim ravninama u kristalnoj rešetci, te se pojavljuje na svim primjercima određene mineralne vrste (slika 12), a po kvaliteti može biti savršena, dobra ili slaba.

Lom je pucanje minerala pod utjecajem sile duž nepravilnih površina koje nisu usporedne mrežnim ravninama. Definira se prema obliku, pa može biti školjkast, iverast, kukast, zemljast, ravan ili neravan.

Tvrdoća je otpor koji mineral pruža ako pokušamo zaparati njegovu površinu. U mineraloškoj praksi relativna tvrdoća se najčešće određuje paranjem drugim mineralima poznate tvrdoće koji su svrstani u Mohsovu ljestvicu. U njoj je navedeno deset minerala koji predstavljaju standarde tvrdoće, odabranih zbog svoje učestalosti, te je tvrdoća najmekšeg među njima označena brojem 1, a najtvrdjeg brojem 10 (tablica 1).

Tablica 1 – Mohsova ljestvica tvrdoće minerala i njihove kemijske formule

Table 1 – Mohs scale of mineral hardness and minerals' chemical formulae

Tvrdoća Hardness	Naziv minerala Mineral name	Kemijska formula Chemical formula
1	talk (milovka) talc	$\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
2	gips gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
3	kalcit calcite	CaCO_3
4	fluorit fluorite	CaF_2
5	apatit apatite	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$
6	ortoklas orthoclase	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
7	kremen (kvarc) quartz	SiO_2
8	topaz topaz	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$
9	korund corundum	Al_2O_3
10	dijamant diamond	C

Prilikom terenskih istraživanja jednostavno možemo odrediti relativnu tvrdoću nekih minerala tako da zagrebemo uzorak npr. nožićem ili čekićem (obvezatni dio opreme svakog geologa) koji imaju tvrdoću $5\frac{1}{2}$ – $6\frac{1}{2}$. Ako mineral uspijemo odnosno ne uspijemo zagrepsti nožićem, znat ćemo da je mineral mekši ili tvrdi od $6\frac{1}{2}$. Radi usporedbe, ljudski nokat je tvrdoće $2\frac{1}{2}$, te se njime može zagrepsti gips, ali ne i kalcit.

Sljedeća skupina važnih fizičkih svojstava su optička, gdje se najviše ističe **boja**. Ona je karakteristična za pojedine minerale i može poslužiti za njihovu identifikaciju (npr. malahita koji je zelen; slika 11), no neki minerali mogu biti različito obojeni. Velikom raznolikošću boja odlikuju se brojni varijeteti kremenca, granata ili berila, a pojedini minerali mogu biti i zonalno obojeni, tj. pokazivati više boja na jednom kristalu, npr. turmalin (slika 13).

Crt ili ogreb je boja sitnog praha što ga ostavlja mineral prilikom grebanja po nezaglađenoj keramičkoj pločici. Boja crta je za svaku mineralnu vrstu u pravilu stalna, tj. neovisna o različito obojenim varijetetima istog minerala, što nam ponekad olakšava identifikaciju. **Sjaj** minerala ovisi o svjetlosti koja se reflektira s njegove površine i intenzivniji je u minerala s većim indeksom loma i glatkim, ravnim kristalnim ploham. Sjaj može biti metalni (npr. samorodni metali i većina sulfida) i nemetalni (dijamantan, staklast, smolast, sedefasti, mastan, svilenkast).

Pored ovih postoje i još neka svojstva koja nam mogu poslužiti za identifikaciju minerala, a to su **okus, miris i opip**. Na primjer, prepoznatljivo slani okus ima mineral halit ili kuhinjska sol, neugodan miris sumporovodika (H_2S) osjeća se pri mrvljenju pirita, a mastan opip imaju mekani minerali talk i grafit. Jednostavan test za određivanje kalcita ili vapnenca (stijene građene od kalcita) i razlikovanje od dolomita je kapanje uzorka razrijeđenom 10 % -tnom klorovodičnom kiselinom (HCl), pri čemu se kalcit otapa uz

primjetan šum i pjenjenje uslijed oslobađanja CO_2 i H_2O . Ipak treba imati na umu da je ovo destruktivna metoda određivanja, pa je radi očuvanja samog uzorka poželjno kapati na neuglednijim komadima ili dijelovima uzorka.

Sva ta nabrojana svojstva nam mogu pomoći pri makroskopskom prepoznavanju minerala. Ako primjenom znanja o fizičkim svojstvima ne uspijevamo odgonetnuti o kojem je mineralu riječ (npr. obrađujemo sitnozrnati uzorak na kojem je vrlo teško, pa čak i nemoguće uočiti karakteristična fizička svojstva), moramo primijeniti druge metode analize kao što su optička istraživanja polarizacijskim mikroskopom ili rendgenska difrakcija.

O svojstvima, kao i o ostalim podacima o mineralima, može se pročitati u literaturi, ponajprije u udžbenicima, ali i u stručnim i znanstvenim člancima i priručnicima. Na hrvatskom jeziku postoji nekoliko udžbenika vezanih uz opću i sistematsku mineralogiju. Među prvima su objavljene "Opća mineralogija"⁵ i "Specijalna mineralogija"⁶, a u novije vrijeme su objavljena dva udžbenika koja obuhvaćaju sistematiku minerala i detaljne opise njihovih svojstava i lokaliteta: "Sistematska mineralogija – mineralogija nesilikata"⁷ i "Sistematska mineralogija – mineralogija silikata".⁸ Ta dva udžbenika mogu poslužiti kao osnova u proučavanju svojstava minerala kako za stručnu populaciju tako i za laike. Također, o samim svojstvima, njihovim podrobnijim opisima i procesima nastanka može se pročitati u knjizi "Opća mineralogija",⁹ a o formiranju raznovrsnih prirodoslovnih zbirki zavičajna u knjizi "Školska zavičajna zbirka".³ Na stranim jezicima, osobito engleskom, postoji čitav niz udžbenika i priručnika, a kao dobar izvor informacija mogu poslužiti i razne internetske stranice.^{10–12} Osim literature, uvijek je uputno konzultirati se i sa stručnim osobama, mineralozima zaposlenim u muzejima, fakultetima i institutima koji se proučavanjem minerala bave profesionalno. Suradnja obrazovnih ustanova koje žele formirati mineralošku zbirku sa spomenutim javnim ustanovama od



Slika 13 – Različito obojene zone kristala turmalina; lijevo – dužina kristala oko 10 cm; desno – promjer kristala oko 3 cm (privatna zbirka)

Fig. 13 – Differently coloured zones within single tourmaline crystals; left – crystal size around 10 cm; right – crystal radii around 3 cm (private collection)

iznimne je važnosti radi stvaranja kvalitetne, reprezentativne zbirke minerala koja će biti na raspolaganju za učenje i razvijanje i generacijama koje tek dolaze.

Kako još prikupiti uzorke

Terenskim prikupljanjem uzoraka minerala za zbirku sistematskog tipa moguće je sakupiti samo određen i često vrlo mali broj različitih minerala. Da bi nam zbirka bila što reprezentativnija i bogatija različitim mineralnim vrstama, valja je nadopuniti kupnjom. Minerale možemo kupiti na tzv. sajmovima minerala, koji se redovito organiziraju svake godine u bližoj okolini (npr. Zagreb ili Tržič u Sloveniji), a u znatno većim razmjerima u inozemstvu, na kojima se nudi ogroman izbor minerala različitih vrsta, oblika, boja i naravno – cijena. Spomenimo samo međunarodnu manifestaciju *Mineralientage München* u Njemačkoj, kao vodeći europski sajam minerala, dragog kamenja, nakita i fosila na kojem sudjeluje više od 1300 izlagača, te više od 40 000 posjetitelja godišnje. Osim na sajmovima, minerale često možemo kupiti i u specijaliziranim trgovinama i suvenirnicama, ali i u trgovinama na internetu (npr. specijalizirana trgovina za geološku opremu i uzorke Dr. F. Krantz).

Do inače teško dostupnih i rijetkih uzoraka može se doći razmjenom i donacijama pa je poželjno imati pričuveni materijal za razmjenu koji uključuje uzorke koji su već dobro zastupljeni u zbirci. Zbog toga je dobro, kad god je to moguće, prikupiti više uzoraka, pogotovo prilikom terenskih istraživanja.

Obrada zbirke

Na koji god način prikupili uzorke minerala za zbirku, od velike je važnosti pravilno ih obraditi, jer zbirka nije zbirka, već samo "zbrka" ako imamo hrpu nesređenog materijala. Da bi mogli poslužiti svojoj svrsi uzorci moraju biti podvrgnuti određenom postupku. Ako smo uzorke donijeli s terena, valja ih pažljivo očistiti, pregledati te odabrati koji će ući u zbirku. Kod čišćenja uzoraka valja posebno obratiti pažnju prilikom pranja vodom jer su neki minerali topljivi u vodi (npr. halit). Neki minerali su pak vrlo mekani i nije ih uputno čistiti grubom četkom (npr. gips) kako se ne bi oštetili. Nakon toga slijedi detaljnija odredba i bilježenje osnovnih podataka koje znamo o uzorcima kako bismo ih mogli inventirati i uvrstiti u zbirku. Podatci se mogu svesti na nekoliko kategorija dovoljnih za definiranje predmeta u zbirci koje upisujemo u za to predviđenu inventarnu knjigu i/ili računalnu bazu podataka. Njihovo točno bilježenje ključno je za formiranje vrijedne pisane dokumentacije i stvaranja dobre zbirke. Isto tako, bilježenjem što više informacija o uzorku, olakšava nam se pretraživanje i pristup uzorcima u zbirci. Vrlo često će se dogoditi da imamo uzorak koji sadrži više različitih minerala. U tom slučaju, uzorak se sistematizira po principu koju sami odredimo. Npr. u slučaju da su na uzorku određena tri minerala: kalcit, rodokrozit i sfalerit, u zbirku ćemo ga uvesti pod mineral koji je najistaknutiji po nekom svojstvu (npr. pod kalcit ako su najljepše razvijeni kristali kalcita), ali je nužno navesti i sve druge minerale određene na uzorku. U tom slučaju prilikom pretraživanja zbirke bit će jednostavnije pronaći i uzorak koji ima sfalerit, iako je uveden pod kalcit.

Pridruživanjem osnovnih podataka uzorku u zbirci podižemo ga na razinu dokumenta i takav predmet dobiva potpunu vrijednost objekta daljnje stručne i znanstvene interpretacije i kvalifikaciju pravog eksponata u slučaju ulaska u muzejsku ustanovu.

O svakom mineraloškom uzorku za zbirku upisuju se sljedeći podatci:

Ime minerala:

ime mineralne vrste i/ili imena svih mineralnih vrsta određenih na uzorku, npr. kalcit ili kalcit, rodokrozit i sfalerit ako ih je određeno više

Nalazište minerala:

mjesto na kojem je uzorak pronađen, npr. Donje Orešje, Medvednica (poželjna je što točnija lokacija)

Inventarni broj:

pridružuje se prema redu upisa predmeta, služi za daljnju identifikaciju predmeta i lakše rukovanje, a obvezatno se stavlja i na sam predmet (ako je predmet sitan, inventarni broj stavlja se u ambalažu u kojoj je uzorak, kutijicu, epruvetu i sl.)

Opis i dimenzije uzorka:

npr. kristal veličine 2 cm × 3 cm × 2 cm

Broj primjeraka:

upisujemo koliko istovrsnih primjeraka ulazi u zbirku

Ime osobe koja je determinirala uzorak:

osoba koja je izvršila determinaciju i identificirala uzorak

Porijeklo:

govori o načinu na koji je uzorak dospio u zbirku – terensko prikupljanje, otkup, donacija...

Datum prikupljanja:

vrijeme kada je uzorak prikupljen

Ime osobe koja je prikupila uzorak:

osoba koja je pronašla ili donijela uzorak

Fotografija:

u računalnu bazu poželjno je svakom uzorku pridružiti digitalnu fotografiju radi lakšeg pretraživanja i identifikacije

Smještaj:

mjesto gdje se uzorak čuva, npr. ormar 2, ladica 4

Napomena:

relevantna napomena za uzorak, npr. vrlo krhki kristali

Mineraloške zbirke u nastavi

Na fakultetima i ostalim obrazovnim ustanovama uzorci koji su ušli u zbirku se najčešće upotrebljavaju za podučavanje. Potrebno je vrlo oprezno i pažljivo rukovati mineralima da bi ostali očuvani i mogli se opetovano upotrebljavati. Svako pomicanje i prenošenje uzoraka s mjesta na kojem se čuva, bilo da je to izložbena vitrina ili ladica, riskantno je i treba uložiti maksimalni oprez da ne bi došlo do njihova oštećenja. Obično se uzorci prenose u kutijicama na čvrstim podlošcima ili na kolicima. Osjetljivije uzorke (npr. grančice srebra) poželjno je pažljivo umotati u papir ili neku meku ambalažu.

Nužno je da tijekom nastave učenici ili studenti uzmu uzorak u ruke i razgledaju ga sa svih strana uočavajući razna fizička svojstva pomoću kojih mogu odgonetnuti o kojem

mineralu se radi. Većinu svojstava je moguće uočiti jednostavno promatranjem uzorka (recimo prizmatski habitus ili zelenu boju), opipom (npr. masnoću talka) ili npr. njušenjem (npr. miris sumpornih spojeva), odnosno nedestruktivnim metodama. Kalavost je također moguće uočiti samim promatranjem, ali ju je isto tako zgodno predočiti tako da se uzorak otkala, npr. listić muskovita, ili provjeriti tvrdoću gipsa tako da ga zagrebete. To su pak destruktivne metode i one se ne smiju primjenjivati na uzorcima koji su inventirani u zbirci! Stoga je poželjno imati pripremljene rezervne uzorke na kojima se ta svojstva mogu isprobati.

Čuvanje i izlaganje zbirke

Određeni dio sakupljenih i obrađenih uzoraka minerala poželjno je izložiti za stalno promatranje. Za to nam najčešće služe ormari i vitrine sa staklenim ploham (slika 1). U izložbeni prostor stavljamo reprezentativne primjerke koji najbolje zastupaju ideju koju želimo interpretirati i uz njih prateće legende koje moraju biti kratke, jasne, pregledne i razumljive. Vrlo je važan i estetski dio prezentacije, nastoji se izlagati uredno, organizirano i privlačno. Cilj izlaganja nije isključivo stjecanje znanja kod promatrača, već i poticanje na razmišljanje, te razvijanje logičnosti i kritičnosti.

Uzorke koji nisu izloženi pohranjujemo na posebnom mjestu, organizirano u ladice, kutije i ormare u prikladnu čuvaonicu. Pritom je važno posebno obratiti pažnju na spremanje osjetljivih uzoraka, primjerice sulfida kao što su pirit, markazit, arsenopirit, pirhotit. Oksidacija sulfidnih minerala u zbirkama jedan je od najvećih problema kod čuvanja takvih uzoraka. Naime, produkti raspada (Fe^{2+} -, Fe^{3+} -sulfati u različitim hidratnim fazama i sumporna kiselina) mijenjaju izgled i boju površine uzorka, dovode do pojave bijelih i žutih mrlja, a sam proces oksidacije uzrokuje pucanje i raspadanje te u konačnici dovodi i do potpunog uništenja uzorka. Pritom često stradava i prateća papirnata dokumentacija smještena uz uzorak (inventarna kartica i inventarni broj). Takve uzorke potrebno je izdvojiti od preostalog dijela zbirke i posebno zaštititi održavanjem niske relativne vlažnosti (< 30 %) i razine kisika. Također, uzorke koji su osjetljivi na svjetlost (vivijanit, realgar, cinabarit) treba čuvati zaštićene od izvora svjetlosti, a neki pak minerali poput epsomita vrlo su osjetljivi na promjene relativne vlažnosti i temperature okoline u kojoj se nalazi. Na sve to treba obratiti pažnju kako bi nam pojedini minerali u zbirci ostali u dobrom stanju i dugotrajno sačuvani.

Zaključak

Mineraloške zbirke, a osobito zbirke upotrijebljene u nastavi, važan su, nezamjenjiv i nadasve praktičan alat u studiranju značajki minerala, te su bitna osnova za razvijanje

metodičkih postupaka prikupljanja, identificiranja, katalogiziranja i čuvanja minerala. Od velike je važnosti proučavanjem uzoraka kroz praktičnu nastavu razvijati sposobnost zapažanja, te steći vrijedno iskustvo samostalnog učenja i navike potrebne za kasniju istraživačku djelatnost. Rad na formiranju, razvoju i zaštiti mineraloških zbirki je iznimno značajan zbog toga što one predstavljaju vrijednu geološku baštinu, dokaze geološke raznolikosti planeta na kojem živimo.

Popis kratica

List of abbreviations

- MPO-HPM – Mineraloško-petrografski odjel Hrvatskog prirodoslovnog muzeja
– Department of Mineralogy and Petrography of the Croatian Natural History Museum
- MPZ-PMF – Mineraloško-petrografski zavod Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
– Division of Mineralogy and Petrology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb

Literatura

References

1. A. Boetius de Boodt, Gemmarum et Lapidum Historia, Typis Wechelianis apud Claudium Marnium & heredes Ioannis Aubrii, Hanau, 1609., str. 328.
2. B. Radanović-Gužvica, Od zbirke do Muzeja: iz povijesti Mineraloško-petrografskog odjela Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb, 2009., str. 36.
3. B. Kranjčev, Školska zavičajna zbirka, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 1980., str. 112.
4. C. Palache, H. Berman, C. Frondel, The system of mineralogy. Vol. 1, 2, 3, John Wiley and sons, Inc., Chapman and Hall, Ltd., London.
5. F. Tučan, Opća mineralogija, Školska knjiga, Zagreb, 1951., str. 606.
6. F. Tučan, Specijalna mineralogija, Školska knjiga, Zagreb, 1957., str. 579.
7. V. Bermanec, Sistematska mineralogija – mineralogija nesilikata, Targa, Zagreb, 1999., str. 264.
8. D. Slovenec, V. Bermanec, Sistematska mineralogija – mineralogija silikata, Denona, Zagreb, 2003., str. 359.
9. D. Slovenec, Opća mineralogija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2011., str. 350.
10. URL: <https://www.ima-mineralogy.org/> (13. 1. 2017.).
11. URL: <http://www.mindat.org/> (13. 1. 2017.).
12. URL: <http://www.webmineral.com/> (13. 1. 2017.).

SUMMARY

Mineralogical Collections in Teaching

Andrea Čobić^a and Snježana Mikulčić Pavlaković^b

Mineralogical collections are specialized geological collections consisting of mineral samples. They can be of different type, and the number and diversity of samples depend primarily on the possibilities of the collector, *i.e.* availability of samples. Collecting of samples is a permanent process, which requires prior knowledge of the minerals to be collected, especially of their physical properties as the first features encountered on a sample. Mineral samples are collected in various ways, *i.e.* through field investigation, by purchase, exchange, or donations. If mineralogical collections are to be used in elementary or high school teaching, they can be smaller and consist of samples collected only in the schools' vicinity. Mineralogical collections for college education are usually more complex and are based on the crystal-chemical properties of the minerals. A brief introduction about forming a representative mineralogical collection, processing, maintaining, and utilizing it in teaching is given in this article.

Keywords

Mineralogical collections, teaching, mineral properties

^a *Faculty of Science, University of Zagreb,
Department of Geology, Division of
Mineralogy and Petrology, Horvatovac 95,
10 000 Zagreb, Croatia*

^b *Croatian Natural History Museum,
Department of Mineralogy and Petrography,
Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Croatia*

Professional paper
Received December 16, 2016
Accepted January 16, 2017