

KALCITONOSNA SLOVENIJA



Kalcitonosna Slovenija

Slovenijo v veliki meri prekrivajo karbonatne sedimentne kamnine. Med njimi prevladujeta apnec in dolomit. Od nastanka kamnine pa do izoblikovanja bolj ali manj popolnih kristalov kalcita oziroma dolomita je lahko preteklo več milijonov let. Kamnine so se namreč medtem pogreznile, razpokale, pogosto prelomile in se običajno tudi premaknile več kilometrov od kraja nastanka. Zaradi tektonskih procesov so nastale razpoke ali prostori, ki so bili ob povišani temperaturi in pritisku ter pod vplivom vodnih raztopin primerno mesto za nastanek in rast kristalov kalcita oziroma dolomita.

Temperatura in pritisk, sestava raztopin in drugi vzroki so narekovali nastanek in razvoj kristalov kalcita različnih oblik in habitusov. Kristali kalcita na ozemlju Slovenije so precej raznoliki, imajo pa nekatere oblikovne značilnosti, zaradi katerih jih razvrščamo v posamezne tipe. Predvsem so to skalenoodrski, strmoromboedrski in položnoromboedrski kristali. Med temi tipi pa so na določenem področju ali nahajališču možni tudi različni prehodi.

V poglavju Kalcitonosna Slovenija predstavljamo nekaj značilnih tipov kristalov kalcita iz delujočih in opuščenih kamnolomov. Posebno pozornost namenjamo tistim primerkom, ki so rastle v več generacijah oziroma v spremenljivih razmerah.

Običajno v posameznem geografskem prostoru najprej opišemo osrednje oziroma najpomembnejše najdišče, sledijo pa opisi najdišč v okolici. Mi smo se odločili za drugačno razvrstitev opisov in sicer od zahoda proti vzhodu in od severa proti jugu.

Poleg kalcita in dolomita so opisani tudi drugi minerali, ki jih najdemo v kamnolomih. Mineralna združba v kamnolomih seveda ni pestra, je pa vsekakor zanimiva. Najbolj pogosta spremljajoča minerala sta pirit in markazit. Zaradi oksidacijskih pogojev sta v kamnolomih običajno limonitizirana. Najdemo pa v teh razkritih nedrjih Zemlje tudi železovo bobovo rudo oziroma bobovec. Zato smo v ta sklop uvrstili še prispevek o tem pozabljenem bohinjskem zlatu.

Kalcit je glavni mineral kraškega podzemlja. Tako je prispevek o oblikah kalcita s Krasa smiselno uvrščen v to poglavje. V kraških jamah, redkeje pa v kamnolomih, so tudi kristali sadre. Poglavje sklene predstavitev kalcita v obliki lehnjaka. Kalcit v tem primeru sicer ni v obliki kristalov, ki bi jih lahko občudovali s prostim očesom, vendar je za naravoslovca in ljubitelja narave zanimivo opazovati, kako takorekoč pred našimi očmi nastaja kamnina in kako kalcit inkrustira vejice, liste in mah.

Kalcit je v Sloveniji nedvomno najpogostejši mineral in noben drug mineral na našem ozemlju ne zraste v tako velikih kristalih. Spoznajmo ga.

dr. Miha Jeršek

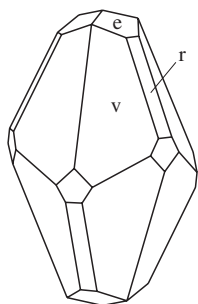
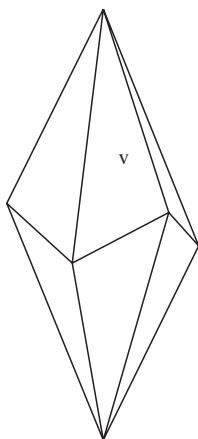


Kristali kalcita iz kamnolomov v okolici Kroke na Gorenjskem

Miha Jeršek, Peter Urbanija, Davorin Preisinger, Vili Rakovc, France Stare



Pogled na eno izmed etaž v kamnolomu Brezovica v hribu Peči leta 2003.
Foto: Miha Jeršek



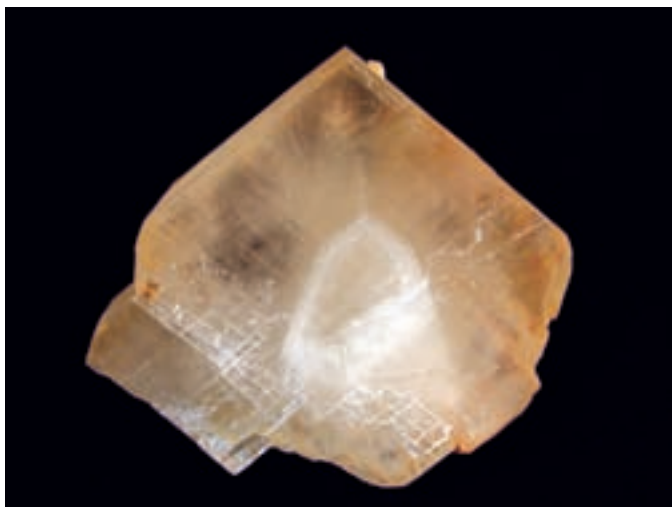
Kristali kalcita s prevladujočim skalenodrom $v\{211\}$ so redko ohranjeni. Tovrstni kristali imajo lahko razvite še kristalne ploskve likov $e\{012\}$, $f\{021\}$ in s s približnim indeksom $\{0.30.1\}$.
Risbi: Miha Jeršek

Na Gorenjskem, na obrobju Jelovice, se Lipniška dolina razteza od Podnarta do Lancovega. Dolina je znana predvsem po železarstvu, ki ima v Kropi bogato zgodovino. Naravna vrednota pa so tudi kristali kalcita, ki jih najlažje najdemo kar v kamnolomih.

Geološka sestava Lipniške doline in njene okolice je zelo raznolika. Po podatkih Osnovne geološke karte so najstarejše kamnine na površju na severnem, vzhodnem in južnem robu Jelovice ter na posameznih delih jeloviške planote. To so srednjetroasni vulkaniti anizijsko-ladinijske starosti. Po starosti jim sledijo zgornjetroasni dolomiti in apneneci Jeloviškega pokrova kot dela Južnih Alp. Iz njih je zgrajena planota Jelovice in ožji pas kamnin od Kamne Gorice do Brezovice. Omenjene kamnine so narinjene na sedimente Slovenskega jarka kot dela Notranjih Dinaridov

Na prostoru Lipniške doline so bili prav zaradi apnenca nekdanj aktivni štirje kamnolomi, medtem ko sta danes le še dva. Najpomembnejši je v hribu Peči, kjer je bil nekoč majhen vaški kamnolom, ki ga domačini imenujejo Brezoviški kamnolom.

Peči so hrib, visok 602 m, ki se vzpenja vzhodno od Kroke in predstavlja osameli kras s površino 0,8 km². Jamarji Društva za



Na preseku kalcitnih kristalov lahko opazimo, da so kristali kalcita rasli v več generacijah; 6 x 5 cm. Najdba in zbirka Davorina Preisingerja.
Foto: Miha Jeršek

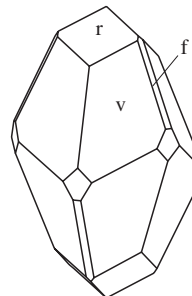
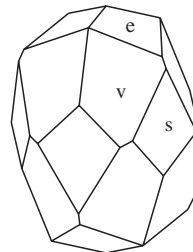
raziskovanje jam Kranj so pričeli z raziskovanjem na omenjenem področju leta 1975. Doslej so našli in evidentirali 49 jamskih objektov. Gostota vhodov v podzemne jame je torej kar 64 vhodov na kvadratni kilometer. Najdaljša in najgloblja kraška jama meri v globino 93 m, dolga pa je 362 m. Poleg geomorfoloških in kraških zanimivosti je območje Peči znano tudi po tem, da so v jamah našli kar šest vrst endemičnih jamskih hroščev.



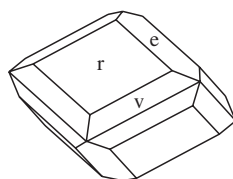
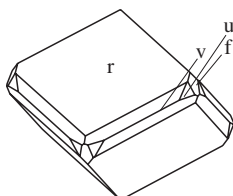
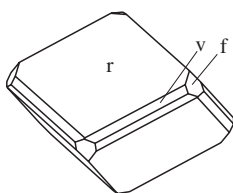
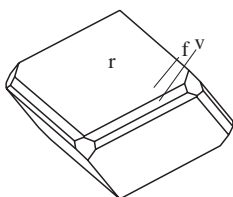
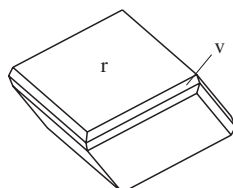
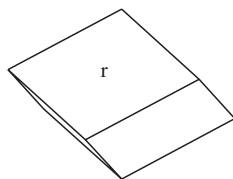
Značilni romboedrski kristali kalcita iz Peči s prevladujočim likom osnovnega romboedra r ; 26 x 11 cm. Najdba in zbirka Davorina Preisingerja.
Foto: Miha Jeršek



Kalcit iz Peči ima redko ohranjen skalenoedrski habitus s prevladujočim likom skalenoedra $v\{211\}$, saj jih običajno prerašča mlajša generacija; 5 x 7 cm. Takšni kristali imajo lahko vključke pirita zlatorumene barve. Najdba in zbirka Vilija Rakovca. Foto: Miha Jeršek



Kristali kalcita s prevladujočim skalenoedrom $v\{211\}$ imajo lahko razvite še kristalne ploskve likov $e\{012\}$, $f\{021\}$ in s s približnim indeksom $\{0.30.1\}$.
Risbi: Miha Jeršek



Kalciti s prevladujočimi kristalnimi ploskvami romboedra $r\{101\}$ so med najbolj značilnimi iz najdišča Peči pri Kropi na Gorenjskem. Risbe: Miha Jeršek

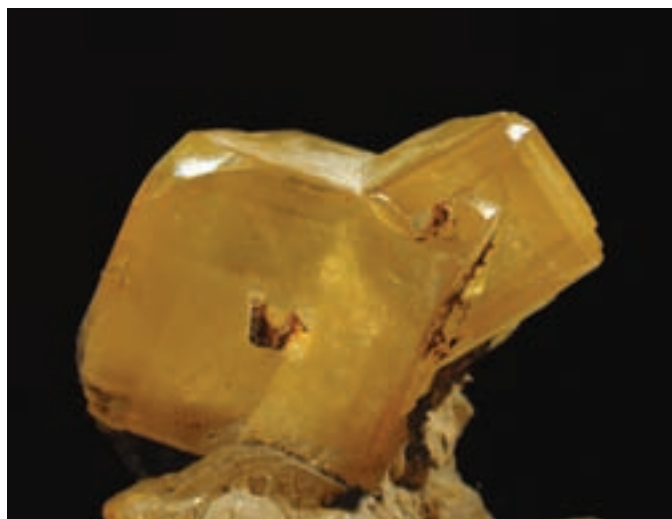


Med najbolj značilnimi so preprosti romboedrski kristali z razvitim likom osnovnega romboedra r . Ti so še posebno zanimivi, če izraščajo iz podlage, ki je posuta z drobnimi kristali kalcita; 3 x 2 cm. Najdba in zbirka Davorina Preisingerja. Foto: Miha Jeršek

V osrednjem delu Peči je kamnolom blokov apnenca za urejanje hudournikov in kamna za uporabo v gradbeništvu.

V nekaj desetletjih je kamnolom razkril razmeroma obsežen del pobočja. Najdbe kristalov kalcita so postale pogoste.

Kristali **kalcita** so predvsem v manjših razpokah ali geodah v približno 60 m širokem pasu okoli osrednje razpoke, ki se razteza preko vseh etaž.



Romboedrski kristali s prevladujočim likom osnovnega romboedra r so lahko kristali dvojčki; 5 x 3 cm. Najdba Vilija Rakovca, zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Miha Jeršek

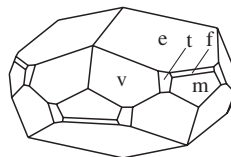
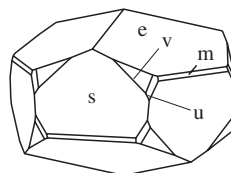
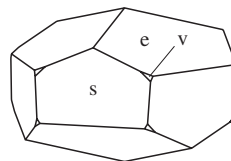
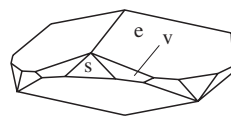
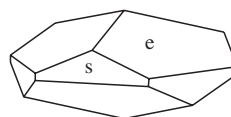


Starejšo generacijo kristalov kalcita z razvitim likom osnovnega romboedra *r* preraščajo kristali, pri katerih je prevladujoč negativni položni romboeder *e*; 5 x 3 cm. Najdba in zbirka Davorina Preisingerja. Foto: Ciril Mlinar

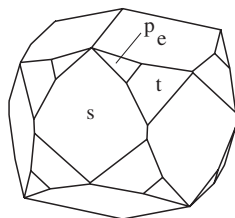
Že bežen pregled vzorcev nam razkriva, da so kristali nastajali vsaj v treh ali celo štirih generacijah. Najprej so nastali skalenoedrski kristali, veliki do 4 cm, brezbarvni do rahlo rjavkasti in motni, ki pa so razmeroma redki, saj jih prerašča naslednja generacija. Največkrat jih opazimo šele, če razkoljemo večje kristale. Generaciji loči tanka svetlejša plast kalcita, kar vidimo v preseku skalenoedrskih kristalov, lahko pa sta različni samo prosojnosti ene in druge generacije. Značilni so tudi številni drobni vključki zlatorumenega pirita.



Kontaktni bazalni dvojček kalcita s prevladujočim skalenoedrom *v*. To starejšo generacijo na vrhovih že obrašča mlajša generacija; 6 x 3 cm. Najdba in zbirka Davorina Preisingerja. Foto: Ciril Mlinar

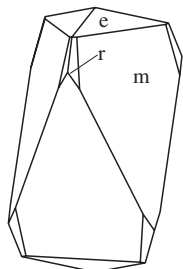
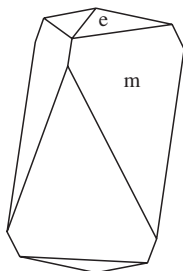


Kalcit s prevladujočimi kristalnimi ploskvami položnega negativnega romboedra $e\{012\}$.
Risbe: Miha Jeršek



Prehodni tip kristala kalcita, katerega posebnost so ploskve bipiramide p $\{111\}$.

Risba: Miha Jeršek



Kalcit s prevladujočimi kristalnimi ploskvami negativnega strmega romboedra m s približnim indeksom $\{041\}$ pripadajo kristalom tipa 4 in so nastali med zadnjimi. Pogosto jih najdemo v višjih delih kamnoloma. Risba: Miha Jeršek



Interpenetracijski dvojček kalcita; 5 x 3 cm. Najdba in zbirka Davorina Preisingerja. Foto: Ciril Mlinar

Druga generacija kalcita ima značilen romboedrski habitus z razvitim likom osnovnega pozitivnega romboedra. Po barvi ali ohranjenosti se ne razlikujejo bistveno od skalenoedrskih kristalov starejše generacije. Le redki so primerki, ki imajo ravne in razmeroma gladke ploskve z izrazitim sijajem. Značilno romboedrski kristali so veliki do 10 cm. Poleg osnovnega romboedra so včasih razvite še kristalne ploskve skalenoedra in zelo redko pinakoida. Poleg posameznih kristalov lahko najdemo tudi kristale dvojčke, ki so praviloma večji od samskih.

Tudi naslednja generacija kristalov kalcita ima romboedrski habitus. Zanj je značilen negativni položni romboeder. Popularno jih imenujemo *mercedesi*, saj po videzu spominjajo na Mercedesov zaščitni znak. Razlika v morfologiji je še posebno dobro opazna, kadar se preraščata generaciji z razvitimi različnimi liki romboedrov. *Mercedesi* imajo poleg značilnega romboedra razvite tudi kristalne ploskve skalenoedra, strmega romboedra in zelo redko bipiramide. Običajno so veliki do 2 cm, največji pa 5 cm v premeru. Še posebno zanimive so nekaj deset centimetrov velike votline v stenah kamnoloma, ki so dobesedno obdane z značilnimi romboedrskimi kristali tega tipa.

Med zadnjimi so nastali kristali z razvitimi kristalnimi ploskvami lika strmega romboedra. Ti so zelo pogosti predvsem v višjih etažah. Običajno so beli in na videz neprozorni, zelo redko pa brezbarvni in prozorni. Veliki so do 6 cm, posamezni skupki pa tudi do 20 cm in več.

Poleg kalcita najdemo tudi **bobovce** in **limonitiziran pirit**. V eni izmed kraških jam je pesek iz bobovca, granulacije od 0,6 do 0,8 mm. Posamezni kosi bobovca tehtajo tudi 2 kg in več, medtem ko dosežejo kristali pirita do 1 cm. Na nekaterih primerkih so še lepo ohranjene oblike prvotnih kristalov pirita

z razvitimi kristalnimi ploskvami kocke in oktaedra, na drugih kosih pa oblike kristalov komaj še prepoznamo. Limonitiziran pirit je lahko podlaga, na kateri so rasli predvsem skalenoedrski, pa tudi protasti in redkeje romboedrski kristali kalcita.

V bližini Krope, nedaleč od Kamne Gorice, so še trije kamnolomi s kristali kalcita. Prvi, Valentinov kamnolom, je ob poti iz Kamne Gorice proti še delujočemu kamnolomu. V njem smo v preteklosti našli posamezne razkolke. Njihova velikost je do nekaj centimetrov. So tako čisti, da jih lahko imenujemo tudi islandski dvolomci, saj je dvolomnost svetlobe jasna in izrazita. Tudi primerki z razvitimi strmimi romboedri nekoč niso bili redkost. Drugi, močno zaraščen opuščeni kamnolom, je Rokov kamnolom v bližini kopališča pri Kropi. V njem je bil najden piritiziran fosil, ki še ni določen. Največji in še vedno aktiven pa je v jugovzhodnem pobočju Jelovice pri Kamni Gorici. Tam kristale kalcita redko najdemo. Večinoma so v razpokah, zapolnjenih z ilovico, in močno korodirani. Prevladujejo »mercedesi«, medtem ko kristalov z drugačno morfologijo do sedaj nismo našli.

Kristali kalcita iz okolice Krope na Gorenjskem sodijo med najbolj raznolike kristale kalcita na Slovenskem. Morfološko so pestri, posebej še, ker so najdeni na razmeroma majhnem delu odkritega hriba v nekaj desetmetrskem pasu karbonatnih kamnin.

Literaturni viri:

- GRAD, K., L. FERJANČIČ, 1974: *Osnovna geološka karta SFRJ. List Kranj 1:10000*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- GRAD, K., L. FERJANČIČ, 1976: *Tolmač za Osnovno geološko karto SFRJ. List Kranj* (geologija, str. 30-32). Zvezni geološki zavod, Beograd.
- ZUPAN HAJNA, N., 1995: *Geološka podoba Lipniške doline* (geologija Lipniške doline, str. 30-36). Kroparski zbornik ob 100-letnici Plamena: 1894 – 1994. Tovarna vijakov Plamen, občina Radovljica, Kropa.
- SKABERNE, D., Š. GORIČAN, J. ČAR, J., 2003: *Kamnine in fosili (radiolariji) iz kamnoloma Kamna Gorica* (geologija okolice kamnoloma Kamna Gorica, str. 85-89). Vigenjc, let. 3, Kropa.
- JERŠEK, M. 2003: *Kalcit iz Peči pri Kropi* (morfologija kristalov kalcita iz kamnoloma Brezovica v Pečeh, str. 64-65). Vigenjc, let. 3, Kropa.



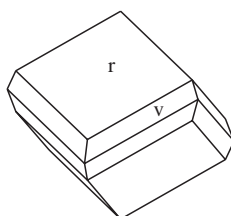
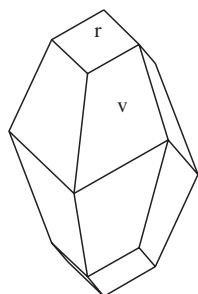
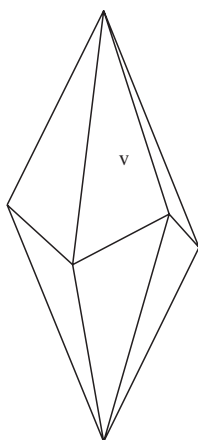
Romboedrski kristal ima tokrat razvite zelo strme like romboedra, zato jih uvrščamo v posebno skupino; 3 x 2 cm. Razmeroma pogosti so v vrhnjih delih aktivnega kamnoloma v Pečeh. Najdba in zbirka Vilija Rakovca. Foto: Ciril Mlinar



Kristal kalcita z razvitim likom strmega romboedra; 25 x 45 mm. Takšni kristali so nastali med zadnjimi. Najdba in zbirka Vilija Rakovca. Foto: Ciril Mlinar

Veliki kristali kalcita z Jelovice

Davorin Preisinger, Miha Jeršek



Skalenoedrski kristali kalcita z razvitimi kristalnimi liki skalenoedra $v\{221\}$ in romboedra $r\{101\}$.
Risbe: Miha Jeršek

Jelovica je visoka planota, ki se razprostira na nadmorski višini med 1.200 in 1.400 m. Na severu jo omejuje Sava Dolinka, ki jo je v geološki zgodovini ločila od še malo višje planote Pokljuke. Na jugovzhodni in južni strani ležita naselji Kropa in Dražgoše, njen severni konec pa se nadaljuje do Ratitovca (1678 m). Jelovica je del Krnskega pokrova, ki je lokalno poimenovan tudi Jeloviški pokrov, in pripada tektonski enoti Južnih Alp.

Kamnine, ki grade Jelovico, so nastajale v obdobju zgornjega triasa in spodnje jure, kar pomeni, da so stare približno 220 do 180 milijonov let. Med njimi prevladujeta plastnati svetlosivi do bel apnenec, ki ga imenujemo dachsteinski apnenec, in mikritni ter oolitni jurski apnenec. V 536 m globokem breznu pri Leški planini, ki so ga našli in raziskali člani Društva za raziskovanje jam Kranj, so ti skladi vidni prav do dna.

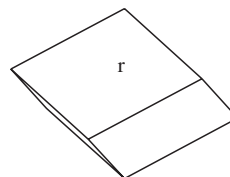
Na južnem pobočju Jelovice so kroparski rudarji kopali železovo rudo, imenovano **bobovec**. Pri tem so naleteli tudi na rove naravnih kraških jam, v katerih še danes najdemo kalcit. Na področju Jelovice je bilo do sedaj odkritih in raziskanih 148 jam. Prva raziskovanja segajo v drugo polovico 19. stoletja. Takrat so v Jamo pod Babjim zobom pričeli voditi turiste, ki so letovali na



Goran Schmidt leta 2003, nedaleč od mesta na Jelovici, kjer so kristali kalcita praktično na površini, izpostavljeni mehanskemu in kemijskemu preperevanju.
Foto: Miha Jeršek

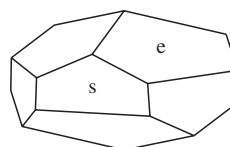


Kristali kalcita z razvitimi kristalnimi liki skalenoedra so veliki do 6 cm. Najdba in zbirka Vojka Pavčiča. Foto: Ciril Mlinar



Razmeroma redki so kristali kalcita, ki imajo razvite samo kristalne ploskve lika $r\{101\}$.

Risba: Miha Jeršek



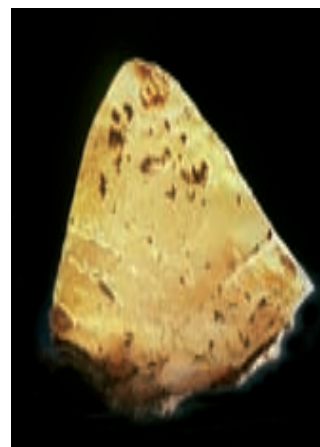
Romboedrski kristal kalcita z razvitimi kristalnimi ploskvami likov romboedra $r\{021\}$ in strmega romboedra s približnim indeksom $s \sim \{0.30.1\}$. Risba: Miha Jeršek

Bledu. Intenzivnejše raziskovanje jam na Jelovici se je pričelo po letu 1960 in traja še danes. Vseh 148 jam je narisanih in označenih v slovenskem katastru jam.

V kraških jamah na Jelovici bolj ali manj popolni kristali **kalcita** sestavljajo stene posameznih dvoran ter zapolnjujejo razpoke in druge odprtine v apnencu. Velika večina kristalov kalcita ima protasto teksturo. Med seboj se lahko žarkasto zraščajo v skupke kristalov metrskih dimenzij. Pogosto so precej napokani in zaradi delovanja vode korodirani. Večinoma so povsem beli, pa tudi rumeni ali rjavi zaradi delcev glin, ki je pogosta spremljevalka kraških jam. Na videz so povsem neprozorni, čeprav lahko na odlomljenih delih vidimo svež prelom kristalov z boljše ohranjenimi jedri. Na posameznih delih protasto razvitih kristalov lahko v njihovih vrhovih zasledimo razvite kristalne ploskve romboedrov. Takšni kristali imajo lahko premer tudi do 10 cm in več in so nedvomno največji do sedaj znani kristali kalcita v Sloveniji. V dolžino merijo tudi do 70 cm. A popolnejši kristali so seveda manjši. Najdemo jih lahko tik ob stiku apnenca s protastimi kalcitnimi kristali.

V jamah na Jelovici zelo redko najdemo čiste in povsem prozorne kristale z razvitim skalenoedrskim habitusom. Le izjemoma lahko že s prostim očesom opazimo, da so nastali v več generacijah. Poleg morfologije nam to dokazuje tudi obarvanost posameznih generacij kristalov, saj so v starejši generaciji sivi vključki, kar daje za kalcitove kristale ne ravno značilno sivo barvo. Mlajša generacija, ki prerašča starejšo, pa je brezbarvna. Za starejšo generacijo je značilen tudi skalenoedrski habitus, za mlajšo pa stromoromboedrski.

Na Jelovici nam tu in tam vsekana cesta včasih razkrije dele jam z velikimi kristali kalcita. Popolnih kristalov običajno ni,



Rumeno obarvan skalenoedrski kristal kalcita zažari v presewni svetlobi; 9 x 4 cm. Najdba Davorina Preisingerja, zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Ciril Mlinar



Strmoromboedrska in mlajša generacija kalcita popolnoma obrašča skalenodrsko kalcite starejše generacije; 45 x 25 mm. Najdba in zbirka Staneta Lamovška. Foto: Miha Jeršek

so pa dobro ohranjeni posamezni razkolki. Ker so dovolj čisti, lahko z njimi opazujemo dvolomnost. Zanimivi pa so seveda tudi zato, ker lahko dosežejo do 10 cm in več.

Nahajališča kalcita na Jelovici so nedvomno ena najbolj zanimivih in edinstvenih v Sloveniji. Ohranimo jih v naravi, saj so tam tudi najlepši.

Literaturni vir:

RAMOVŠ, A., 1972: *Geološki razvoj Selške doline*. Loški razgledi 19, str. 332-355, Škofja Loka.

Kalcit s Straže pri Bledu

Renato Vidrih, Vili Rakovc

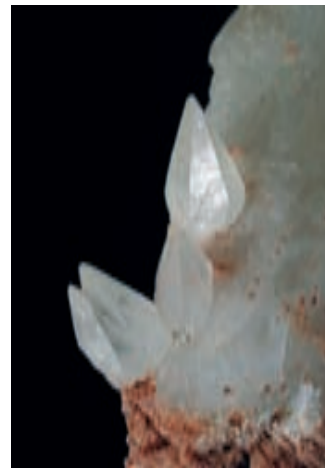


Pogled na neoschwagerinske apnence, v katerih lahko najdemo lepe skalenoodre kalcita. Foto: Renato Vidrih

Na Mlinem ob Blejskem jezeru zavijemo južno proti vasi Selo pri Bledu. Pred vasjo se severozahodno od ceste dviguje greben Straže (642 m), ki ga gradijo drobnozrnati masivni dolomiti anizijske starosti. Enako zgradbo ima tudi greben Dobre gore



Kalcit s skalenoodrskim habitusom; 64 x 53 mm. Najdba in zbirka Cveta Gašpirca. Foto: Miha Jeršek



Skalenoederski kristali kalcita; izrez 41 x 22 mm. Najdba in zbirka Mojce Vidmar. Foto: Miha Jeršek



Skupek skalenoeedrskih kristalov kalcita; 86 x 57 mm. Najdba in zbirka Cveta Gašpirca. Foto: Miha Jeršek

(620 m), ki leži jugovzhodno od Straže. Med dolomiti pa ob prelomih v smeri zahod severozahod-vzhod jugovzhod izdajajo grebenski neoschwagerinski apnenec in breče srednjeperske starosti, ki gradijo vrh Straže.

Kristale **kalcita** s Straže pri Bledu omenja že Wilhelm Voss in jih uvršča med najlepše na Kranjskem. Danes lahko najdemo lepe skalenoeudre v kamnolomu na južnem pobočju. Dostop do kamnoloma je enostaven, mnogo zahtevnejši je vzpon do navpičnih apnenčevih sten. Apnenec je masiven, sekajo pa ga številne manjše razpoke, v katerih lahko najdemo kristale. Posamezni kristali imajo zaključene terminalne ploskve na obeh straneh, več pa je tistih, ki imajo razvito le eno stran. Največji kristali dosegajo 10 cm. So večinoma rumenorjavnkasti zaradi primesi železovih oksidov, najdemo pa tudi povsem bele, motne kristale. Robovi med posameznimi ploskvami so gladki in ravni. Rastejo v skupkih, ki pa jih le težko dobimo iz razpok. Pogosto so večji kristali obraščeni z manjšimi. Z mnogo truda in ob slučajni ugodni legi na podlagi je mogoče dobiti skupke s premerom 30 cm in s kristali, velikimi do 10 cm.

Literaturni viri:

- Voss, W., 1895: *Die Mineralien des Herzogthums Krain*. Verlag von Ig. v. Kleinmayr & Fed. Bamberg, Laibach.
 VIDRIH, R., V. MIKUŽ, 1995: *Minerali na Slovenskem* (kalcit, str. 181, 183, 189-190). Tehniška založba, Ljubljana.
 VIDRIH, R., V. MIKUŽ, 1996: *Kalcit v Sloveniji* (kalcit, str. 9-19). Galerija Avsenik, Begunje.



Skalenoeederski kristali kalcita; izrez 35 x 25 mm. Najdba in zbirka Cveta Gašpirca. Foto: Miha Jeršek

Nahajališča bobovca v predgorju Julijskih Alp

Renato Vidrih, Uroš Herlec

Bobove in skorjaste limonitne železove rude so danes gospodarsko popolnoma nepomembne, v zgodovini pa ni bilo tako. Njihov nastanek je ponekod vezan na jezerske vode, ki so v mrzlih območjih bogate z O_2 . V močvirjih, ki obdajajo jezera, je okolje redukcijsko, brez prostega kisika. Tam je nemobilno trovalentno železo (Fe^{3+}) prešlo v reducirano dvovalentno železo (Fe^{2+}), iz katerega nato nastaja železov hidrogen-karbonat. Kjer se podtalnica izliva v jezersko vodo, ki je bogata s kisikom, se izloči kot železov hidroksid in nastanejo akumulacije železove rude. S postopnim skorjastim priraščanjem na zunanji površini nastanejo večinoma železovi pizoliti, veliki do 3 cm, pa tudi večje konkrecije. Ker je možnost za ohranitev jezerskih in močvirskih sedimentov in prvotnega nahajališča bobove železove rude razmeroma majhna, se **bobovci** zaradi erozije sedimentov nakopičijo kot netopen ostanek zakrasevanja v vrtačah in brezni.

Železova ruda nastaja tudi s psevdomorfozo preostankov železovih sulfidov (markazita in pirita) iz različnih prepe-revajočih sedimentnih kamnin. Pri oksidaciji preide žveplo iz preostankov pirita in markazita v karbonatnih kamninah v lahko topen sulfat, ki ga voda zlahka odnaša. Dvovalentno železo iz prejšnjega kristala preide v nemobilno trovalentno železo, ki se s kisikom in vodikom poveže v limonit. Limonit pravzaprav ni mineral, temveč je mešanica dveh mineralov: goethita in lepidokrokita, lahko tudi hematita.

Kristalne oblike predhodnega železovega sulfida ali tekstura s piritom in markazitom nadomeščene kamnine so pogosto zlahka opazne, kar je tudi bistvo psevdomorfoze (privzemanja lažne oblike) predhodnega minerala. Limonit, ki se pojavlja v gomoljih ali zaobljenih zrnih, so imenovali bobovec – zaradi podobnosti oblike z živalskimi bobki, ime pa se je ohranilo do danes.

Po Sloveniji je veliko limonita. Predvsem v kraškem svetu je med boksiti in *terro rosso* veliko bobovcev. Bobovca je tudi drugod po Sloveniji kar precej. Že Wilhelm Voss opisuje nahajališča v triasnih apnencih Jelovice, pri Železnikih, Selcih in Kropi, v dachsteinskem apnencu Štefanje gore pri Cerkljah in na Ratitovcu, v krednih skladih Kamnitnika pri Škofji Loki in jurskih skladih Kamniških Alp. Na Bohinjskem je bil mnogo časa glavna železova ruda, lepe bobovce najdemo v okolici Kroke, v kamnolomu Peči pri Kamni Gorici, če naštevamo le nahajališča v Julijskih Alpah in njihovem predgorju.



*Bobovec v osnovi iz kamnoloma Peči pri Kropi; večje zrno 20 mm. Najdba in zbirka Vilija Rakovca.
Foto: Marijan Grm*



Bobovci s premerom do 10 mm z Rudnega polja. Zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Ciril Mlinar

V naših krajih so nabirali bobovec in ga talili v železo že v predzgodovinski dobi. Bil je osnovna ruda za razvoj železarstva na območju Železnikov, Bohinja, Kroke in Kamne gorice. Bobovce Pokljuke in Jelovice v Triglavskem predgorju so nabirali kmetje, pozneje fužinarji, v kotanjah in vrtačah. Bobova ruda je bila iz manjših zrn oz. manjših konkrecij, velikih od lešnika do oreha, redkeje so našli večje kose. Vsebovali so med 30 in 50 mas. % železa. V posameznih vrtačah je bilo do 1 t rude, kar je pri takratni tehnologiji zadoščalo za pridobivanje železa. Konec 18. stoletja je nova tehnologija zahtevala bistveno večje količine bolj bogate rude, zato je tudi železarstvo v naših krajih zamrlo.

Bobovci so bili v rdečkasti limonitni ilovici in so vsebovali apnenčeve drobnice in zrna mlečnega kremenca. Največ bobovca je bilo odkopanega na Rudnem polju na Pokljuki, od koder so ga vozili v fužine na Savi. V bohinjskih bobovcih je 45 do 60 mas. % železa, 10 do 15 mas. % kalcijevega oksida, do 12 mas. % manganovega oksida, 10 mas. % kremenice in 3 mas. % vode.

Železarstvo v Bohinju se je začelo pred 2.600 leti z taljenjem železove rude v starejši železni dobi (halštat). V 1. stoletju pr. n. št. je bil Bohinj kot del kraljestva Norik vključen v železarsko trgovino z Rimom, zbirni center za noriško jeklo pa je bil Oglej.

Že v 7. stoletju pr. n. št. so začeli načrtno naseljevati Bohinj prav zaradi pridobivanja železa. Že zelo zgodaj so odkrili rudo – bobovec, iz katere so pridobivali železo in jeklo. Svoj vrhunec sta pridobivanje in predelava dosegla v poznoantični dobi in se znova obudila v času preseljevanja narodov v prostor Norika.



Bobovec iz kamnoloma Peči pri Kanni Gorici; 45 x 40 mm. Najdba in zbirka Vilija Rakovca. Foto: Ciril Mlinar



*Bobovec z Rudnega polja; premer največjega je 13 mm.
Zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Ciril Mlinar*

V 11. stoletju so nastali prvi večji železarski obrati. V starem, srednjem veku in v začetku novega so pridobivali železo na direktni, proti koncu 16. stoletja pa na indirektni način v breščanskih ali laških pečeh. To so bili začetki sodobnih postopkov. Konec 18. stoletja je prevzela fužine Zoisova družina in jih uspešno upravljala 130 let. Železarstvo v Bohinju je prekinil požar leta 1890.

Že v starejši železni dobi, po nekaterih zgodovinskih virih pa že prej, je nastala transportna povezava Bohinja z Mostom na Soči – preko gorskih prelazov čez Bačo in Suho – kjer železove rude ni bilo, a so železo nedvomno izjemno učinkovito obdelovali. Arheologi imenujejo to značilno in samosvojo tehnologijo in kulturo svetolucijska skupina – staro ime za Most na Soči je Sveta Lucija. Dokaze iz časa od starejše halštatske kulture do propada rimskega imperija v 5. stoletju n. št. so izkopali na Ajdovskem gradcu in v bližnji okolici ter na mnogih mestih v Soški dolini. Prazgodovinsko žlindro so našli na Ajdovskem gradcu, pa tudi na Gradišču pri Lepencah, na griču Dunaj pri Jereki, na Babni gori in Rudnici, kar dokazuje, da so bile tam nekdanje peči. V neposredni bližini so bila glavna nahajališča bobovca.

V starem veku so postopki pridobivanja železa obsegali pripravo goriva (les, oglje), pripravo rude (nabiranje, izkopavanje, praženje), pripravo materialov za peči (peščenjaki, glina, ilovica), izdelavo mehov za dovajanje zraka v peči in izdelavo talilnih peči ter kovaških ognjišč. Rudo, les za oglje in material za gradnjo peči so dobili doma v Bohinju. Iz peščenjakov so izdelovali notranje obloge talilnih peči. Sledilo je taljenje v starih pečeh na volka, čiščenje volka, odstranjevanje žlindre iz peči in kovanje volka v surovec ter nato v končni izdelek.



Limonitiziran pirit iz kamnoloma Brezovica v Pečeh pri Kropi; 50 x 40 mm. Najdba in zbirka Vilija Rakovca. Foto: Ciril Mlinar

Podoba starodavnega Bohinja kaže na dve veliki železnodobni in poznorimski središči s talilnicami železa, rudišči, naselbinami, grobovi, čuvajnicami in utrdkami: prva je bila na Ajdovskem gradcu, druga na Dunaju pri Jereki. Številne dokaze (ostanki peči, žindra, stari volki ...) hrani avtor knjige *Pozabljeno bohinjsko zlato* Ivo Janez Cundrič na svojem domu v Bohinjski Bistrici. V novem veku so bili prisiljeni iskati rudo na širšem območju Julijcev in Jelovice. Ruda je bila večinoma v kotanjah in brezni. Večinoma so bobovec skupaj z limonitnimi psevdomorfozami železovih sulfidov kopali v dnevnih kopih, med katerimi so bili največji v Rudni dolina in na Rudnem polju. Ko so odstranili zgornje plasti, so odkopano mesto ogradili s kamenjem in pustili, da je rudo spral dež, čez zimo pa so jo odvažali. Na rudarjenje danes kažejo izkopi lijakastih oblik vsepovsod po Pokljuki, Jelovici in drugod.

Najgloblje, do globine 250 m, so rudarili v Krašci pri Gorjušah, ki so bile glavni revir za bistriške fužine. Kopali so v ozkih jaških, mnogo zahtevnejše kot na Rudnem polju. Leta 1777 je rudo kopalo 45 delavcev. Kopač je imel pri spuščanju v ozke jaške vrv ovito okoli roke in okoli kolena, držati pa je moral še svečo. Uporabljali so krampe in priostrena kladiva, nabrano rudo pa so na površje zvelkli v posodah.

Bobovec je tesno povezan z znamenitim Slovencem, baronom Sigmundom (Žigo) Zoisom, ki je bil lastnik fužin, naravoslovec, mineralog, zbiralec mineralov ... V njegovi mineraloški zbirki v Prirodoslovnem muzeju Slovenije je tudi nekaj zanimivih primerkov bobovca.

Literaturni viri:

- Voss, W., 1895: *Die Mineralien des Herzogthums Krain*. Verlag von Ig. v. Kleinmayr & Fed. Bamberg, Laibach.
- DROVENIK, M., 1984: *Nahajališča mineralnih surovin* (rudišča bobovih in skorjastih železovih rud, str. 243-244). Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, VTO Montanistika, Ljubljana.
- VIDRIH, R., V. MIKUŽ, 1995: *Minerali na Slovenskem* (limonit, str. 171-174). Tehniška založba, Ljubljana.
- CUNDRIČ, I. J., 2002: *Pozabljeno bohinjsko zlato*. Zbirka Gorenjski kraji in ljudje, št. 21, Gorenjski muzej Kranj. Založba Cerdonis, Slovenj Gradec.
- VIDRIH, R., 2004: *Taljenje železove rude v Bohinju*. Življenje in tehnika, februar 2004, str. 54-66. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.

Dolomit in kalcit iz Hotovelj

Renato Vidrih, Vili Rakovc, Miha Jeršek

V Poljanah nad Škofjo Loko zavijemo levo v vasico Hotovlja, nato pa po nekaj sto metrih poti na levem bregu potoka zagledamo kamnolom, ki ga uporabljajo le občasno. V kamnolomu pridobivajo svetlosiv debelozrnat sparitni dolomit zgornjeladinski starosti. Dinarski prelom, ki je ustvaril lepe tektonske drse, seka kamnolom v smeri severozahod-jugovzhod. Smeri razpok, v katerih najdemo kristale, so enake smerem preloma.

Debelozrnat sparitni dolomit s satasto strukturo leži v tektonsko poškodovanih plasteh. Med njimi, predvsem pa v severozahodnem delu kamnoloma, so vrinjeni apnenci. Menjavanje apnenca in dolomita je po vsej verjetnosti posledica prelomov. V razpokah, prečno na smer plasti, najdemo posamezna gnezda kristalov dolomita in kalcita.

Najlepši kristali **dolomita** so v jugovzhodnem delu kamnoloma. Prevladujejo romboedrski kristali povprečne velikosti do 3 mm. Ponekod imajo dolomitovi kristali izrazito sedlaste oblike. Večinoma so svetlosivi, redkeje beli. Zanimivo je, kako pogosti so – praktično v vsakem kosu kamnine so votlinice z dolomitovimi kristali.

Na severozahodni strani kamnoloma lahko v razpokah v apnencu najdemo bolj ali manj popolne kristale **kalcita**. So strmoromboedrski, neprozorni do prosojni in veliki do 3 cm.



Pogled na severozahodni del kamnoloma, kje lahko med apnenci najdemo lepe strmoromboedrske kristale kalcita, velike več centimetrov. Foto: Renato Vidrih



Pogled na jugovzhodni del kamnoloma, kjer prevladuje dolomit z lepo razvitimi kristali. Foto: Renato Vidrih



Skupek drobnih, do 1 cm velikih kristalov kalcita. Najdba in zbirka Vilija Rakovca. Foto: Ciril Mlinar



Položni romboedri na vrhovih strmoromboedrskih kristalov kalcita; 35 x 35 mm. Najdba in zbirka Vilija Rakovca. Foto: Ciril Mlinar



Sedlasto razvit dolomit; 3 x 2 cm. Najdba in zbirka Vilija Rakovca. Foto: Ciril Mlinar

Njihova glavna značilnost je, da se menjavata dva lika romboedra, kar daje kristalom značilno progavost. Kadar na kalcitu izrazito prevladujejo strmi romboedri, so kristali kalcita videti bolj ošiljeni. Vrhove kristalov zaključujejo položni romboedri.

Ponekod lahko s prostim očesom opazimo drobne, tu sveže, tam limonitizirane kristale **pirita**, ki pa ne presegajo 1 mm. Zaradi oksidacijskih procesov je zato pogost tudi **limonit**, ki pa je vedno samo v tankih prevlekah na karbonatni podlagi. **Manganovi dendriti** dopolnjujejo raznovrstnost mineralov v kamnolomu.

Kljub temu, da kristali dolomita niti barvno, niti po velikosti in obliki ne bodejo v oči, je kamnolom južno od vasi Hotovlja eno najbogatejših in s tem pomembnejših nahajališč dolomitovih kristalov v Sloveniji.

Naj omenimo še nekaj nahajališč **dolomitovih** kristalov na širšem območju: v kamnolomu ob cesti na Črni vrh pri Polhovem Gradcu, blizu meje z rdečimi permskimi peščenjaki; v manjših opuščeni kamnolomih na Grmadi; na zahodnem pobočju Križne gore pri Škofji Loki. Tu lahko poleg majhnih dolomitovih kristalov najdemo tudi drobne kristale kremenca.

Literaturni viri:

- GRAD, K., L. FERJANČIČ, 1974: *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Kranj*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- VIDRIH, R., V. MIKUŽ, 1995: *Minerali na Slovenskem* (kalcit, str. 181, 183, 189-190). Tehniška založba, Ljubljana.
- VIDRIH, R., V. MIKUŽ, 1996: *Kalcit v Sloveniji* (kalcit str. 9-19). Galerija Avsenik, Begunje.



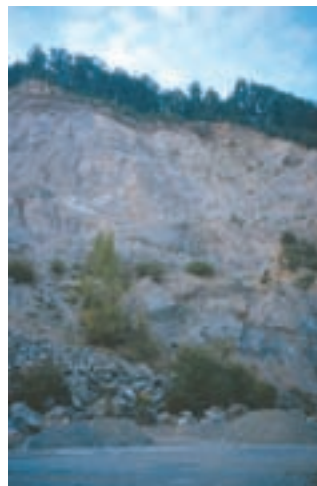
Strmoromboedrski kristali kalcita so razviti na apnencu; 8 x 5 cm. Najdba in zbirka Vilija Rakovca. Foto: Ciril Mlinar

Kalcit iz kamnoloma Hrastenice

Matija Križnar, Damjan Zupančič, Miha Jeršek

Vas Hrastenice leži ob regionalni cesti Ljubljana – Polhov Gradec. Na zahodnem koncu vasi se na severni strani odpira velik kamnolom, ki ga najbolj poznajo zbiralci fosilov in paleontologi kot nahajališče srednjetroasni (anizijskih) amonitov in drugih okamnin. Velikost kamnoloma priča, da je verjetno obratoval več desetletij. V prvih raziskovanjih sredi devetdesetih let preteklega stoletja smo našli nekaj zanimivih kristalov kalcita in seveda fosilov, kar je bil povod za intenzivnejše iskanje.

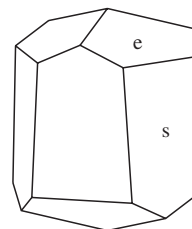
Najstarejši so spodnjetroasni (skitski) apnenčevi peščenjaki in laporovci, ki jih najdemo na zahodni strani kamnoloma. V največjem obsegu je razgaljen svetlo- do temnosiv srednjetroasni (anizijski) dolomit, ki zgoraj preide v rumeni laporni dolomit in laporni apnenec. Nad njim ležijo rdečkasti srednjetroasni (anizij, ilirska podstopnja) apneneci z bogato amonitno favno, laporovci, meljevci, peščenjaki in konglomerat. V zgornjem delu kamnoloma so sivi apnenec, dolomitizirani apnenec in dolomit (zgornje-anizijske starosti), kjer je verjetno tudi primarno mesto spodaj ležečih blokov, v katerih so bili kristali kalcita.



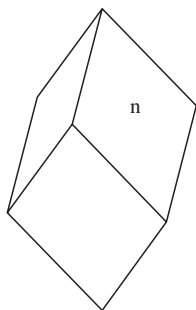
Kamnolom Hrastenice leta 2000.
Foto: Matija Križnar



Posamezni kristali kalcita iz kamnoloma Hrastenice so le redko razviti v kristalih, ki jih lahko občudujemo že s prostim očesom. Kristal kalcita na posnetku je visok 12 mm. Najdba in zbirka Franceta Stareta.
Foto: Miha Jeršek



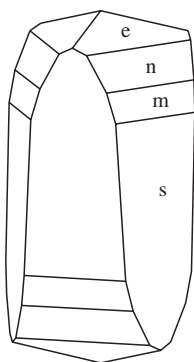
Najpogostejši kristali kalcita iz Hrastenice imajo razvite negativne strme romboedre s s približnim indeksom $\{0.30.1\}$ in negativne položne romboedre $e\{012\}$.
Risba: Miha Jeršek



Vrhovi protastih kristalov kalcita iz Hrastenice imajo razvite negativne strme romboedre $n\{021\}$.
Risba: Miha Jeršek



Prozorni kristali kalcita s prevladujočimi strmimi romboedri so v lepem kontrastu z rdečkastim apnencem. Kristali kalcita so visoki do 10 mm. Najdba in zbirka Franceta Stareta. Foto: Miha Jeršek



Strmoromboedrski kristali kalcita imajo lahko poleg negativnih strmih romboedrov s s približnim indeksom $\{0.30.1\}$ še negativna strma romboedra $m\{041\}$ in $n\{021\}$ ter na vrhu negativne položne romboedre $e\{012\}$. Risba: Miha Jeršek

Mineraloško je kamnolom siromašen, najti je mogoče le kristale kalcita in redko dolomita, ki zapolnjujejo večje ali manjše razpoke v kamnini. **Kalcit** najdemo v drobnih razpokah ali geodah v apnencu ali pa preprosto zapolnjuje zakrasele dele kamnine. Ponekod so kristali kalcita dobesedno vezivo v zelo razpokani in tektonsko porušeni kamnini. Najpogostejši so kristali z razvitimi strmimi romboedri. Običajno so brezbarvni, beli ali rumenorjavkasti. Veliki so do 1 cm. Na nekaterih primerkih se menjavajo negativni položni romboeder z negativnim strmim romboedrom. Redkejši so kalciti v večjih kraško razširjenih tektonskih razpokah, so pa veliki do 8 cm, skupki celo do 30 cm v premeru. V tankih razpokah skitskih in anizijskih kamnin je mogoče najti tudi vedno zanimive **manganove dendrite**.

Kamnolom Hrastenice je predvsem zaradi izjemne paleontološke dediščine (bogato nahajališče anizijskih glavonožcev v Sloveniji) in manj zaradi kristalov kalcita pomembna naravna vrednota v tem delu Slovenije.

Literaturna vira:

- PETEK, T., 1997: *Skitske in anizijske plasti v kamnolomu pri Hrastenicih in pomembne najdbe zgornjeanizijskih fosilov* (geologija, stratigrafija in paleontologija kamnoloma Hrastenice, str. 119-151). Geologija, knjiga 40, Ljubljana.
- KRIŽNAR, M., 1999: *Glavonožci Škofjeloškega in Polhograjskega hribovja* (srednjetriasni amoniti, str. 1-12). Katalog razstave, Društvo Loški kremen, Škofja Loka.



Kristali kalcita z negativnim položnim romboerom $e\{012\}$ so razmeroma pogosti, vendar podobno kot drugi tipi kristalov kalcita v Hrastenicih razmeroma slabo ohranjeni.
Risba: Miha Jeršek

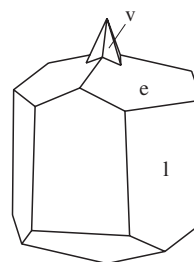
Kalcit iz kamnoloma Povodje

Jure Žalohar, Miha Jeršek

Opuščeni kamnolom apnenca Povodje je na obrobju Ljubljanske kotline, med Gameljnami in Skaručno, v zahodnem pobočju hriba Mali vrh (483 m). V južnem in osrednjem delu kamnoloma je viden triasni tankoplastnat do masiven apnenec. Tam, kjer je apnenec tankoplastnat, se izmenjujejo plasti sivega apnenca in rjavkastega laporastega apnenca. V severnem delu kamnoloma so razkrite kamnine kredne starosti v zaporedju: rjav tankoplastnat laporovec, rjav drobno- do debelozrnat peščenjak, peščen kalkarenitni in kalkruditni apnenec z rudistnimi školjkami ter breča in konglomerat. Plasti triasnega apnenca in krednih kamnin vpadajo v povprečju pod kotom 50° proti severozahodu.

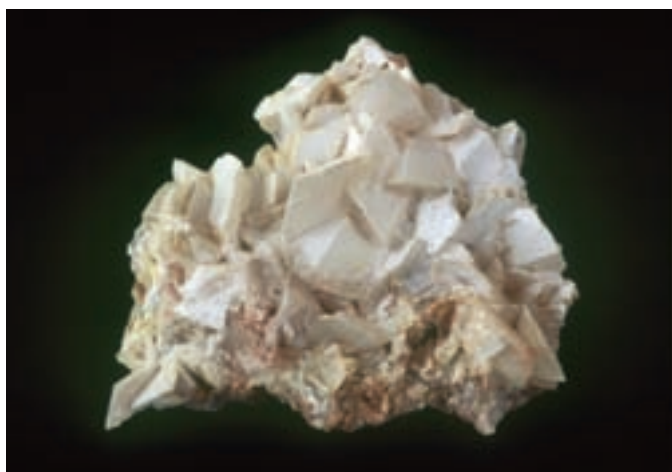
V osrednjem delu kamnoloma je vidna do 30 m široka prelomna cona, v katero so vgneten večji (do 30 m) in manjši bloki naštetih kamnin. V najvišjem delu kamnoloma je v tem delu tudi konglomerat z rdečkastim limonitiziranim vezivom. Prodniki in bloki v konglomeratu so veliki do 0,5 m. Ta konglomerat, ki je pogost v širši okolici, se razlikuje od vseh ostalih kamnin v kamnolomu in je najverjetneje oligocenske starosti. Velikost izdanka oligocenskih kamnin v kamnolomu je najmanj 15 m.

Kamnine so v osrednjem delu precej razlomljene in razpokane ter z večjimi prelomi ločene v posamezne bloke. Številne večje in



Redki so skalenoedrski kristali kalcita starejše generacije z razvitimi skalenoedri $v\{211\}$, preraščeni s strmoromboedrskimi kristali kalcita mlajše generacije, ki imajo razvite romboedre $e\{012\}$ in l s približnim indeksom $\{0.30.1\}$.

Risba: Miha Jeršek



Kristali kalcita z razvitimi negativnimi položnimi romboedri; 8 x 4 cm. Najdba in zbirka Jureta Žaloharja. Foto: Ciril Mlinar



V kamnolomu Povodje najdemo kalcit s ploskvami negativnega položnega romboedra $e\{012\}$.

Risba: Miha Jeršek

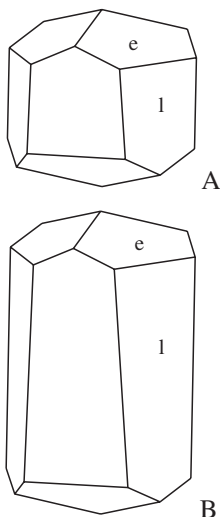
manjše prelome (dolge do nekaj 10 m) in razpoke lahko vidimo tudi drugod v kamnolomu; ob prelomnih ploskvah so pogosto polne kristalov **kalcita**. V južnem delu kamnoloma prevladujejo kristali s ploskvami položnega romboedra. Običajno so brezbarvni in veliki do 1 cm. Čiste kristale z gladkimi ploskvami najdemo v rožnatem apnencu, ki je v bližini osrednje prelomne cone in je zato strukturno precej neenovit.

V severnem in osrednjem delu kamnoloma prevladujejo kristali kalcita z razvitimi ploskvami strmega romboedra. Večji bloki kamnin so lahko dobesedno prepredeni s kalcitnimi žilami, debelimi tudi do 5 cm. Do sedaj najdeni kristali merijo do 1 cm v dolžino. Posamezna gnezda so velika do 20 x 20 cm. Kristali so na površini korodirani zaradi delovanja atmosferilij in zmrzali. Zelo redko najdemo skalenoedrske kristale, ki pa so običajno povsem preraščeni s strmoromboedrkimi. Če to obraščanje ni popolno, lahko na vrhovih kristalov opazimo skalenoedrske terminacije kristalov starejše generacije.

Na osnovi zaporedja preraščanja lahko ugotovimo, da so se najprej razvili skalenoedrski kristali, potem pa strmoromboedrski; nazadnje so nastali položnoromboedrski.

V kamnolomu Povodje najdemo tudi **pirit**, ki je v krednem konglomeratu in je večinoma limonitiziran. Našli smo do 1 cm velike kuboektaedrske kristale pirita. Dela v kamnolomu so razkrila tudi zakrasele triasne apnence, kjer lahko najdemo posamezne odlomke sig in kapnikov.

Glede na dobro odkritost kamnin in na številčnost prelomov, razpok in gub smo raziskali, kakšnim kinematskim (deformacijskim) fazam pripadajo prelomi, razpoke in gube. Z natančnimi mikrotektonskimi meritvami smo želeli ugotoviti, ali



Kristali kalcita iz Povodja so tudi kombinacija strmega pozitivnega romboedra **l** (s približnim indeksom {0.30.1}) in položnega negativnega romboedra **e**{021}. Takšni kristali imajo lahko razvite nizke (A) ali visoke strme romboedre (B).
Risbi: Miha Jeršek



Pseudomorfoza železovih oksidov po kuboektaedrskih kristalih pirita iz Povodja; premer največjega kristala je 1 cm. Najdba in zbirka Mirjana Žorža.
Foto: Ciril Mlinar



Ekstenzijske kalcitne žile v krednem peščenjaku v skrajnem severnem delu kamnoloma. Dolžina razpok je od manj kot 5 cm do približno 1 m.

Foto: Jure Žalohar

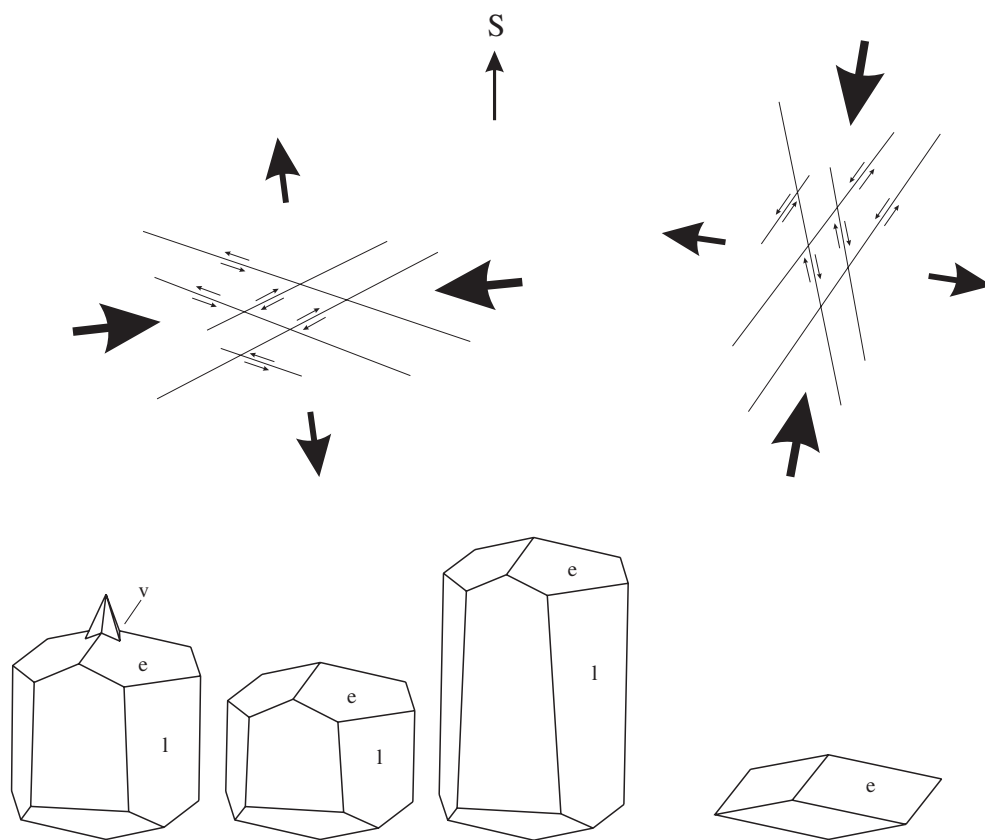
so različni tipi kristalov kalcita nastali v različnih kinematskih (deformacijskih) fazah ali pa so morda nastali v isti fazi, v kateri pa so se spremenile razmere za rast kristalov. Izmerili smo orientacijo 94 prelomnih ploskev in smeri premikov ob njih, orientacijo številnih razpok in osi gub. Številčnost prelomov je omogočila podrobno kinematsko-napetostno analizo, pri kateri smo smeri premika ob prelomih povezali s smerjo napetosti v zemeljski skorji in s smerjo maksimalnega krčenja in raztezanja ozemlja.

Prelomi v kamnolomu Povodje kažejo na najmanj dve deformacijski (kinematski) fazi. Prelomi prve kinematske faze so v severnem in osrednjem delu kamnoloma. V osrednjem delu pripada tej fazi večina največjih prelomov v kamnolomu. Prelomi so povezani s krčenjem prostora v smeri približno zahod-vzhod do zahod jugozahod-vzhod severovzhod. Prvotno zmični prelomi s smerjo severozahod-jugozahod imajo danes smer približno zahod-vzhod. V južnem delu kamnoloma pa v triasnem apnencu nismo našli prelomov, ki bi zanesljivo bili iz prve kinematske faze. Absolutna starost prve kinematske faze je vprašljiva. Premiki ob teh prelomih so se zgodili v času, ko so bile plasti v horizontalni oziroma subhorizontalni legi. Prelomi so namreč večinoma pravokotni na plastnatost, smer premika ob njih pa je v ravnini plastnatosti.

Večina prelomov pripada drugi kinematski fazi. Prelome te faze sicer najdemo v vsem kamnolomu, vendar so v triasnem apnencu mnogo bolj pogosti kot v krednih plasteh. Kažejo na krčenje prostora v smeri sever-jug do severovzhod-jugozahod. Podobno kot pri prvi kinematski fazi je tudi absolutna starost deformacij druge kinematske faze neznana. Do premikov ob prelomih v tej fazi je prišlo v času, ko so bile plasti že nagnjene v današnjo lego, zaradi česar sklepamo, da so to najmlajše deformacije v kamnolomu.

Podrobna kinematsko-napetostna analiza prelomov nam torej omogoča, da prelome razdelimo v skupine, ki pripadajo različnim kinematskim fazam. V naslednjem koraku poskušamo ugotoviti, s katerimi kinematskimi fazami je povezana rast določenih tipov kristalov kalcita.

Skalenoedrski in strmoromboedrski kristali kalcita so nastajali v prvi kinematski fazi, saj so praviloma v skoraj vseh razpokah in v špranjah ob prelomnih ploskvah te faze. V triasnem apnencu so ti kristali le v bližini osrednjega prelomnega dela prve kinematske faze. V južnem delu kamnoloma kristalov tega tipa nismo našli. Prav tako pa tam nismo našli prelomov, ki bi jih zanesljivo povezali s prvo kinematsko fazo.



(A) Prva kinematska faza in tipi kristalov kalcita, ki so nastajali v tej fazi.

(B) Druga kinematska faza in tip kristalov kalcita, ki so nastajali v tej fazi.

Ugotovljeni kinematski fazi na ozemlju kamnoloma Povodje in tipi kristalov kalcita, ki so nastajali v teh fazah. Večje puščice predstavljajo smeri krčenja oziroma raztezanja ozemlja. Kristali kalcita iz Povodja so kombinacija strmega pozitivnega romboedra **l** (s približnim indeksom $\{0.30.1\}$) in položnega negativnega romboedra **e** $\{012\}$.

Risba: Jure Žalohar

Kristale z razvitimi ploskvami negativnega položnega romboedra smo našli le v triasnem apnencu. So v tanjših ali debelejših (največ do 0,5 m) kataklazitnih conah, v številnih razpokah, zelo pogosto pa preraščajo prelomne ploskve, ki pripadajo drugi kinematski fazi. Kristali položnega romboedra so torej enako stari ali mlajši kot prelomi druge faze. V osrednjem delu kamnoloma (v osrednji prelomni coni) so na eni izmed največjih prelomnih ploskev vidni številni strmoromboedrski kristali, ki pa so močno poškodovani, zdrsani zaradi sistema drs iz druge kinematske faze; te kristale preraščajo položnoromboedrski. Tudi na mnogih drugih prelomnih ploskvah te faze smo našli zglajene kalcitne površine z močno poškodovanimi in zdrsanimi skalenoedrskimi in strmoromboedrskimi kristali. Številne prelomne ploskve, ob katerih je do premikov nazadnje prišlo v drugi kinematski fazi, so očitno obstajale že v prvi fazi, ko so jih ponekod prerasli skalenoedrski in strmoromboedrski kristali. V drugi fazi pa so bili nekateri prelomi reaktivirani, zato lahko na njih najdemo vse tri tipe kristalov kalcita.

Na osnovi kinematsko-napetostne analize prelomov v kamnolomu Povodje ter na podlagi morfoloških analiz kristalov kalcita torej ugotavljamo, da skalenoedrski in strmoromboedrski ter položnoromboedrski kristali niso nastajali v isti fazi deformacij (kinematski fazi). Skalenoedrski in strmoromboedrski kristali so nastajali v prvi, položnoromboedrski kristali pa v drugi kinematski fazi, v času najmlajših deformacij kamnin v kamnolomu.

Literaturni viri:

- BORENOVIČ, T., 1981: *Biostratigrafska sestava prodnikov oligocenskega konglomerata na Rašici* (geološka zgradba ozemlja v okolici Rašice, razširjenost in sestava oligocenskega konglomerata). Diplomsko delo, 57 str. Univerza v Ljubljani, Ljubljana.
- PREMRU, U., 1983: *Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100000, list Ljubljana*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- JERŠE, L., 1990: *Elaborat o kategorizaciji, klasifikaciji in izračunu zalog tehničnega gradbenega kamna – apnenca v kamnolomu Povodje* (geologija, str. 2-4). Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana.
- PLACER, L., 1999: *Strukturni pomen Posavskih gub* (tektonska zgradba Posavskih gub, stratigrafski pregled, poimenovanje terciarnih formacij v Zasavju, str. 191-221). Geologija, knjiga 41, Ljubljana.
- ŽALOHAR, J., 2001: *Analiza in ločevanje tektonskih faz* (kinematska analiza prelomov in rekonstrukcija paleonapetosti v zemeljski skorji). Diplomsko delo, 37 str. Univerza v Ljubljani, Ljubljana.

Kalcit in markazit iz kamnoloma Velika Pirešica

Miha Jeršek, Mirjan Žorž, Vili Podgoršek, Vili Rakovc, Franc Pajtler



Pogled na del kamnoloma Velika Pirešica leta 2003.
Foto: Miha Jeršek



Kristali kalcita z razvitimi ploskvami skalenoedra $v\{211\}$ so lahko prekriti s tanko prevleko sekundarnih železovih mineralov; največji kristal 12×7 mm. Zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Ciril Mlinar

Kamnolom leži severozahodno od Celja v južnem grebenu hriba Lesje (503 m) na levem bregu potoka Pirešica ob cesti Arja Vas – Velenje.

Območje Velike Pirešice je najvzhodnejši podaljšek Krnskega pokrova kot dela Južnih Alp, narinjen na severno krilo celjske sinklinale, ki je del tektonske enote Posavskih gub. V kamnolomu prevladujejo sorazmerno čisti, sivi, mikritni, trdni, neizrazito plastnati in delno razpokani zgornjetriasni apneneci. Ponekod prehajajo v dolomitiziran apnenec z vložki apnenčevodolomitne breče. Severovzhodno od kamnolomu se Pireški prelom stika s svetlim zgornjetriasnim dolomitom.

Kamnolom je razkril razmeroma veliko področje, ki ga v enem dnevu že težko prehodimo. Prelomi in razpoke so številni, zato je tudi možnosti za najdbo kristalov kalcita veliko. V prvih letih so zbiralci našli precej lepih primerkov, v zadnjem času pa so dobre najdbe redkeje. Razloga sta vsaj dva: prvi je nov način proizvodnje, kajti včasih so odlomljeni kamninski bloki, na in v katerih je bilo mogoče najti kristale, dalj časa ležali v kamnolomu, medtem ko zdaj nakopani material takoj zdrobijo in odpeljejo; drugi razlog pa so vse številnejši obiski zbiralcev. Kljub temu pa je pireški kamnolom lokacija, kjer še vedno brez težav dobimo vzorec za svojo zbirko in ki slovi po pestrosti kristalnih oblik kalcita.

Najbolj značilni kristali **kalcita** iz Velike Pirešice so omejeni s ploskvami skalenoedra. Običajno so rumenorjavi, redkeje povsem brezbarvni. Običajno so veliki do 3 cm in le redkeje do 5 cm v višino. Posamezni skupki lahko dosežejo izjemno velikost. Pred zgradbo uprave kamnoloma je nekajmetrski blok apnenca, prekrit z do 2 cm velikimi kristali. Zaenkrat je to največji znani primerek kalcitnih kristalov v Sloveniji, ki je ohranjen *in situ*. Na žalost so kristali zaradi zunanjih dejavnikov, predvsem zmrzali, že precej poškodovani.

Poleg samskih skalenoedrov najdemo tudi kristale dvojčke. Bazalni dvojčki so razmeroma pogosti, medtem ko so dvojčki, ki imajo dvojčično ravnino (012), redkejši. Kadar skalenoedrske kristale prekriva tanka plast železovih hidroksidov, so rjavi ali pa močno rumeni; dobro ohranjeni so prava paša za oči. Posamezne skupke so našli v večjih kavernah, ki so bile zapolnjene s peščenim sedimentom in ilovico. Ostanki sedimenta poudarjajo kontrast med kristali in podlago. Redki so primeri, ko



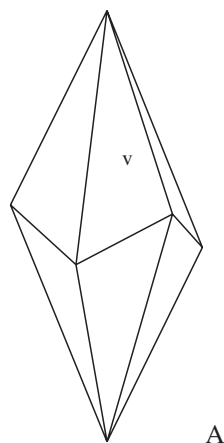
Skupki skalenodrskih kristalov kalcita lahko sestavljajo zanimive oblike; 45 x 55 mm. Najdba in zbirka Zmaga Žorža. Foto: Ciril Mlinar

na skalenodrskih kristalih najdemo črne prevleke manganovih oksidov, največkrat v obliki dendritov.

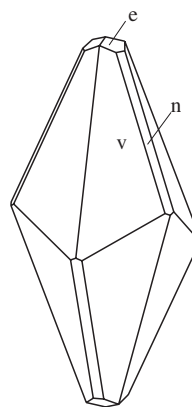
V prvih letih obiskovanja kamnoloma sredi devetdesetih let prejšnjega stoletja sta V. Podgoršek in F. Pajtler našla kalcit z razvitimi kristalnimi ploskvami položnega romboedra. Kristali so preprosti, saj imajo razvite le kristalne ploskve položnega romboedra in so podobni tistim iz kamnoloma Liboje. Imajo gladke ploskve in jasen steklast sijaj, so brezbarvni in merijo v premeru do 2 cm. Danes jih najdemo le izjemoma, verjetno zato, ker je večina takšnih prelomnih con že odkopanih.

Včasih naletijo tudi na kraške jame s kapniki. Kapniki so povsem beli, vrhovi so pokriti s strmoromboedrskimi kristali kalcita.

Posebnost so kristali kalcita, ki so rasli v dveh generacijah. Za starejšo generacijo so značilni skalenodri, za mlajšo pa strmi romboedri. To najlepše vidimo na vrhovih tistih kristalov, kjer

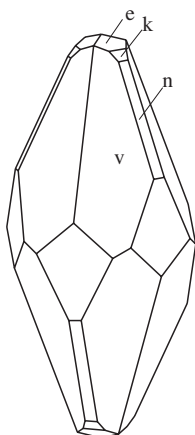
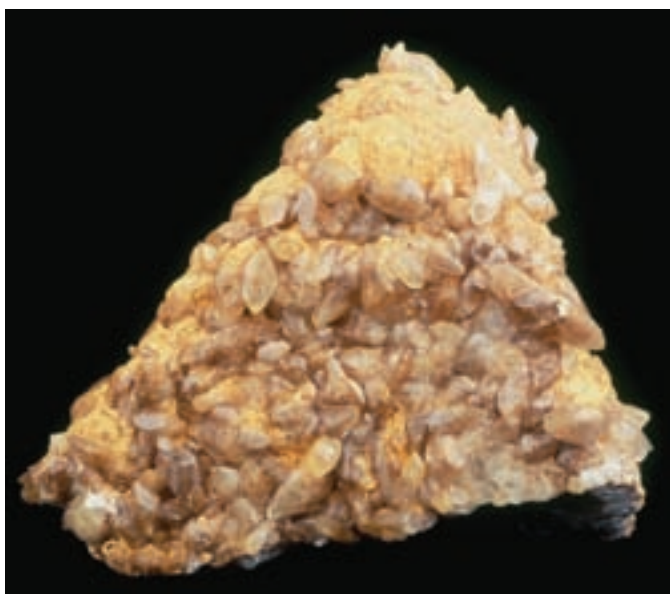
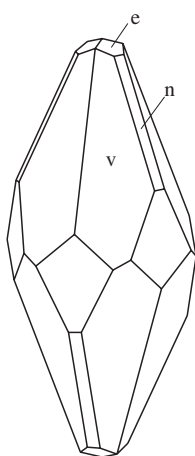


A



B

Značilni kristali kalcita iz Velike Pirešice. Skalenodru $v\{211\}$ (A) se pridružujeta romboedra $e\{012\}$ in $n\{021\}$ (B). Risbi: Miha Jeršek



Značilni kristali kalcita iz Velike Pirešice. Skalenoedru $v\{211\}$ se pridružujejo romboedri $e\{012\}$, $k\{011\}$, $n\{021\}$ in s s približnim indeksom $\{0,30,1\}$.
Risbi: Miha Jeršek

Dvojčka skalenoedrskih kristalov v podobi lisice. Glava je dvojček skalenoedrskih kristalov z dvojčično ravnino (021) , trup z repom pa je iz dvojčka skalenoedrskih kristalov z dvojčično ravnino (001) . Skalenoedrski kristale starejše generacije že prekriva mlajša generacija z razvitimi strmimi romboedri. Zato so kristalne ploskve zaobljene; "lisica" na zgornji sliki meri 18×14 mm. Najdba Franca Pajtlerja, zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Ciril Mlinar

skalenoedri starejše generacije še niso preraščeni z romboedri mlajše. Če so strmoromboedri kristali povsem prerasli skalenoedrske, zlahka spregledamo, da gre za kalcite dveh generacij. Izjema so primerki, ko so skalenoedrski kristali prevlečeni s tanko plastjo železovih hidroksidov, strmoromboedri pa so beli ali brezbarvni. V takih primerih barvni kontrast ali pa posamezni robovi med kristalnimi ploskvami dokazujejo kalcite vsaj dveh



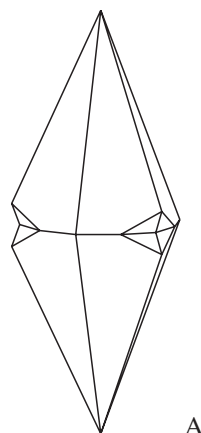
Dvojček skalenoedrskih kristalov kalcita z dvojčično ravnino (021); 40 x 25 mm. Najdba in zbirka Vilija Rakovca. Foto: Ciril Mlinar

generacij. V redkih primerih preraščajo skalenoedrske kristale tudi kristali s položnimi romboedri. Skalenoedrske kristale lahko obraščajo tudi kristali z značilno alternacijo dveh negativnih romboedrov.

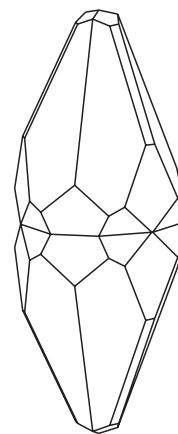
Kako pa je s kristali-dvojčki? Zaenkrat so našli le kristale dvojčke skalenoedrskih kristalov, vendar precej redko. Tudi ti so lahko preraščeni s kristali mlajše generacije. Preraščanje seveda ni poljubno – posamezna ploskev strmega romboedra vedno preraste oziroma zajame dve ploskvi skalenoedra.

Nekateri kristali so precej korodirani in zato manj privlačni. Zelo verjetno pa imajo nekateri kalciti tudi kristalne ploskve, ki so posledica raztapljanja, vendar jih brez podrobnih meritev zaenkrat še ne moremo dokazati.

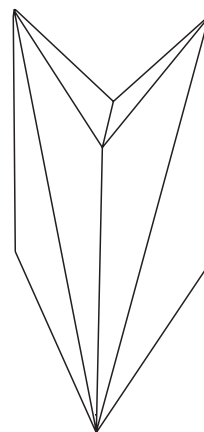
Na večjem bloku apnenca so pred leti našli številne drobne kristale **markazita**. Največji merijo do 4, skupki pa ne več kot 6 mm. Kristali imajo za markazit značilno bipiramidalno obliko,



A

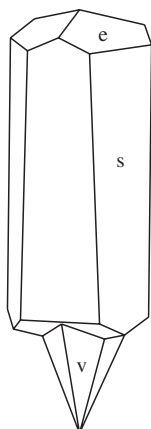


B



C

Dvojčki skalenoedrskih kristalov kalcita iz Velike Pirešice. Do sedaj so znani kontaktni dvojčki z dvojčično ravnino (001) (A, B) in (021) (C). Risbe: Miha Jeršek



Kalcit dveh generacij iz Velike Pirešice. Za starejšo generacijo so značilne kristalne ploskve skalenoedra $v\{211\}$, za mlajšo generacijo pa strmi romboedri s s približnim indeksom $\{0.30.1\}$ in položnim romboedrom $e\{012\}$.
Risba: Miha Jeršek



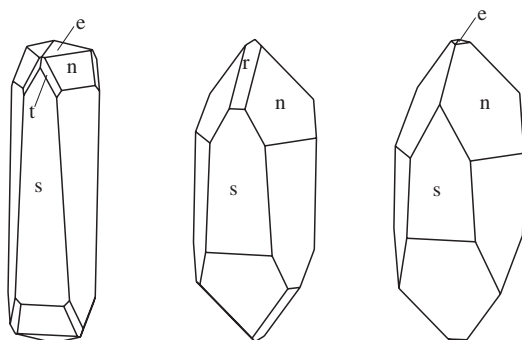
Skalenoedrski kristal kalcita starejše generacije je obraščen s strmoromboedrskim mlajše generacije; 20 x 12 mm. Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Ciril Mlinar



V kamnolomu Velika Pirešica zelo redko najdemo kristale kalcita z razvitimi kristalnimi ploskvami položnega romboedra $e\{012\}$.
Risba: Miha Jeršek

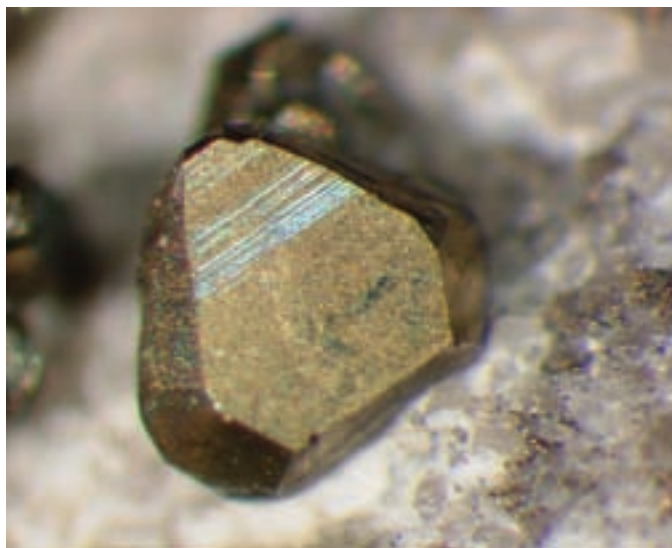


Skalenoedrski kristali kalcita z razvitimi ploskvami skalenoedra $v\{211\}$ so lahko obraščeni z mlajšo generacijo kristalov kalcita, za katere je značilna alternacija romboedrov $n\{021\}$ in $e\{012\}$; največji kristal 20 x 13 mm. Zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Ciril Mlinar



*Strmoromboedrski kristali kalcita iz Velike Pirešice. Za te kristale so značilni strmi romboedri s s približnim indeksom $\{0.30.1\}$. Morfologijo kalcita dopolnjujejo romboedri $e\{012\}$, $r\{101\}$ in $n\{021\}$ ter skalenoeder $t\{121\}$.
Risbe: Miha Jeršek*

ki je precej podobna kubooktaedrskim kristalom pirita. Ker so markazitovi kristali na površini tudi nekoliko oksidirani, jih na prvi pogled zlahka zamenjamo za pirit. Vendar nimajo zanj značilnih prog na ploskvah, poleg tega pa so skoraj vsi zdvojni. To pa je za pirit zelo redko. Markazit je zdvojen predvsem v obliki (110) angularnih kontaktnih dvojčkov z značilnimi vpadnimi koti na terminacijah. Redkejši se alternirajoči angu-



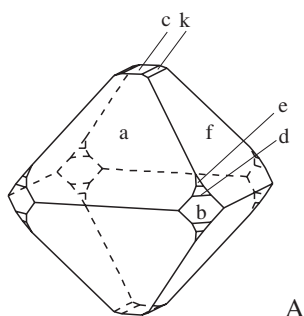
*Kristal markazita; 2 x 2 mm. Narebrenost je posledica menjavanja ploskev prizem $k\{012\}$ in $f\{021\}$. Najdba in zbirka Vilija Podgorška.
Foto: Miha Jeršek*



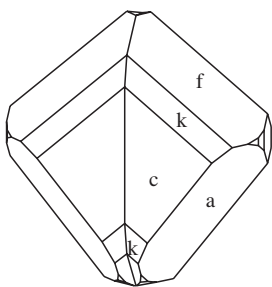
Zdvojen kristal markazita; 4 x 3 mm. Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Miha Jeršek



Ciklično zdvoženi kristali markazita; izrez 7 x 5 mm. Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Miha Jeršek

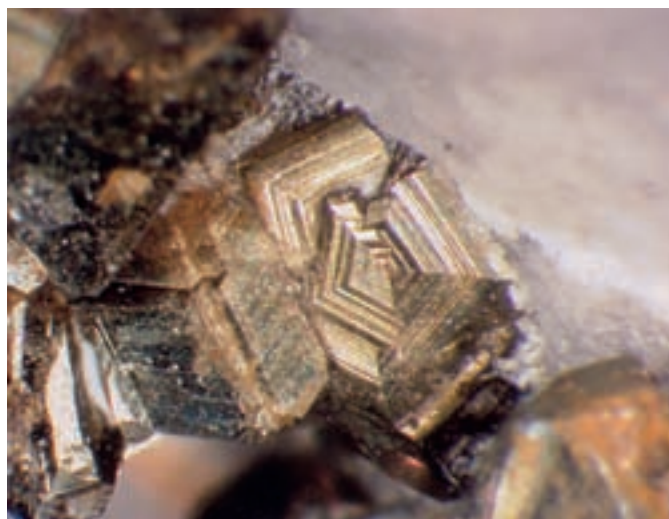


A

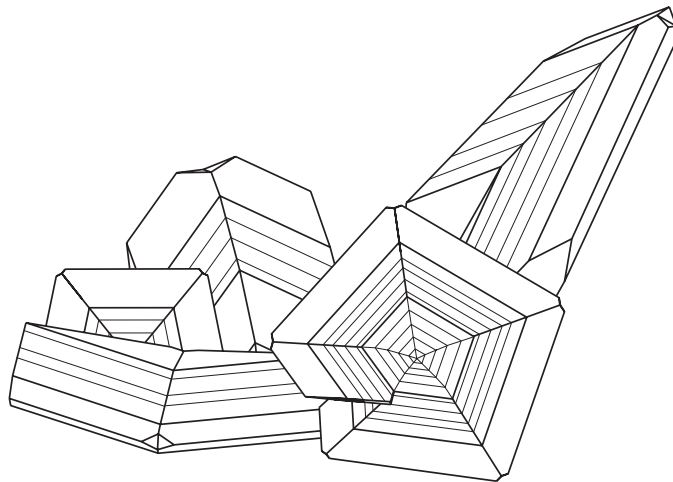


B

Oblika kristalov markazita iz kamnoloma Velika Pirešica (A) in angularnih dvojčkov po (110) (B). Približno enako so razvite ploskve dveh ortorombskih prizem $a\{201\}$ in $f\{021\}$, zato so kristali navidez podobni oktaedrskim kristalom pirita. Simetrijo markazita najbolj definirajo ploskve prizme $k\{012\}$, ki so ob pinakoidu $c\{001\}$. Ostala oglišča pa modificirajo ploskve prizme $b\{110\}$ in dveh bipiramid $d\{331\}$ in $e\{332\}$. Risbi: Mirjan Žorž



Lepo razvit ciklični dvojček markazita; izrez 4 x 3 mm. Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Miha Jeršek



Skupek zdvojenih kristalov markazita. Risba: Mirjan Žorž

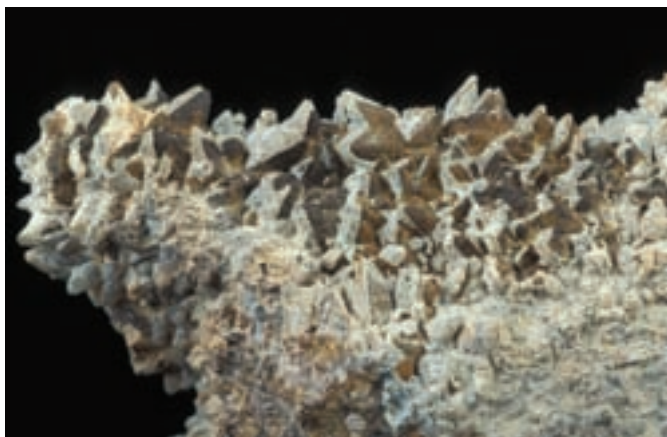
ne more nastati pravi zaprti ciklični dvojček. Ne glede na to se razvijejo tudi dvojčki s petimi kristali in več, vendar vedno le kot odprti dvojčki, kakor je razvidno s fotografije in z risbe.

Literaturna vira:

- ISKRA, M., 1988: *Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji in izračunu zalog tehničnega gradbenega kamna – apnenca in dolomita na območju kamnoloma Velika Pirešica* (geologija, str. 2). Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- VIDRIH, R., V. MIKUŽ, 1997: *Pirit v Sloveniji* (markazit iz Velike Pirešice, str. 25). Galerija Avsenik, Begunje.

Piritiziran kalcit iz Železnega pri Veliki Pirešici

Uroš Herlec, Goran Schmidt

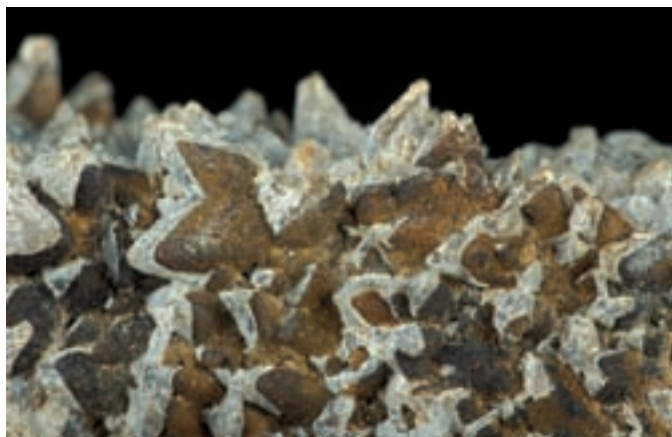


Do 7 mm veliki kristali kalcita s piritnimi prevlekami iz skalnate stene nad Železnim. Najdba in zbirka Gorana Schmidta. Foto: Ciril Mlinar

Območje vzhodno od ceste Velika Pirešica – Dobrna do potokov Koprivnica na severu in Sušnica na jugu je znano kot pirešiški eruptivni masiv iz srednjetriasnih ladinjskih keratofirjev, kremenovih keratofirjev ter njihovih tufov in tufitov. V njih je več plasti in leč apnenca. Apnenec je na stiku s predornino oruden z železovimi minerali, predvsem s piritom in z markazitom, pri Zavrhu (v Atlasu Slovenije kot Pepelno) pa tudi z galenitom, sfaleritom, halkopiritom, arzenopiritom in sledovi pirotina.

Na tem stiku je pri Železnem pod romantično, z bršljanom poraslo steno dolomitiziranega apnenca opuščen rudnik. Edini še prehodni rov je zaklenjen, ker je v njem vodno zajetje za vaški vodovod. Domačini so opazili, da jim kovinska posoda nenavadno hitro rjavi. V razpokah stene so do 0,5 m široki žepi z drobnim, do 1 cm velikimi **bobovci**, ki so se z apnenčastim drobirjem in sigo sprijeli v brečo. Na prepereli površini samega apnenca pa so do nekaj centimetrov velike temnorjave psevdomorfoze **limonita** po piritnih skupkih, vendar s še lepo ohranjenimi kristalnimi oblikami. Zaradi barvnega kontrasta svetle kamnine in rjavih konkrecij kristalov so to lepi primerki.

Združba primarnih sulfidnih mineralov je nastala z metasomatozo topnih apnencev pod vplivom vulkanskih rudonosnih hidroterm. Psevdomorfozo limonita po piritu je povzročilo zelo počasno mehansko in kemijsko preperevanje, ki je omogočilo



Detaljški kristalov kalcita z limonitno prevleko; izrez 30 x 20 mm. Najdba in zbirka Gorana Schmidta. Foto: Ciril Mlinar

počasno odnašanja žvepla iz sulfidov. Pri oksidacijskih pogojih je železo nemobilno. Na mestu se je povežalo s kisikom in vodikom v minerale limonita, ki je ohranil predhodno obliko.

Mineraloško posebnost najdemo v dnu stene. Na korodiranih apnenčevih skalnih robovih je najprej kristalil **kalcit** v skalenoedrskih kristalih, velikih do 7 mm. Na zgornjo stran teh kristalov, ki rastejo pravokotno iz stene, se je posedel **pirit** v drobnih kristalih, medtem ko so na spodnji strani kristali kalcita neovirano rasli naprej, tako da je kalcit na robovih celo začel prekrivati piritno prevleko. Tako so nastali skupki kalcitov, ki so z zgornje strani videti kot piritni stožci, obrobljeni s kalcitom, s spodnje pa kot običajni skalenoedri.

Literaturni viri:

ZOLLIKOFER, VON T., 1861/62: *Die geologischen Verhältnisse des südöstlichen Teils von Untersteiermark*. Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt 12, str. 311-366, Wien.

GERMOVŠEK, C., 1953: *Kremenov keratofir pri Veliki Pirešici*. Geologija, knjiga 1, str. 135-168, Ljubljana.

ISKRA, M., 1976: *O pirešičkem vulkanizmu*. Geologija, knjiga 19, str. 251-257, Ljubljana.

Kalcit in markazit v kamnolomu Pečovnik

Miha Jeršek, Vili Podgoršek

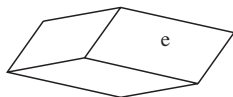


Opuščen kamnolom Pečovnik leta 2003. Foto: Miha Jeršek

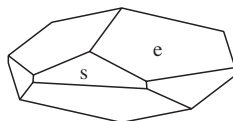
Kamnolom Pečovnik na jugu med Celjem in Štorami, jugozahodno od vasi Zvodno na severnih pobočjih Grmade in Bavča na nadmorski višini med približno 300 in 500 m, je bil odprt leta 1928 in je obratoval z manjšimi prekinitvami vse do poznih devetdesetih let preteklega stoletja. Pridobivali so apnenec za gradbeništvo.

Širše območje kamnoloma je iz triasnih in terciarnih kamnin. Za spodnji trias je značilen dolomit, sledijo mu srednjetriasni psevdofiljski skladi – rjavi ali sivorjavi glinavci in peščenjaki. Za njimi je plast nekaj deset metrov debelega temnosivega do temnosivozelenega porfirja, ki lokalno prehaja v zelenkast ali rdeč tuf. Za zgornji trias pa je značilen svetlosiv do siv, pretežno masiven, jedrnat do drobnozrnat apnenec, ki ponekod prehaja v siv drobnozrnat dolomit. Severno od kamnoloma so terciarne plasti oligocenske in miocenske starosti. Iz oligocena je konglomerat, ki navzgor prehaja v siv peščenjak in še višje v laporovec. Zgornji del oligocenskih plasti pa je iz drobnozrnatega pelitskega andezitnega tufa.

V kamnolomu je plast zgornjetriasnega apnenca debela preko 200 m in močno zakrasela, s sistemi razpok ali manjših prelomov,



Najbolj preprost kristal kalcita iz kamnoloma Pečovnik ima razvite samo ploskve položnega romboedra $e\{012\}$. Risba: Miha Jeršek



Poleg kristalnih ploskev položnega romboedra $e\{012\}$ imajo kristali kalcita razvite tudi strme romboedre s s približnim indeksom $\{0,30,1\}$. Risba: Miha Jeršek



Najpogostejši kristali kalcita iz kamnoloma Pečovnik so kristali tipa mercedes; 62 x 48 mm. Zbirka Marjetke Kardelj. Foto: Miha Jeršek



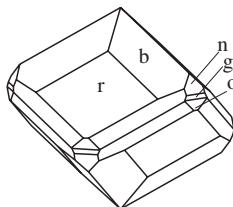
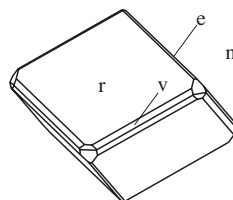
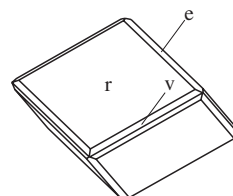
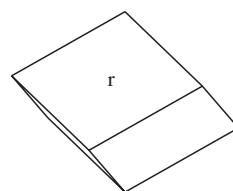
Posebnost kalcitov iz kamnoloma Pečovnik so kristali s prevladujočimi kristalnimi ploskvami romboedra $r\{101\}$, ki se jim pridružujejo še številne druge kristalne ploskve; velikost kristala 15 x 11 mm. Zbirka Marjetke Kardelj. Foto: Miha Jeršek

ob katerih je apnenec zdrobljen v širini od 1 do 10 m. Ponekod je rjavo obarvan. Zdrobljene cone so zapolnjene z ilovico.

V kamnolomu najdemo kristale kalcita in redkeje markazita. Ohranjenih je razmeroma malo primerkov. Kljub temu pa kažejo morfološko pestrost tega minerala. Najbolj pogosti so položnoromboedrski kristali **kalcita**. So tudi največji, v premeru



Redki skupki kristalov kalcita iz kamnoloma Pečovnik s prevladujočimi kristalnimi ploskvami romboedra $r\{101\}$, ki se jim pridružujejo še številne druge kristalne ploskve; velikost posameznih kristalov do 10 mm. Najdba Vilija Podgorška, zbirka Marjetke Kardelj. Foto: Miha Jeršek



Posebnost med kristali kalcita iz Pečovnika so kristali z razvitimi ploskvami romboedra $r\{101\}$. Na njih so razvite še kristalne ploskve romboedrov $n\{021\}$, $e\{012\}$, $b\{12.1.14\}$, $g\{0.12.1\}$, o s približnim indeksom $\{0.50.1\}$ ter skalenoedra $v\{211\}$. Risbe: Miha Jeršek



Drobni skupki markazita dopolnjujejo mineralno paragenezo kamnoloma Pečovnik; izrez 38 x 35 mm, največji skupek kristalov markazita meri 12 mm. Zbirka in najdba Danijela Krena. Foto: Miha Jeršek

do 3 cm. Običajno se položnim romboedrom pridružujejo še strmi romboedri; kristali so prosojni, beli do rumeni in le redko nepoškodovani. Mnogo redkejši so kalciti, kjer so razviti samo položni romboedri. Ti so veliki do 1 cm, brezbarvni do rjavkastorumeni in imajo izrazit steklast sijaj. Najredkejši so kalciti z razvitimi osnovnimi romboedri, ki so ploskovno bogatejši, vendar običajno ne presegajo 5 mm. Največkrat so beli in le prosojni ali pa jih prekriva tanka plast železovih hidroksidov rumenorjave barve.

Poleg kalcita najdemo tudi drobne kristale **markazita** v skupkih, velikih do 1 cm. V nekaterih razpokah so skoraj črne limonitne kongrecije, velike nekaj centimetrov. Redko imajo po površini razvite drobne kristale **pirita**, ki so običajno močno limonitizirani. Zelo redko pa najdemo popolne, sveže kristale pirita s kovinskim sijajem z razvitimi ploskvami kocke.

Literaturni vir:

STRGAR, I., 1995: *Elaborat o kategorizaciji, klasifikaciji in izračunu rezerv tehničnega gradbenega kamna – apnenca na območju kamnoloma Pečovnik pri Celju* (geologija, str. 7-12). Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana.

Kalcit iz kamnoloma Liboje

Miha Jeršek, Franc Pajtler

Liboje, majhno naselje nekaj kilometrov jugozahodno od Celja, je bilo nekoč znano po rudniku rjavega premoga, ki so ga odprli leta 1815, zaprli pa leta 1974. Rudarsko in industrijsko podjetje Montana Žalec je po zaprtju jamskega premogovniškega obrata odprlo kamnolom tehničnega kamna kot preusmeritveni obrat za zaposlitev rudarjev.

Kamnolom leži v gričevnatem predelu ob južnem robu spodnje Savinjske doline, na pobočju hriba Kotečnik (772 m) ob potoku Bistrica, v zgornjetriasnem svetlem masivnem apnencu v bližini tektonskega stika s predorninami (keratofir, diabaz s tufi) ladinjske stopnje. Ob Libojskem prelomu z glavno smerjo vzhod-zahod in glavnim vpadom 60° in 70° proti severu, so ladinjske predornine ločene od zgornjetriasnega apnenca. Manjši prečni prelomi so mlajši in kamnina je ob njih bolj zdrobljena. Plasti apnenca so zakrasele.



*Kamnolom Liboje leta 2003.
Foto: Miha Jeršek*



*Značilni kristali kalcita iz kamnoloma Liboje z vključki temnih neprosojnih mineralov; 5 x 3 cm.
Najdba Franca Pajtlerja, zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Ciril Mlinar*



Kristali kalcita z razvitimi ploskvami položnega romboedra $e\{012\}$.
Risba: Miha Jeršek



Skupek drobnih kristalov kalcita; 35 x 20 mm. Zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Miha Jeršek

Na Slovenskem je precej nahajališč **kalcita** s enostavno morfologijo, ki je značilna za kamnolom v Libojah. Kristali imajo razvite samo kristalne ploskve negativnega položnega romboedra. Zbiralci jim pravijo *libojski tip*. Kljub enostavni morfologiji pa so vredni naše pozornosti. Kristali so lahko lepo ohranjeni, s steklastim sijajem in veliki do 2 cm. Zapolnjujejo razpoke ter votline v apnencu. Dela v kamnolomu odkrijejo včasih tudi več kot kvadratni meter veliko površino s kristali. Lahko so brezbarvni, rahlo rumenkasti, rjavi in celo rožnati. Zaradi različnih vključkov so tudi sivi ali pa povsem črni. Na nekaterih primerkih je vidna fantomska rast kristalov, posebno zanimivi pa so vključki v obliki drobnih rjavih in črnih dendritov v notranjosti brezbarvnih in povsem prozornih kristalov kalcita.

Zaradi del v kamnolomu, odprtosti kamnine in razkolnosti kalcita zelo težko dobimo nepoškodovan primerek kristalov. Kljub temu so za zbiralce dovolj privlačni.

Literaturna vira:

CIGLAR, K., 1980: *Geološko poročilo z oceno rezerv kategorije C₂ in programom raziskav v kamnolomu Liboje* (geologija, str. 2-3). Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana.

ISKRA, M., 1981: *Preliminarni geološki podaki po terenskem ogledu kamnoloma Liboje* (geologija, str. 2). Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana.

Kalcit iz Tremerij pri Laškem

Vili Podgoršek, Miha Jeršek

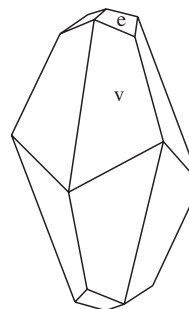
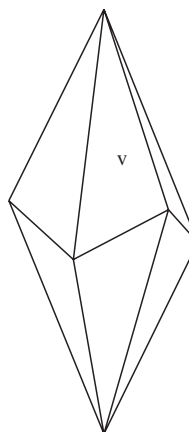
Gradbena dela in urejanje cestnih usekov so lahko lepa priložnost za najdbo kristalov. Eden izmed takšnih primerov je bil leta 1993 v Tremerjah pri Laškem.

Ozko cesto, ki povezuje Celje z Zidanim mostom, so nekoč speljali kar pod železniško progo, kar je bila ob naraščajočem prometu vedno večja ovira. Zato so pri Tremerjah zgradili nadvoz, hkrati pa tudi preuredili nekdanje križanje ceste in železnice. Ob nekdanjem podvozu so odkrili apnenca s številnimi žilami, zapolnjenimi s kristali kalcita. Posebno pozornost so vzbudili skupki kristalov kalcita, veliki do 50 x 50 cm. Čeprav so bili kristali zaradi gradbenih del poškodovani, je bilo razlogov za nadaljnje raziskovanje več kot dovolj.

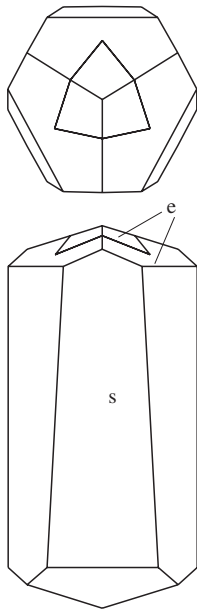
Posebnost **kalcita** tega najdišča so kristali dveh generacij. Pri starejši generaciji prevladujejo skalenoodri, na terminacijah pa



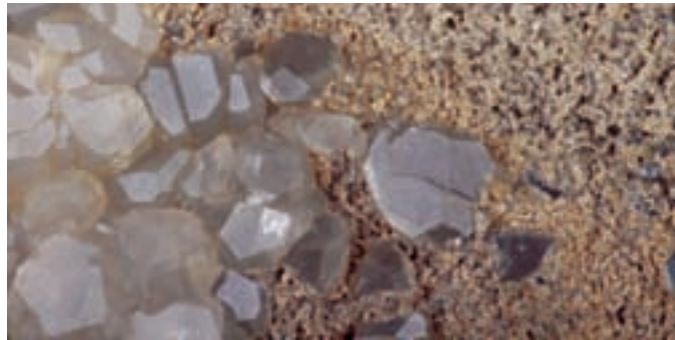
Skalenoedrsko generacijo kalcita prerašča mlajša generacija, za katero so značilni strmi romboedri. Posledica tega je, da imajo kristali na videz zaobljene kristalne ploskve; izrez 10 x 10 mm. Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Miha Jeršek



Kristali kalcita z razvitimi skalenoodri $v\{211\}$ in položnimi negativnimi romboedri $e\{012\}$. Risbi: Miha Jeršek



Kalcit dveh generacij iz Tremerij pri Laškem. Za obe generaciji je značilno, da so vrhovi kristalov kalcita končajo s položnimi negativnimi romboedri $e\{012\}$. Sicer pa so za starejšo generacijo značilni sklenoedri $v\{211\}$, za mlajšo pa strmi romboedri s s približnim indeksom $\{0.30.1\}$.
Risbi: Miha Jeršek



Strmoromboedrski kristali kalcita iz Tremerij pri Laškem so veliki do 1 cm. Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Ciril Mlinar



Bližnji posnetek kalcita dveh generacij. Velikost posameznega kristala je do 10 mm. Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Miha Jeršek

so včasih razviti položni romboedri. Kristalne ploskve so gladke, zato imajo kristali izrazit steklast sijaj. Posamezni kristali so veliki do 3 cm, ohranjeni skupki kalcitnih kristalov pa merijo do 20 cm. Običajno so brezbarvni, zaradi podlage pa včasih zelenkasti ali sivi. Na pravokotnih presekih na kristalografsko c -os je lepo vidna fantomska rast. To pomeni, da so se razmere pri rasti večkrat spremenile.

Starejšo generacijo sklenoedrskih kristalov obrašča mlajša generacija, za katero so značilni strmi romboedri, vrhovi pa so zaključeni s položnimi romboedri – podobno kot pri nekaterih kristalih prve generacije.

Najdišče kalcita pri Tremerjah je bilo dostopno zelo malo časa. Kljub temu pa so ohranjeni primerki pomemben materialni dokaz o morfološki pestrosti kalcita na širšem območju Celja.

Minerali iz kamnoloma Stranice pri Slovenskih Konjicah

Franc Pajtler, Miha Jeršek

Vas Stranice z dolinsko in deloma hribovito lego leži severno od Konjiške gore (Stolpnik 1.012 m) ter med Stenico (1.091 m) na zahodu in Pohorjem na severu. Vas je v skrajnem delu Vitanjskega podolja omejena z dolino Tesnice med Straniškimi brdi (737 m) na severu in Mučarjevim vrhom (573 m) na jugu. Okoliški zaselki so Lipa, Poljana, Zabruk, Gornja Vas, Tesnič, Mala Gora in Smole. Kamnolomu Stranice pravijo nekateri tudi kamnolom Pri Lipi. Leži okoli 1 km od regionalne ceste Slovenske Konjice – Celje, ob cesti, ki pelje v Vitanje. Kamnolom je odprt na relativno strmem, z mešanim gozdom poraščenem pobočju. Najnižji del je pri poslovni stavbi na nadmorski višini 466 m, osnovna dovozna etaža je na koti 480 m, najvišja etaža pa je na višini 605 m.

Neposredno na anizijskem dolomitu ležijo na območju Straniških Brd plasti kredne starosti s prevladujočim apnencem, ki navzdol prehaja preko laporastega apnenca in laporovca v gline z vložki črnega premoga.

Večji del kamnoloma je v anizijskem dolomitu, ki je ob številnih razpokah in prelomih zelo zdrobljen. V višjih delih



*Pogled na kamnolom Stranice in dolino v ozadju leta 2003.
Foto: Miha Jeršek*



Gomoljast skupek kalcita; premer 13 cm. Najdba Franca Pajtlerja, zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Foto: Ciril Mlinar



Strmoromboedrski kristali kalcita iz kamnoloma Stranice; 30 x 20 mm.
Najdba Franca Pajtlerja, zbirka Prirodoslovnega muzeja Slovenije.
Foto: Ciril Mlinar

kamnoloma lahko v precej zaglinjenih prelomnih conah z močno zdobljenim dolomitom najdemo **kalcitne gomolje**. So nenavadnih oblik in veliki od 5 do 150 mm. Podobni so rahlo zapečenemu testu z mnogimi manjšimi izrastki. V jedrih skupkov so lahko posamezni odlomki sprijetega dolomitnega drobirja ali pa so preprosto brez jedra. Če tak gomolj prežagamo, vidimo v notranjosti žarkasto zgradbo in razpoke, ki se širijo iz jedra proti obodu in po tem spominjajo na septarije.

V delih, kjer je anizijski dolomit dovolj enovit, lahko najdemo drobne geode s kristali **dolomita**. So brezbarvni do beli, prosojni do prozorni in veliki do 3 mm.

Zgornjekredni apnenci, ki so narinjeni na anizijske dolomite, so za iskanje mineralov primernejši. Najbolj pogosti so kristali **kalcita**, ki jih najdemo v žilah in razpokah omenjenega apnenca. Do sedaj smo našli tri tipe kristalov kalcita. Prvi je skalenoedrski in so v tem kamnolomu zelo redko ohranjeni. So beli, prosojni in veliki do 1 cm. Drugi je *libojski tip* kristalov z razvitimi položnimi romboedri. Drobni kristali z razvitimi položnimi romboedri so tudi v krednih fosilih, predvsem v hipuritih in radiolitih. Kristali so brezbarvni in veliki do 0,5 cm. Tretji tip kristalov kalcita iz Stranic je strmoromboedrski. So pogostejši in merijo do 12 mm v višino.

Vrhnji del apnencev v kamnolomu je zakrasel. Na teh mestih najdemo kalcit v obliki sige in pa v zelo drobnih, skoraj igličastih kristalih.

Poleg kalcita lahko na področju zgornjekrednih plasti najdemo še druge minerale. Vsakega obiskovalca najprej pritegnejo vložki črnega premoga, ki so v izrazitem kontrastu z okolno kamnino. Kmalu lahko ugotovimo, da je celotno ozemlje obogateno z



Korodiran kristal sadre;
60 x 26 mm. Najdba in zbirka
Franca Goloba. Foto: Miha Jeršek



Sadro najdemo v kamnolomu Stranice v bližini premogovih plasti; 45 x 60 cm. Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Ciril Mlinar

železovimi minerali, saj so tako na apnencu kot na premogu številne **limonitne prevleke**. Glavni razlog za nastanek limonita so drobni kristali **pirita**, ki ga najdemo običajno kot oprh na premogu ali pa, zelo redko, kot piritne skupke.

V bližini vložkov premoga smo našli tudi kristale **sadre**. Izvor žvepla, ki je potreben za nastanek tega minerala, so kristali pirita in pa verjetno tudi sam premog. Pronicujoče vode se na poti obogatijo s potrebnimi ioni. Ko takšna raztopina naleti na nepropustno oviro, v našem primeru laporovec, se izloči sadra. Sadro torej lahko najdemo v zaglinjeni coni med laporjem in premogom. Kristali sadre iz Stranic nimajo kristalov z razvitimi kristalnimi ploskvami, večinoma so le ploščati skupki oziroma drobne plasti, debele do 12 mm. Največji do sedaj najdeni primerek sadre meri 60 x 80 mm.

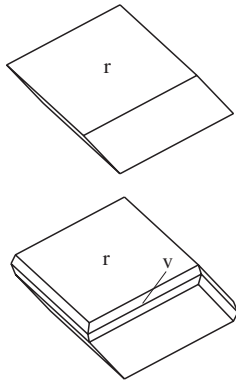
Kamnolom Stranice je izjemen predvsem zaradi paleontološke dediščine, saj je bilo do sedaj najdenih v njem veliko vrst fosilov – tudi takšnih, ki so bili tu prvič najdeni in opisani. Minerali pa dopolnjujejo njegovo bogato geološko dediščino.

Literaturni vir:

JERŠE, Z., 1994: *Elaborat o kategorizaciji, klasifikaciji in izračunu zalog tehničnega gradbenega kamna – dolomita v kamnolomu Stranice s stanjem 31.12.1994* (geologija, str. 2-5). Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko Ljubljana, Ljubljana.

Kalcit in markazit iz Šentjurja pri Celju

Aleksander Rečnik



Oblike kalcitovih kristalov iz kamnoloma Sotensko z razvitimi kristalnimi ploskvami likov osnovnega romboedra $r\{101\}$ in skalenoodra $v\{211\}$.
Risbi: Aleksander Rečnik

Dobre 3 km južno od Šentjurja je pri vasi Sotensko ob potoku Kozarica opuščen kamnolom apnenca, kjer najdemo lepe kristale kalcita in markazita. Mineraloško najbolj zanimiva je severna stena kamnoloma, kjer je več prelomov z do 4 cm velikimi kristali kalcita. Največje kristale **kalcita** najdemo v odprtih razpokah močnejših prelomov, ki so zapolnjeni z rdečerjavo glino. Kristali v glini so korodirani in imajo obliko asimetrično razvitih skalenoodrov. Asimetrično so razviti zaradi prevlek drobnih kristalov **markazita**, ki so v določeni fazi rasti precipitirali iz raztopin po obstoječih kristalih kalcita. Markazitni oprhi so opazni le na zgornji strani kristalov kalcita. Po odlaganju markazita je kalcit rasel dalje in deloma prerasel tudi markazitno plast, zaradi katere so kalciti razviti asimetrično.

Zaradi hkratnega izločanja markazita je starejša generacija kalcita obarvana sivo. Le pri nekaterih kristalih še lahko opazimo drobne kristale markazita pod površino mlajše generacije kalcita. V zaprtih gnezdih v apnencu so kristali manjši, najdemo pa lahko vse prehode od osnovnega romboedra do skalenoodra. Ob



Skupina svilnatih skalenoodrskih kristalov kalcita iz kamnoloma Sotensko pri Šentjurju; 8 cm. Sijaj je posledica mikroskopskih razpok v kristalih. Najdba in zbirka Aleksandra Rečnika. Foto: Aleksander Rečnik



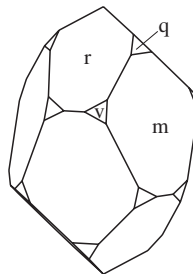
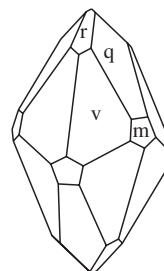
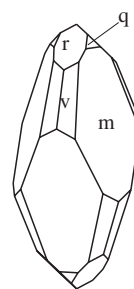
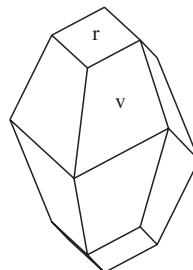
Kristali kalcita na skorji iz drobnih kristalov markazita; 5 cm. Najdba in zbirka Aleksandra Rečnika. Foto: Aleksander Rečnik

podrobnejšem ogledu primerkov bomo opazili, da je pri osnovi med apnencem in kristali kalcita tanka plast markazita. Kristali kalcita v teh razpokah so prosojni in imajo izrazit, za kalcit neobičajen svilnat sijaj, ki je posledica mikroskopskih razpok v kristalih. Pravega vzroka za nastanek teh razpok ne poznamo, kristali pa so zaradi nenavadnega sijaja zanimivi za zbiralce.

Markazit pa ni samo v gnezdih s kristali kalcita, ampak ga najdemo tudi kot drobne kristale po votlinicah jedrnatega svetlosivega apnenca. Votlinice so sprva zapolnjene z modrikasto belo glino, iz katere se po apnencu izločajo kristali markazita. Drobne kristale, ki sprva niso bili opazni, je z leti odkrilo deževje, ki je spralo glino s sveže odkritih površin apnenca. Tako lahko



Kristali markazita na površini apnenca merijo do 3 mm. Najdba in zbirka Aleksandra Rečnika. Foto: Aleksander Rečnik



Oblike kalcitovih kristalov iz kamnoloma Sotensko z razvitimi kristalnimi ploskvami likov romboedrov $r\{101\}$, $m\{041\}$ in $q\{032\}$ ter skalenoedra $v\{211\}$. Risbe: Aleksander Rečnik



Oksidiran dvojček markazita v obliki lista na apnencu; velikost kristala 2 mm. Najdba in zbirka Aleksandra Rečnika. Foto: Aleksander Rečnik

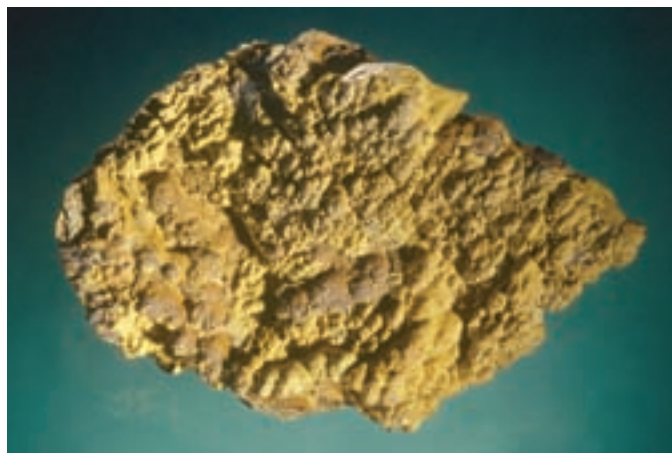
občudujemo kovinsko svetlikajoče se kristale, razpršene po celotni severni steni kamnoloma. Markazit je zaradi površinske oksidacije nahukel in nastopa v odtenkih od kovinskorumene preko zelene vse do bakrenordeče barve. Kristali so večinoma zdvojnjeni in v skupkih, velikih do 5 mm, posamezni kristali pa so redko večji od 2 mm. Markazit s tega nahajališča je zelo obstojen in v zbirkah obdrži svoj prvotni sijaj.

V zgornji etaži kamnoloma je nekaj centimetrov široka navpična razpoka, zapolnjena z **limonitom**. Skorje limonita z značilnimi ledvičastimi oblikami so v jedru rjavo-, na površini pa peščenorumenno obarvane. Primerki limonita prav lepo popestrijo zbirko mineralov iz tega kamnoloma.

Iskanje mineralov je zaradi krušenja kamnov z višje ležečih etaž zelo nevarno. Ta nevarnost je še posebej velika v zimskem in spomladanskem času, ko se tali led med razpokami kamnine. Posebna previdnost velja tudi pri dostopih na višje etaže, kjer je nevarnost zdrsa in plazenja kamnine.

Podobni kristali kalcita in markazita so še v Pečovniku, Pirešici in Železnem.

V okolici Šentjurja velja omeniti še nekaj zanimivih nahajališč mineralov. V glinastih plasteh, ki jih med Šentjurjem in Lokarjami preseka struga potoka Pešnica, najdemo drobne kockaste kristale **pirita**. V gornjem toku potoka Pešnica pri Trnovcu ter v strugi potoka Slomščica pri Hotunjah najdemo večje kose svetlo- do temnozelenega **obsidiana** z značilnim školjkastim lomom. Ponekod v obsidianu opazimo do nekaj milimetrov velike snežnobeke psevdo-oktaedrske kristale **crystalita**. Najlepši primerki svetlozelenega obsidiana s kristobalitom so bili odkriti leta 1994 pri gradnji avtoceste pri Dramljah. Svetlozelen obsidian, kakor tudi tako veliki kristali



Limonitna skorja iz prelomne cone v zgornji etaži kamnoloma; 6 cm. Najdba in zbirka Aleksandra Rečnika. Foto: Aleksander Rečnik

cristobalita, v svetu niso prav pogosti, zato bi veljalo temu mineraloškem pojavu posvetiti več pozornosti. Stari viri navajajo tudi geode s kristali ametista v avgitnem andezitu pri Spodnjih Dramljah (Trennenberg), v grapi potoka Ločnica med Tratno in Lipovcem pri Slivnici pa naj bi bilo mogoče najti breče porfirja z impregnacijami minerala **lazulita**.

Ametistov pri Dramljah, ki jih omenjajo stari viri, še nismo uspeli najti, zato pa je leta 1998 lepe **kalcedonske** geode z nežno obarvanimi kristali **ametista** našel kranjski zbiralec Stane Lamovšek v opuščnem kamnolomu bazalta v Trličnem pri Rogatcu.

Literaturni viri:

ZOLLIKOFER, TH. VON, 1861: *Die geologischen Verhältnisse des südöstlichen Teils von Untersteiermark*. Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt 12, str. 311-366, Wien.

ZEPHAROVICH, V. VON, 1873: *Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Österreich*, Band II (lazulit, str. 176; ametist, str. 261). Wilhelm Braumüller, Wien.

VIDRIH, R., V. MIKUŽ, 1995: *Minerali na Slovenskem* (markazit iz Šentjurja, str. 105). Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.

VIDRIH, R., V. MIKUŽ, 1997: *Pirit v Sloveniji* (markazit iz Velike Pirešice, str. 25). Galerija Avsenik, Begunje.

Dolomit in kalcit v Gajškovem kamnolomu na Boču

Vili Podgoršek

Kamnina dolomit pokriva okrog 8 % slovenskega ozemlja, dolomit v kristalih, ki bi jih lahko občudovali s prostim očesom, pa je mnogo redkejši.

Na območju Boča je odprtih več kamnolomov; v velikem kamnolu v Poljčanah nismo našli ničesar zanimivega, v manjšem, še aktivnem Gajškovem kamnolomu v Zgornjem Gabrniku na jugozahodni strani Boča pa smo oktobra 2002 odkrili majhne votlinice s kristali **dolomita** z razvitimi enostavnimi romboedri. Dolomit je brezbarven do siv, kristali pa so veliki do 3 mm. Ponekod kamnino prepredajo bele kalcitne žile; kjer so dovolj odprte, lahko najdemo do 2 cm velike kristale **kalcita** s strmimi romboedri, ki so modificirani s položnimi negativnimi romboedri.



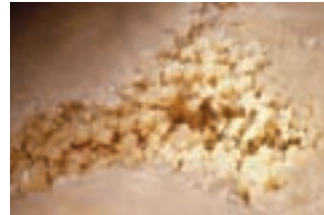
*Kristali kalcita na podlagi nekaj milimetrov velikih kristalov dolomita iz Gajškovega kamnoloma. Najdba in zbirka Vilija Podgorška.
Foto: Ciril Mlinar*

Siga v kraških jamah

Nadja Zupan Hajna

Kras je del zemeljske skorje, katerega nastanek in značilnosti določa kemično delovanje vode na relativno dobro topne karbonatne kamnine. Slovenija je kraška dežela, saj je več kot 40 % njenega površja iz karbonatnih kamnin od devonske do miocenske starosti. V Sloveniji je znanih že več kot 8200 kraških jam, v katerih najdemo različne jamske sedimente, od klastičnih do kemičnih.

Siga je kemična usedlina, ki se izloči iz prenasočene vodne raztopine. Deževnica se v atmosferi in pri prenikanju skozi tla obogati s CO_2 in z njim tvori šibko ogljikovo kislino, ki pri prenikanju skozi karbonatne kamnine le-te topi, pri čemer nastajajo kalcijevi in hidrogenkarbonatni ioni $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$. Intenzivnost raztapljanja je odvisna od podnebja, to je od geografske širine, reliefa, količine padavin, temperature, pokritosti s prstjo, količine CO_2 v vodi in od lastnosti



*Kristali kalcita v ponvici, Postojnska jama; širina ponvice 3 cm.
Foto: Jure Hajna*



*Kalcitne cevke rastejo iz razpokanega stropa v jami Bestežovca. Dolžina posameznih cevk je do 30 cm.
Foto: Jure Hajna*



Vrhovi stalaktitov, zaves in cevčic segajo v sedaj suho ponvico, kjer se je nanje izločal kalcit neposredno iz vode v ponvici. Kapniki so različno obarvani in različno stari. Ponvica je v Jami S647 v predoru Kastelec; širina motiva približno 1,5 m. Foto: Nadja Zupan Hajna

karbonatne kamnine. V nižjih legah, toplejšem podnebju in pri večji količini padavin se ponavadi izloči več sige. V trenutku, ko kraška voda, obogatena s kalcijevimi in hidrogenkarbonatnimi ioni, doseže jamski prostor, se ravnotežje v njej poruši. Zaradi spremembe parcialnega tlaka CO_2 in temperature se začne izločati kalcijev karbonat $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Oblika sige je odvisna od načina dotoka vode, mineralna sestava in barva pa od prisotnosti različnih ionov v raztopini, to je od sestave izvorne kamnine, ki jo prenikajoča voda raztaplja. Če se sestava raztopine med rastjo sige spreminja, se posamezne plasti razlikujejo po mineralni sestavi. Najpogostejši minerali, ki gradijo sigo v kraških jamah, so kalcit, aragonit in sadra.

Na slovenskem krasu je siga večinoma kalcitne sestave. **Kalcit** je obenem najpogostejši sekundarni mineral v kraških jamah, tako v Sloveniji kot po svetu, po količini pa mu sledita aragonit in sadra.

Sige razlikujemo glede na njeno zunanjo obliko, način nastanka in kristalografske lastnosti. Kalcitni kristali v sigi se izločajo v plasteh, ki rastejo ena vrh druge. Posamezno plast gradijo skupki istočasno individualno rastočih kristalov na enotni podlagi. Skupna rast in tekmovanje med njimi se začne, ko posamezni kristali pridejo v stik drug z drugim. Kristali, ki so prednostno orientirani, to je pravokotno na podlago, rastejo najhitreje, pri drugače orientiranih pa se rast zavre ali celo preneha. Velikost kristalov v sigi je odvisna od vplivov okolja, predvsem pa od stopnje nasičenosti raztopine. Glede na naraščajočo nasičenost se bodo razvijali: skalenoedri, zelo strmi romboedri, pinakoidi in heksagonalne prizme. Cevka, ki je osnova za rast stalaktita, je zgrajena iz kristalov, ki rastejo



Krožnikasti stalagmiti iz Postojnske jame, zrasli na podoru na Veliki gori. Premer stalagmita je 15 cm. Foto: Nadja Zupan Hajna



Stalagmiti, imenovani pagode, iz Pisanega rova v Postojnski jami so visoki več kot 2 m. Foto: Jure Hajna

pravokotno na strop. Ko pa se začne voda pretakati tudi po zunanji strani cevke, se iz nje izloča kalcit, katerega c-osi so pravokotne na steno cevke. Za stalagmite in ostale sige, kjer se izločajo plasti kalcitnih kristalov druga vrh druge, pa so značilni stebričasti kristali, ki rastejo pravokotno na podlago. Temnejše plasti so največkrat zgrajene iz stebričastih kristalov, ki so zelo trdno zrasli, svetlejša pa iz enakih kristalov, le da je med njimi več prostora (večja poroznost). Menjavanje temnih in svetlih plasti razlagajo s sezonskimi spremembami v času rasti sige.

Kalcit se v sigi večinoma izloča v obliki drobnokristalnih skupkov, večji posamezni kristali so redki in se izločajo v vadozni coni v ponvicah s stoječo vodo in iz mezeče vode na jamskih stenah ali v sipkem sedimentu (manjši nepopolnoma razviti strmi skalenoedri in romboedri). Kristali rastejo v skupkih in so veliki od nekaj milimetrov do okrog enega metra. Ponvice, napolnjene z različnimi kristali kalcita, so v naših jamah zelo pogoste, vendar so ti kristali majhni, večji so redkejši. Večji kristali, ki so zrasli pod gladino vode v sedaj sicer suhih ponvicah, kjer pa se nekdaj višina vode še vidi, so znani iz Jame pod Babjim zobom. Veliki kristali se lahko izločijo tudi iz raztopin, ki mezijo iz jamskih sten. Posamezni kristali so lepo razviti, veliki do nekaj decimetrov in navadno rastejo v skupkih. Kristali so tem bolj pravilnih oblik, čim bolj enakomerno priteka raztopina in čim več prostora in časa imajo kristali za svojo rast. Največji (do okrog 1 m) in najlepši kristali rastejo v freatični, stalno zaliti coni krása, vendar takih v naših jamah ne poznamo. V freatičnih pogojih se kristali kalcita izločajo v nasičeni coni ob gladini podtalnice (romboedri, skalenoedri in njune kombinacije). Slovenske jame niso ravno bogate z velikimi kristali kalcita, vendar dajo poseben pečat tisti jami, v kateri se razvijajo. Zelo lepi so bili v Kristalni jami nad Kupljenikom in



Paleta, obtežena z izraščajočimi stalaktiti, s premerom 50 cm iz Martinske jame. Foto: Nadja Zupan Hajna

Jami pod Babjim zobom, vendar so bili najlepše žal odlomili in odnesli. Za večje med njimi – v Jami pod Babjim zobom jih najdemo kot zapolnitev večjih in manjših votlin – predvidevamo, da so se izločili iz nizekotemperaturnih hidrotermalnih raztopin in da nimajo s kraškimi procesi in z jamo ničesar skupnega ter da so jih jamski rovi po naključju razkrili.

Siga kot drobnokristalni agregat je značilna samo za vadozno cono krasa. Kje in kdaj kakšna oblika raste, pa je odvisno od trenutnih strogo omejenih lokalnih pogojev (mehanika pretakanja) in ne od globine jame. Različne oblike sige nastanejo iz kapljajoče, tekoče, mezeče, ujete, kondenzne vode itd. Iz vode, ki teče po stenah ali tleh, se izloča v plasteh. Nastajajo obloge, »slapovi« in »baldahini«. Kapniki, stalaktiti in stalagmiti, rastejo iz kapljajoče vode v vzdolžni smeri kapljanja.

Siga se izloča različno hitro. Lahko zraste nekaj milimetrov že v nekaj letih ali pa v tisoč letih, kar je odvisno od hidroloških pogojev, ki vplivajo na jakost in stalnost posameznega prenika-jočega curka vode, iz katerega se siga izloča.

Barva sige je različna, odvisna je od njene mineralne sestave, bližine različnih kovinskih nečistoč v karbonatnih kamninah, tal na površju, rastlinskega pokrova, klime in jamskega okolja. Izvor barve lahko pripisujemo trem osnovnim kategorijam: organskim snovem, kovinskim ionom ter različnim pigmentom. Organske kisline izvirajo iz prsti in vegetacije nad jamo ter obarvajo sigo oranžnorjavo in krem. V tem primeru se organske molekule vgradijo v posamezne kalcitne kristale ali pa so pigment med posameznimi kristali. Kovinski ioni se vgradijo v kristale ter povzročijo difuzijski odsevni spekter, ki obarva sigo modro in zeleno (Cu), rožnato (Mn), rožnato in modro (Co) in rumeno (Ni). Pigmenti pa so največkrat železovi in manganovi oksidi ter hidroksidi in obarvajo sigo rdeče, rjavo in črno.

Stalaktiti rastejo s stropa navzdol in so najrazličnejših velikosti ter debelin, kar je odvisno od moči vodnega curka, njegove nasičenosti in njegove stalnosti. Stalaktit začne rasti v obliki dolge tanke cevke, ki je v sredini votla. Cevke lahko zrastejo več metrov v dolžino, pa se še ne začnejo debeliti. Kasneje začne raztopina oblivati tudi zunanjo steno cevke in kalcit se izloča na njej v tankih plasteh, zato je njihova zgradba koncentrična. V teh koncentričnih plasteh kristalizira kalcit s kristalografsko c-osjo pravokotno na steno cevke. Stalaktit se pri tem vedno bolj debeli. Zanimiva oblika so tudi čebulasti kapniki, ki so kot votle krogle pritrjeni na strop, iz njih pa raste krajša ali daljša cevka. Če se pretok skozi cevko zmanjša, se konice stalaktitov močno odebelijo, ker se dotekajoča voda razlije čez oviro in se kalcit izloča na površini cevke. Odebeljene so tudi konice stalaktitov, ki so potopljene v ponvice, ker se okrog njih izloča kalcit iz vode v ponvici.



*V povnci izloženi kalcit na konicah stalaktitov v Jami pod Babjim zobom.
Foto: Nadja Zupan Hajna*

Stalagmiti rastejo na tleh iz kapljajoče vode. Kadar je višina curka manjša, se plasti sige odlagajo ena vrh druge v stožčasti obliki, če pa voda kaplja z velike višine, se kapljica razprši in dobimo stalagmite s popolnoma ravnim vrhom krožnikaste oblike. Stalagmiti so zaradi razlik v intenzivnosti kapljanja, načina razpršitve kapljice, vpliva kapilarnosti, gravitacije ter kristalizacije najrazličnejših oblik. Nekateri so podobni cipresam, božičnim drevesom, orjakom, kijem, pagodam itd. Če se stalaktit in stalagmit zrasteta s konicama, nastane steber.

Starejši kapniki v jamah Postojnskega krasa in na Krasu so bolj razvejani (ciprese), veliko je tudi že podrtih, kar kaže na drugačno klimo (mehaniko pretakanja, temperaturo) v času njihove rasti.

V teh jamah je tudi več palet, ki v Sloveniji niso ravno pogoste. **Palete** so bolj ali manj ovalne ploščaste sige, ki jih gradita po dve tanki vzporedni plošči, med katerima doteka raztopina. Iz te raztopine se na robovih plošč izločajo vedno novi kalcitovi kristali. Paleta ali ščiti, kakor imenujemo večje, lahko rastejo iz razpok v steni jamskega rova, že obstoječega kapnika itd., in to pod različnimi koti. Na njihovi spodnji strani večkrat rastejo cevčice, zavese ali stalaktiti.

Monokristalni oziroma *trikotni* kapniki, kot jih pri nas največkrat imenujemo, so redka oblika kalcita. Najpogostejši monokristalni kapniki so lahko posamezni heliktiti ali stalaktiti, monokristalni stalagmiti pa so zelo redki (opisali so jih v Romuniji, Texasu, New Mexico, Južni Afriki in Braziliji). Monokristalni kalcita rastejo v teh primerih iz nizko nasičene raztopine pri visoki vlagi in visokem parcialnem tlaku CO_2 ter minimalnem pretoku zraka, kar je značilno za zaprte jame.

Zavese se na stenah izločajo iz mezeče vode. Zavesa je lahko različnih oblik, ravna ali valovita, raste v plasteh, ki so različne po barvi in velikosti kalcitovih kristalov. Kristali v plasti rastejo



Presek odlomljenih trikotnih kapnikov iz Jame v Borštu. Stranica preseka zgornjega stalagmita je dolga 8 cm. Foto: Nadja Zupan Hajna



*Okrog 2 m visoka zavesa v Stari jami; Postojnska jama. Za zaveso je značilno, da kristali kalcita rastejo po plasteh, ki so lahko različno obarvane.
Foto: Nadja Zupan Hajna*

iz raztopine pravokotno na steno in smer toka. Če so zadnje plasti zaveso sestavljene iz makroskopskih kristalov kalcita, je rob zaveso nazobčan.

Koralaste sige so najrazličnejših koralam podobnih oblik, velikosti in barv. Najdemo jih na tleh, kot stalagmite, ali pa preraščajo jamske stene, stalaktite in stalagmite. Značilno je, da za svojo rast v jami potrebujejo precej vlažen zrak in da rastejo iz pljuskajoče, pršeče in kapilarne vode. *Ježki* so koralasta oblika sige, kjer iz stoječih ilovnatih kapnikov rastejo sigove iglice, bodice.



*Stromatolitni stalagmit iz Šmidlove dvorane v Škocjanskih jamah.
Foto: Nadja Zupan Hajna*



*Raznobarvna siga iz Pisanega rova Postojnske jame. Višina osrednjega, kijastega stalagmita, je 2,8 m.
Foto: Nadja Zupan Hajna*



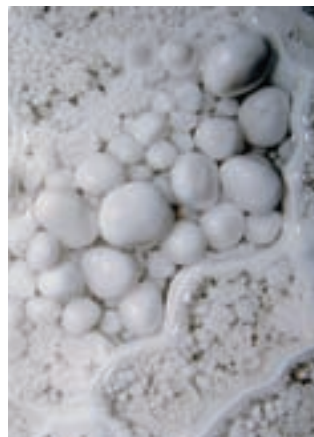
Koralasta siga iz jame na trasi avtoceste Čebulovica – Dane. Širina motiva je 12 cm. Foto: Franjo Drole



Paleta, iz katere izraščajo cevke, v Martinski jami; premer palete približno 20 cm. Foto: Nadja Zupan Hajna

Ponvice so dokaj pogosta oblika sige. Za njihov nastanek je potreben določen naklon pobočja in dokaj stalen vodni tok. Pri nas najdemo v jamah različne ponvice, od zelo majhnih, ki so velike nekaj milimetrov, do tako velikih, kot so tiste iz Dvorane ponvic v Škocjanskih jamah, ki so globoke od 10 do 40 cm. Te ponvice so se oblikovale na nagnjenem ilovnatem pobočju, na površini okrog 80 m² in jih je okrog 100. Ponvicam podobne so sigove pregrade, ki se izločajo takrat, kadar teče voda čez različne ovire v strugi in pri tem izhaja ogljikov dioksid, kar povzroči izločanje kalcita.

Jamski biseri so bolj ali manj gladke kroglaste konrecije. Nastajajo pod kapljajočim curkom ali v plitvi vodni ponvici s počasnim, vendar stalnim vodnim dotokom, ko se okrog že obstoječega jedra izloča kalcit v koncentričnih plasteh. Koncentrične so, ker se kalcit izloča okrog jedra v vseh smereh enakomerno hitro. Jedro je lahko iz različnih drobcov kamnine, kapnikov itd. Biseri so veliki od nekaj milimetrov do 1 cm, redko so večji. Nekateri so v prerezu podobni onkoidom, njihove plasti so valovite kot pri stromatolitih. V teh primerih so izločanje kalcita verjetno povzročili organizmi (bakterije ali alge). Biseri so največkrat bele barve, lahko pa tudi sive ali rumene. Če se biseri nehajo premikati, se z novo rastočo sigo prilepijo na podlago.



Jamski biseri iz Postojnske jame; izrez 10 cm. Foto: Andrej Mihevc

Heliktiti so manj pogosta oblika sige; rastejo iz kapilarne vode, ki meži skozi tanke kanale, največkrat skozi prečne razpoke v stalaktitih.

Rastoči heliktiti sledijo načelom kristalizacije in ne gravitacije. So brezbarvni, beli in rumeni. Lahko so različnih oblik, razlikujemo predvsem dve: tanke dolge cevke, ki med rastjo zavijajo v različne smeri, in kratke čokate monokristale, ki so podobni manjšim rogovom.

Plavajoče skorje ali *rafti* so tanke kalcitne skorje, ki rastejo iz ujete vode v lužah in ponvicah. Skorje se na gladini izločajo zaradi spremembe parcialnega tlaka CO_2 . Večje skorje potonejo, ker postanejo pretežke, še posebej zato, ker na njihovi spodnji strani rastejo kalcitovi kristali, ki jih še dodatno obtežijo. Na dno se usedejo tudi v primeru, če voda v ponvicah izhlapi.

Zanimiva oblika sige je tako imenovano **jamsko mleko**, ki ga imenujejo tudi gorsko mleko, Marijino mleko itd. Izloča se kot mikrokristalna bela plastična masa na stenah in sigi, ki ima med mineralnimi zrni do 70 % vode; kadar je suha, pa je precej drobljiva. Mineralna sestava jamskega mleka je različna, največkrat je iz kalcita ali aragonita, lahko pa je tudi iz nekarbonatnih mineralov. Nastaja s kemičnim obarjanjem iz prenasičenih raztopin in tudi s pomočjo mikroorganizmov. Posebno pogost je v visokogorskih jamah. Jamsko mleko imenujemo tudi preperino apnenca in dolomita, ki ostaja na jamskih stenah in vsebuje precej vlage, vendar pa z izločanjem kalcita nima nobene zveze.



Več kot 20 cm dolg heliktit iz Leopardove jame, ki izrašča iz razpoke v stalaktitu. Foto: Nadja Zupan Hajna

Posebnost so tudi tako imenovani **biokapniki**, ki kot stalaktiti rastejo v vhodnih delih jam ali na stenah udornic in z rastjo svojih konic sledijo svetlobi. Kalcit se izloča zaradi delovanja mikroorganizmov, vendar mehanizem njihove rasti še ni popolnoma poznan. Ena od zanimivosti so stromatolitni kapniki, ki jih najdemo pri vходу v Škocjanske jame v Šmidlovi dvorani. Rebrasti stromatolitni stalagmiti so v bistvu sladkovodni stromatoliti, opisani tudi v Avstraliji, ki se izločajo iz prenikajočega curka vode s pomočjo cianobakterij, ki rastejo na vlagi, do koder še seže dnevna svetloba. Razpotegnjeni so v smeri prepriha, ker je kapljanje vode usmerjeno v smeri pihanja.

Starost posameznih kapnikov je znana samo iz nekaterih slovenskih jam. Starosti so bile določane z absolutnima radioaktivnima metodama ogljika ter uran/torija. Metodo radioaktivnega izotopa ogljika (^{14}C) se uporablja za datacije relativno mlajših kapnikov, ker je njen doseg do 40.000 let. Z U/Th metodo, ki temelji na razmerju med izotopoma urana ^{234}U in torija ^{230}Th , datiramo starejše kapnike, ker je njen doseg do 350.000 let. Še pred dobrimi desetimi leti je prevladovalo mnenje, da so sige pri nas zelo mlade. Največ sige naj bi se, po takratnem mnenju, izločilo po zadnji ledeni dobi, predvsem v atlantiku (pred okrog 6.000 leti), ko je bilo pri nas precej toplo. Vendar so datacije z absolutnimi metodami pokazale, da je veliko do sedaj preiskanih sig starejših od 10.000 let, pa tudi starejših od dosega U/Th metode, to je 350.000 let. Starejše kapnike lahko datiramo z ESR metodo (rezonanca elektronskega spina), ki s sedanjo metodologijo, prirejeno za sige, seže do starosti 3 milijone let, vendar ni najbolj zanesljiva. Trenutno najstarejša s to metodo datirana siga v Sloveniji je iz Pisanega rova v Postojnski jami, kjer naj bi bilo rdeče jedro stalaktita staro 530.000 let. V zadnjem času jamske sedimente čedalje pogosteje datiramo s paleomagnetno metodo, ki pa je le primerjalna. Zato je potrebno poleg geomagnetne časovne skale za natančnejšo opredelitev starosti uporabiti še kakšno drugo metodo. Tako je bila v jami Matarskega podolja posredno, glede na določitev fosilov in magnetnih lastnosti sedimentov v profilu, določena do sedaj najstarejša siga pri nas in sicer nekaj več kot 2 milijona let.

Kalcit in aragonit sta polimorfa kalcijevega karbonata, kar pomeni, da imata isto kemično sestavo, vendar drugačno kristalno strukturo. Najpogostejša oblika **aragonita** so igličasti skupki, drobne prevleke in sige v obliki stalaktitov in stalagmitov, kjer se v istem kapniku lahko izmenjuje s kalcitom. Kateri mineral se bo izločal v določenem primeru, je odvisno od trenutne sestave raztopine, ki doteka v jamski prostor. V jamskem okolju je pri normalnih pogojih aragonit glede na kalcit manj stabilen in sčasoma prehaja v kalcit. Vprašanje je, zakaj potem aragonit v jamah sploh je, posebno če vemo, da je za kalcitom aragonit drugi najbolj pogosti jamski mineral, tako po svetu kot v slovenskih jamah.



*Jamsko mleko na spodnjem delu stalaktita, ki je bil potopljen v ponvico v Jami S647 v predoru Kastelec; izrez 3,5 cm.
Foto: Nadja Zupan Hajna*



Ledeni stalagmiti iz vhodnega dela Potočke zijalke. Karbidovka je postavljena za merilo.
Foto: Andrej Mihevc

O problemu izločanja aragonita v jamah je veliko teorij, najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na njegovo izločanje pred kalcitom, pa so magnezijevi ioni v raztopini. Na zvišanje razmerja Mg/Ca v raztopini, bolj kot sprememba tlaka CO₂, vpliva evaporacija, ki je vzrok za zaporedno izločanje kalcita, aragonita in Mg mineralov iz raztopine. Mg²⁺ ion v raztopini deluje tudi kot ovira pri nastajanju kalcitovih kristalizacijskih jeder, zaradi česar ima raztopina zadostno prenasíčenje, ki omogoča izločanje aragonita.

Pomemben dejavnik pri izločanju aragonita je tudi stroncijev ion, ki pospešuje nastajanje aragonitnih kristalizacijskih jeder. Ko začnejo jedra nastajati, se aragonit izloča na račun kalcita, ki ima višjo kristalizacijsko bariero. Na razmerje med izločanjem kalcita in aragonita imajo verjetno vpliv tudi pH, temperatura, sledni elementi in organske snovi.

Jamske ledene tvorbe nastajajo z zmrzovanjem kapljajoče in pronicajoče vode skozi razpoke v kamnini ter z zmrzovanjem vodnih hlapov. **Led** v jamah ima najpogosteje obliko prosojnih do prozornih stalaktitov, stalagmitov, stebrov, zaves in ledenih jezer. Kapniki so navadno gladki, brez izraščajočih kristalov. Pri nas so ledeni kapniki značilni za vhodne dele nekaterih jam visokogorskega krasa, pozimi pa tudi za vhodne dele nižje ležečih jam. Stalaktiti so kar ledene sveče, ki visijo s stropa in sten. V jamskih tleh, ki zmrzujejo, pa najdemo do več centimetrov dolge vlaknate ledene kristale. Najbolj slikoviti so po obliki kijasti stalagmiti, ki v vhodnih delih jam zrastejo v višino tudi preko 2 m. V ledenih jamah na ploskvah ledu včasih najdemo tudi pravilne kristale ledu, ki nastanejo s sublimacijo. V posameznih primerih se kristali oblikujejo v šesterostranih stopničastih lijakih, najpogosteje pa v igličastih skupkih. V posameznih primerih pa lahko kristalizirajo v ploščatih in več centimetrov velikih heksagonalnih kristalih.

Literaturni viri:

- HILL, C. A., P. FORTI, 1986: *Cave Minerals of the World*, 238 str. National speleologica society, Huntsville.
- COX, G., J. M. JAMES, R. A. L. ARMSTRONG, K. E. A. LEGGETT, 1989: *Stromatolitic cryfish-like stalagmites*, str. 339-358. Proc. Univ. Bristol Speleological Society, 18, Bristol.
- PLACER, L., B. OGORELEC, J. ČAR., M. MIŠIČ, 1989: *Nekaj novih podatkov o Ravenski jami na Cerkljanskem*, str. 129-138. Acta carsologica, št.18, SAZU, Ljubljana.
- KNEZ, M., N. ZUPAN, 1992: *Minerali v slovenskih kraških jamah*, 43 str. IZRK ZRC SAZU, Postojna.
- SELF, C. A., C. A. HILL, 2003: *How speleothems grow: an introduction to the ontogeny of cave minerals*, str.130-151. Journal of Cave and Karst Studies 65(2), National Speleological Society, Huntsville.

Kalcit iz kamnoloma Črnotiče

Željko Pogačnik, Miha Jeršek, Vili Podgoršek, Marjetka Kardelj

Kamnolom tehničnega kamna Črnotiče leži severno od regionalne ceste Črnotiče – Podgorje, vzhodno od magistralne ceste Ljubljana – Koper. Kamnolom omejuje na zahodu hrib Gaber (446 m), na zahodu in severu pa območje Petrinjskega krasa.

V geološko strukturnem pogledu spada ožji del kamnoloma v luscasto strukturo Čičarije, v makrotektonskem smislu pa k enoti



Del vzhodne brežine v kamnolomu Črnotiče leta 2004.
Foto: Miha Jeršek



Kalcit z razvitimi strmimi romboedri iz kamnoloma Črnotiče; 5 x 3 cm.
Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Ciril Mlinar



Skupek kristalov kalcita iz kamnoloma Črnotiče; 7 x 5 cm. Najdba in zbirka Marjetke Kardelj. Foto: Ciril Mlinar

Zunanjih Dinaridov. Tektonski blok sivega, gostega in trdnega, alveolinsko-numulitnega apnenca zgornje cuizijske starosti je proti jugozahodu narinjen na istodobne flišne plasti. Flišoidne kamnine sestavljajo glinavci, siv do sivorjav in rumenorjav, delno limonitiziran laporovec, ter skrila in bituminozen lapornat apnenec, apnenčev peščenjak, katerega prepletajo kalcitne žilice. Lуска alveolinsko-numulitnega apnenca oziroma njena narivna ploskev vpada 40° proti severovzhodu.

Ožji del kamnoloma je pretrt s številnimi urejenimi in sistemskimi prelomnimi strukturami. Ločimo dve poglavitni: prelome dinarske smeri ter manjše prelome v smeri slemenitve zahod jugozahod-vzhod severovzhod. Takšna geološka dinamika je vplivala tudi na kasnejši geomorfološki razvoj ob-



Na vrhovih drobnih kapnikov iz kamnoloma Črnotiče lahko prepoznamo značilne kristalne oblike kalcita kraških jam; 4 x 2 cm. Najdba in zbirka Marjetke Kardelj. Foto: Miha Jeršek

močja – na usmerjeno pronicanje površinskih voda. Povezava med geomorfologijo in strukturno geologijo je vidna tudi v sistematski razporeditvi kraških struktur (vrtač, brezstropnih jam ...) v smereh prelomnih elementov, ki so zaradi denudacije in eksploatacije mineralne surovine razkrite na površju in so zapolnjene s starejšimi jamskimi sedimenti ali jerino. V eni izmed takih kraških struktur, v brezstropni jami, je bil na fasetah najden jamski cevkar *Marifugia cavatica*.

V površinskem kopu lahko na odlomljenih blokih zakraselega apnenca opazujemo raznovrstne oblike **kalcita**, ki so značilne za kraške jame. Mednje sodijo številni kapniki, zavese, tanke kalcitne skorjice in tudi bolj ali manj popolno oblikovani kristali. Najpogostejši je protasti kalcit, ki je nastal z zbirno kristalizacijo drobnozrnate kalcitne sige. Na vrhovih protastih kalcitov, ki so veliki do 2 cm, so razvite kristalne ploskve strmega romboedra. V posameznih blokih apnenca lahko najdemo drobne skorjice kalcita ali *rafte*, ki ležijo druga na drugi. Nekatere skorjice so debele od 1 mm pa vse do 10 mm. Iz takšne podlage raste kalcit z razvitimi strmimi romboedri. Običajno so kristali brezbarvni do beli in veliki do 1 cm. Večji kristali s strmimi romboedri so redkejši. Najdemo jih na sigi in so običajno rjavi, rumeni, redkeje brezbarvni. Med kristalnimi oblikami kalcita so najredkejši igličasti. Razvite imajo zelo strme romboedre in so podobni razpotegnjenemu riževemu zrnju. Veliki so do 1 cm.

Redkeje najdemo kristale kalcita, ki niso povezani s sigo, in sicer v razpokah alveolinsko-numulitnega apnenca. Od prej omenjenih kristalov se ločijo po tem, da so vrhovi zaključeni s ploskvami položnega romboedra; običajno so veliki do 1 cm.

Poleg kalcita najdemo v kamnolomu Črnotiče tudi **bobovce**, ki skupaj z jerino zapolnjujejo posamezne kraške kaverne.

Literaturni viri:

- PLENIČAR, M., A. POLŠAK, D. ŠIKIČ, 1973: *Tolmač za list Trst*. Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000 (luskasta struktura Čičarije, str. 41). Zvezni geološki zavod, Beograd.
- PLACER, L., 1998: *Structural meaning of the Sava folds* (enota Zunanjih Dinaridov, str. 191-221). Geologija, knjiga 41, Ljubljana.
- MIHVEČ, A., P. BOSAK, P. BRUNER, B. VOKAL, 2002: *Fosilni ostanki jamske živali Marifugia cavatica v brezstropni jami v kamnolomu Črnotiče v zahodni Sloveniji* (jamski cevkar *Marifugia cavatica*, str. 471-474). Geologija, knjiga 45/2, Ljubljana.
- DROBNE, K., V. PREMEC FUČEK, Ž. POGAČNIK, N. PUGLIESE, 2006: *The succession of planktonic and larger foraminifera in the Sopada section across the K/T, P/E boundaries and the disappearance of the carbonate platform regime at the Ilerdian to Cuisian transition*. V: Caballero F. et al., eds. *Climate & Biota of the Early Paleogene*, Volume of Abstract, (starost apnenca, str. 137-138), Bilbao.

Kalcit iz kamnoloma Mali Medvejk pri Sežani

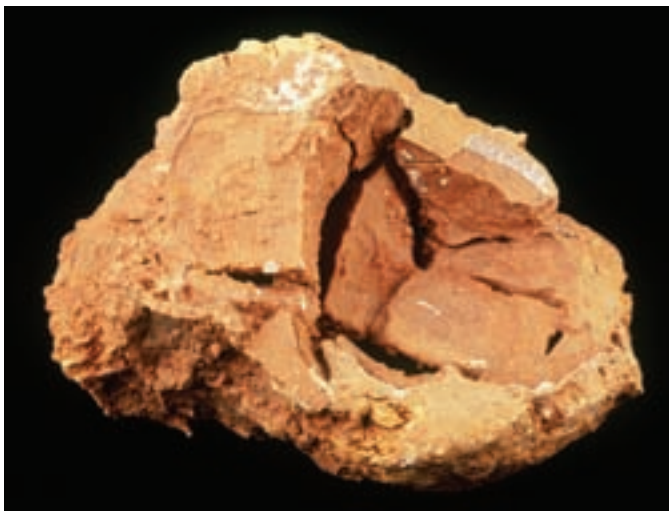
Miha Jeršek, Marjetka Kardelj

Kamnolom tehničnega kamna Mali Medvejk na vzhodnem pobočju hriba Mali Medvedjak je dva kilometra severozahodno od Sežane. Odprli so ga leta 1982, po zaprtju starega sežanskega kamnoloma. Danes ima pet etaž, ki se raztezajo med 360 m in 426 m. Ozemlje je poraslo z nizkim grmičevjem, brinjem, listnatim in deloma mešanim gozdom. Pobočje, v katerem je kamnolom, je položno z vmesnimi strmimi skalnatimi prehodi. Po kamninski sestavi prevladuje trd, temnosiv do črn, tu in tam tudi sivorjavi mikritni plastnati apnenec. Leži nad zgornjekrednim repenskim apnencem, ki je bogat s fosilnimi ostanki, predvsem z velikimi rudistnimi školjkami. Na površini je rahlo spremenjen, deloma zakrasel in razpokan. Ponekod najdemo tudi leče dolomitiziranega apnenca.

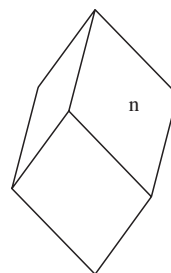
Razpoke in kaverne v apnencu so prevlečene s sigo ali drobnimi kristali **kalcita**. Najpogostejši so protasti kristali, ki so nastali z rekristalizacijo starih sig. Na vrhovih kristalov so razvite ploskve strmega romboedra. Takšni kristali so rdečkastorjavi, rjavi do zelenorumeni, prosojni do prozorni, in veliki do 3 cm.



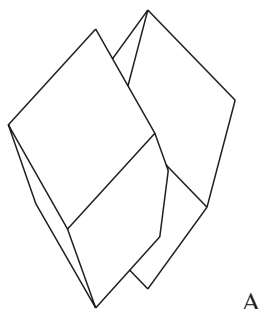
Kamnolom Mali Medvejk leta 2004.
Foto: Miha Jeršek



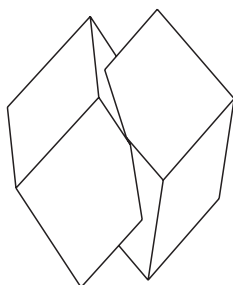
Presek septarijske konkrecije z razpokami; 25 x 14 cm. Nekatere so lahko mineralizirane z drobnimi kristali kalcita z razvitimi položnimi romboedri $e\{012\}$. Najdba in zbirka Marjetke Kardelj. Foto: Ciril Mlinar



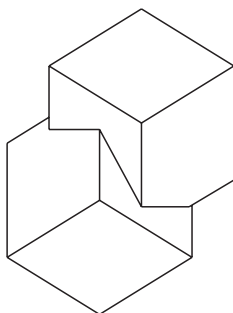
Kristali kalcita iz geod v apnencu imajo preproste kristale z razvitimi kristalnimi ploskvami romboedra $n\{021\}$. Risba: Miha Jeršek



A



B



C

Lateralni dvojček kalcita je poseben tip dvojčkov. Na primeru iz Malega Medvejka sta kristala zdvožčena tako, da je njuna dvojčična ravnina (001). Ker pa sta njuni kristalografski osi c razmaknjeni, dobimo tako imenovani lateralni dvojček. Na risbi a je lateralni dvojček v klinografski projekciji, na risbi b je dvojček obrnjen tako, da je kar najbolje viden, na sliki c pa v smeri (001). Risbe: Miha Jeršek, Mirjan Žorž



Lateralni dvojčki kalcita 50 x 35 mm iz kamnoloma Mali Medvejk pri Sežani. Najdba in zbirka Marjetke Kardelj. Foto: Miha Jeršek

Zelo redko najdemo povsem brezbarvne in prozorne kristale kalcita, ki zapolnjujejo večje ali manjše votline v apnencu. Razvite imajo ploskve negativnega strmega romboedra. Njihova posebnost je v tem, da oblikujejo lateralne dvojčke, pri katerih so kristalografske osi c posameznih subindividuomov vzporedne. Zdvoženi kristali izrazito izstopajo iz podlage, na kateri so razviti manjši samski kristali. Veliki so do 2 cm.

Posamezne kaverne so zapolnjene z nanosi površinske preperine oziroma z rdečerjavo jerino. V njej najdemo številne septarijske konkrecije. Velike so od nekaj centimetrov pa vse do 30 cm v premeru. Razpoke znotraj septarijskih konkrecij so lahko sekundarno zapolnjene s kalcitom. Kristali so majhni in ne presegajo 3 mm. Imajo preprosto morfologijo, saj imajo razvite le ploskve zelo položnega romboedra. Na nekaterih konkrecijah je na površini polno drobnih, ovalnih in okroglih **bobovcev**, ki v premeru ne presegajo 6 mm.

Literaturna vira:

ROKAVEC, D., 2002: *Elaborat o klasifikaciji in kategorizaciji izračunanih zalog in virov tehničnega kamna – apnenca na območju kamnoloma Mali Medvejk* (geologija terena, str. 2-4). Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

ŽORŽ, M., 2002: *The Symmetry System* (lateralni dvojček, str.193; fotografija lateralnega dvojčka kalcita, str. 210-211). Grosuplje.

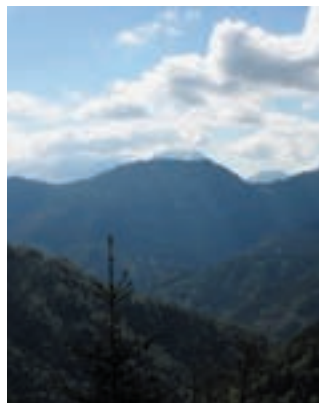
Kalcit in aragonit izpod Stegovnika

Davorin Preisinger, Uroš Herlec, France Stare, Miha Jeršek

Stegovnik je 1.692 m visoka gora, katere izrazit vršni greben v smeri sever-jug je razvodnica med porečjem Tržiške Bistrice z Medvodjem v dolini Jelendol na zahodu in Kokre z Jezerskim na vzhodu. Na severu se greben spusti na Močnikovo sedlo in v obsežne gozdove Komatevce. Iz sedla na južni strani se pobočja dvignejo v Storžič. Privlačna skalna gmota Stegovnika, ki se dviga nad gozdno pokrajino, je primerna za lahke planinske ture. Z vzhoda s Spodnjega Jezerskega in z zahoda iz Medvodja v dolini Jelendol vodita na vrh markirani poti. Ob lepem vremenu je trud poplačan s prelepim razgledom na vse strani.

Več kot 400 metrov visoke stene Stegovnika so iz svetlo sivega do belega, redkeje temnosivega masivnega grebenskega apnenca, v katerem so med fosili najlaže prepoznavne korale in stromatoporida. Kamnine so srednjedevonske starosti in so med najstarejšimi fosilnimi kamninami v Sloveniji. V geološki zgodovini je ta apnenec večkrat zakrasel. Na severnem delu grebena proti Fevču so izdanki najstarejšega znanega paleokrasi v Sloveniji, saj so se apneneci po odložitvi dvignili na površje in zakraseli, o čemer pričajo rjavkastordeči peščeni paleokraški sedimenti v značilnih paleokraških korozijskih kotanjah. Po močni tektonski fazi, ko je celoten prostor sedimentacije potonil v morske globine, so se čez kraške sedimente erozijsko diskordantno odložile plasti spodnjekarbonskih flišev. Med plastmi klastičnih kamnin, predvsem glinavcev in litičnih peščenjakov, so še tanjše plasti črnih mikritnih apnencev s konodonti, ki pričajo o daljših mirnih obdobjih med sunkovito sedimentacijo pobočnih turbiditnih tokov. Redke žile porfiroidov in vložki tufov v plasteh dokazujejo takratno vulkansko dejavnost.

Zakraseli srednjedevonski grebenski apneneci s svojo značilno kraško poroznostjo in propustnostjo so bili dobra past za rudonosne raztopine, ki so nastajale pri ohlajanju vulkanskih kamnin. Menimo, da so prav iz tega časa na severozahodni strani Stegovnika ob stiku zakraselih devonskih apnencev in spodnjekarbonskih neprepustnih plasti nastale nepravilne rudne impregnacije, v katerih najdemo v deloma okremenjenih apnencih drobnozrnat pirit, sfalerit, tetradrit, boulangerit, halkopirit, galenit, verjetno geokronit ter cinabarit z baritom. Mikroskopske raziskave so pokazale, da je bil precejšnji del orudjenja nadomeščen s kalcitnimi metakristali, ki so znižali prisotnost kovin v že tako razmeroma siromašni rudi. Stara



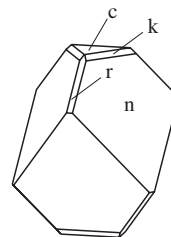
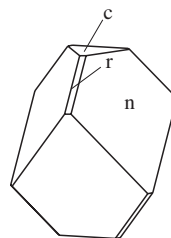
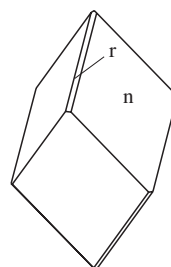
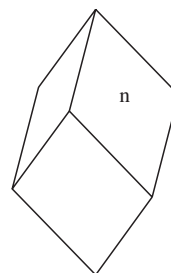
Pogled na Stegovnik.
Foto: Davorin Preisinger



Detajl iz jame, ki je bila razkrita ob spodmolu; izrez 40 x 25 cm. Pokazali so se skupki aragonitov, ki so zaradi zmrzali večinoma slabo ohranjeni.
Foto: Davorin Preisinger



Desno je kristal kalcita z razvitimi kristalnimi ploskvami romboedra $n\{021\}$ in pinakoida $c\{001\}$; 81 x 49 mm. Najdba in zbirka Franceta Stareta.
Foto: Miha Jeršek



sledilna rudarska dela so ponekod še opazna. Podobni rudni pojavi so tudi na enakem litostratigrafskem stiku na sedlu Pod Rušem in v pobočju pod Virnikovim Grintavcem.

Masivni srednjedeovski apnenci so bili v geološki zgodovini še večkrat zakraseli in na številnih mestih lahko najdemo kraške jame. V njih so kristali **kalcita** in **aragonita**. Najlažje in brez večjega posega jih najdemo v posameznih odlomih ali v kamninskih blokih, ki so zaradi zmrzali in drugih vplivov popadali s pobočij Stegovnika, kjer so razgaljene tudi nekdanje kraške jame. Večina kristalov je neprivlačnih, saj so razpokani in precej korodirani. V delih kraških votlin, kjer so bili pred zmrzaljo in raztapljanjem zaščiteni z jamsko glino, pa lahko najdemo brezbarvne, čiste in dobro ohranjene kristale. Imajo razmeroma enostavno, pa vendar edinstveno morfologijo pri nas. Večinoma imajo razvite samo ploskve romboedra. Posebnost so kristali s pinakoidom, ki je za kalcite iz najdišč v Sloveniji razmeroma redka ploskev. Zanimivo je, da je večina kristalov zraščena v obliki lateralnih dvojčkov. Najlepše ohranjeni so v večjih razpokah, kjer lahko dosežejo tudi nekaj centimetrov, čeprav večina kristalov ne presega 1 cm. Pogostejši kot kalcit je v nekaterih jamah pod Stegovnikom kasneje izločeni aragonit in sicer v obliki belih skorij na stenah in stropih votlin. Skorje so debele od nekaj milimetrov pa vse do 2 cm. Iz njih izraščajo posamezni zaviti snopasti skupki aragonita, veliki tudi do 10 cm. Na preseku lahko opazimo značilno žarkasto rast igličastih kristalov. Po pripovedovanju bolj izkušenih kolegov so bili v eni od jam tudi lepo razvejani snopasti skupki aragonita, ki pa so jih

Posebnost kristalov kalcita izpod Stegovnika so kristali z razvitimi kristalnimi ploskvami pinakoida $c\{001\}$. Na kristalih pa lahko opazimo še kristalne ploskve romboedrov $n\{021\}$, $r\{101\}$ in $k\{011\}$. Risbe: Miha Jeršek



*Lateralen dvojček kalcita;
17 x 14 mm. Najdba in zbirka
Davorina Preisingerja.
Foto: Davorin Preisinger*

v preveliki zbirateljski vnemi nekateri takrat še neuki zbiralci žal poškodovali in niso ohranjeni. Kalcit je zelo verjetno nastal v starem kraškem hidrološkem sistemu, v času, ko je bil celoten masiv Stegovnika pod gladino talnih voda. Aragonit pa je po našem mnenju nastal kot posledica pretakanja meteorske vode skozi prepustne apnence v času po dvigu masiva Stegovnika nad gladino podtalnice. Za aragonit je sicer značilno, da nastaja pri nekoliko višjih temperaturah kot kalcit ter iz raztopin z več magnezija, ki je sicer zaviralec izločanja kalcita. Trenutno je to najvišje nahajališče aragonita v Sloveniji.

Literaturna vira:

- RAMOVŠ, A., 1976: *Biostratigrafski dosežki v paleozoiku Slovenije v zadnjih 20. letih*. 8. jugoslovanski geološki kongres, str. 28-30, Ljubljana.
DROVENIK, M., M. PLENIČAR, F. DROVENIK, 1980: *Nastanek rudišč v SR Sloveniji*. Geologija, knjiga 23/1, str. 1-57, Ljubljana.

Aragonitni ježki v Ravenski in Kamniški jami

Davorin Preisinger

Aragonit je v jamah po svetu in v Sloveniji cenjena naravna vrednota. Pri nas je najbolj poznana Ravenska jama, ki nosi ime po vasi Ravne nad Cerknim. V Zeleniških špicah nad Kamniško Bistrico pa leži Kamniška jama, v kateri ravno tako najdemo aragonitne kristale.

Ravensko jama (katastrska številka 1547, nadmorska višina vhoda 703 m) je 9. marca 1832 slučajno odkril posestnik Martin Čelik, ko je tik ob svoji hiši odprl kamnolom. Jama si je med prvimi ogledal višji sodnik Josip Kafol, domačin, ki je nekaj kristalov aragonita odlomil in poslal bratu Antonu, profesorju v Gorico. Brata Kafol sta kmalu zatem skupaj odšla v jama. Anton Kofol si je nalomil več primerkov aragonita in jih pozneje podaril prijateljem. Tako je en kos prispel do kustosa Deželnega muzeja, Idričana Henrika Freyerja. To Freyerju ni zadoščalo, zato se je maja leta 1834 v spremstvu sodnika Kafola odpravil v Ravensko jama. Pretaknila sta vse dostopne dele. Freyer je jama izmeril in pozneje narisal načrt. Sam v dnevniku navaja, da je izklesal iz sten najlepše kose, kar jih je našel. Primerke aragonita je izročil Deželnemu muzeju, da bi jih imel za zamenjavo in bogatitev svoje zbirke.

Ravenska jama leži v območju srednjetriasnih ladinjskih plasti v ozkem, okrog 50 m debelem zaporedju temnosivega neplastnatega apnenca. Ta je drobnozrnat in preprežen z gosto mrežo kalcitnih žilic. Nad plastmi apnenca leže tufske, skrilave in peščene plasti julske in tuvalske starosti, ki pripadajo borovniški formaciji, prekriva pa jih dolomit norijske starosti. V zakraselem apnencu karbonatne vode izločajo aragonit, če so tople, oziroma če so v raztopini sulfatni, magnezijevi, stroncijevi ali barijevi ioni.

Dno Ravenske jame je v večjem delu prekrto s suho in trdo rjavo ilovico, medtem ko so na stenah jame popolnoma beli **aragonitni ježki**. Ti so iz igličastih kristalov, ki so radialno razporejeni. Ko jih osvetlimo, se zalesketajo in doživetje je popolno. Posamezni kristali so debeli od 1 do 10 mm, dolgi pa tudi 7 cm. V jami so poleg aragonitnih ježkov še aragonitni kapniki in heliktiti ter kalcitni kapniki in siga.

Kamniška jama (katastrska številka 5058, nadmorska višina vhoda 1.400 m) leži v Zeleniških špicah Kamniško - Savinjskih Alp. Zeleniške špice so ozek gorski hrbet, ki se dviga proti severozahodu od Kamniške Bistrice do Srebrnega sedla in se



*Skupek aragonitnih kristalov iz Ravenske jame, dolga 12 cm.
Foto: Tomaž Planina*

priključi Planjavi. Na severni strani Zeleniških špic je zatrep Repov kot, na južni strani pa leži dolina Bele.

Kamniško jamo so leta 1978 odkrili člani Društva za raziskovanje jam Kamnik. Iskali so neko drugo jamo v Zeleniških špicah, in so počivali pod spodmolom. Eden izmed članov je stikal po neobetavnih razpokah in na koncu ene odkril, da se nadaljuje v jamo. Sledila so večletna raziskovanja in na koncu so namerili 1.600 m rogov in 226 m globine.

Nastanek Kamniške jame sega v čas pred 2 in 5 milijoni let. Jama je oblikovana v komaj 1 km širokem grebenu apnenca in sicer vzporedno s smerjo hrbta. Dolini na obeh straneh ležita 700 m nižje, zato je jasno, da danes v takšnih razmerah vodoravna



*Skupek aragonitnih kristalov iz Kamniške jame; 25 x 16 cm.
Foto: Davorin Preisinger*

jama ne bi mogla nastati. Pomemben mejnik pri ugotavljanju starosti jame je pretočitev zgornjega dela potoka Lučke Bele v Kamniško Bistrico. Pred pretočitvijo je vodovje s tega področja odtekalo proti vzhodu za umikajočim se Panonskim morjem. Glavni rov v jami je nastal pred pretočitvijo, saj blago pada proti vzhodu. Na vzhodnem koncu pa je rov z markantnim prelomom odrezan od nadaljevanja jame.

V predzadnji dvorani so lepi aragonitni kristali. Zato so to dvorano poimenovali Aragonitna dvorana. Po stenah so posamezne skupine zraščeni ježkov. Vrhovi posameznih kristalov so široki od 1 do 3 cm, sami kristali pa so dolgi tudi do 12 cm. Na nekaterih vrhovih aragonitnih kristalov so razraščeni drobni aragonitni kristali v obliki rože. Med aragonitnimi ježki je včasih vraščenih nekaj aragonitnih stalaktitov manjših dimenzij. Na nekaterih mestih, kjer aragonit še vedno nastaja, je bel do svetlo rumen, medtem ko je tam, kjer že propada, temnorjav. V aragonitu iz Kamniške jame je tudi nekaj sadre in kalcita.

Aragonitni kristali so najlepši takrat, ko še nastajajo. Zato dandanes med jamarji in tudi ostalimi obiskovalci jam velja nepisano pravilo, da jih pustimo in občudujemo tam, kjer so, da jih bodo lahko občudovali tudi naši zanamci. Vsekakor pa je obisk ene izmed omenjenih jam pod vodstvom izkušenih vodnikov nepozabno doživetje.

Literaturna vira:

- KUŠČER D., R. SAVNIK, J. GANTAR, 1959: *Ravenska jama* (zgodovinski opis, geologija, opis mineralov, str. 7-25). Acta Carsologica 2, SAZU, Ljubljana.
URBANC J., 1981-82: *Kamniška jama* (zgodovinski opis, geologija, opis mineralov, str. 25-34). Naše jame, št. 23-24, Jamarska zveza Slovenije, Ljubljana.

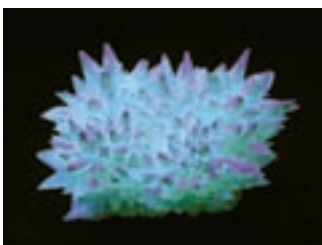
Fluorescirajoči kalcit iz kamnoloma pri Stahovici

Vili Podgoršek

Kamnolom kalcita je od Stahovice pri Kamniku oddaljen le nekaj sto metrov v smeri proti izviru Kamniške Bistrice. Zajeda se v številnih etažah v strmo pobočje Grohata. Nahajališče kristalov kalcita, ki smo ga odkrili spomladi leta 1994, je v osrednjem delu etaž.

Območje kamnoloma je iz zgornjetriasnih apnencev, ki spadajo v geotektonsko enoto Savinjskih Alp. Zaradi intenzivnega tektonskega delovanja so kamnine v kamnolomu močno razpokane, zdrobljene in rekristalizirane.

V kamnolomu pridobivajo dve vrsti apnenca. Na spodnjih etažah pridobivajo takoimenovani *kalcit*. To je zelo čist, bel, skoraj povsem rekristaliziran debelozrnat sparitni apnenec. Na zgornjih etažah pa pridobivajo apnenec. To je mikritni apnenec sive barve, ki je tudi močno razpokan in pretrt. Kristali **kalcita** so v razpokah in votlinicah tega apnenca. Razvite imajo strme negativne romboedre, zato so videti ošiljeni. Posamezni kristali so visoki do 25 mm, skupki pa merijo do 20 cm. Večinoma so rahlo rumenkasti in prosojni do prozorni. Njihova glavna značilnost je, da belo fluorescirajo, če jih osvetlimo z ultravijolično svetlobo. Na površini kristalov je bel oprh minerala, ki še ni določen.



Strmoromboedrski kristali kalcita pri dnevni svetlobi (zgoraj) v ultravijolični svetlobi belo zažarijo; 42 x 26 mm. Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Miha Jeršek



Skupek strmoromboedrskih kristalov kalcita iz Stahovice; 50 x 55 mm. Najdba in zbirka Vilija Podgorška. Foto: Miha Jeršek

Sadrini kristali v kraški jami južno od Velenja

Nadja Zupan Hajna

Sadra je za kalcitom in aragonitom tretji najpogostejši mineral v kraških jamah po svetu, pri nas pa ni ravno pogosta. Da sadra kristali v jami, potrebuje izvor sulfatnega iona. Največkrat je to oksidacija pirita v apnencu ali naplavljenih sedimentih, lahko pa tudi razpad netopirjevih iztrebkov, prisotnost vulkanskih raztopin itd. Najbolj značilne oblike sadre v naših jamah (Kamniška jama, jama Kubik, Marijino brezno ...) so skorje, prevleke in tako imenovani *sadrini cvetovi* (žarkasti skupki) iz do 2 cm dolgih igličastih kristalov, vendar še to zelo redko. Pri običajni jamski temperaturi – povprečna letna temperatura v jamah pri nas je okrog 10 °C – in vlagi je sadra stabilna. Sadra je v vodi topna, zato se lahko kristali sadre ohranijo le v delih jame, kjer ni s sulfatom nenasičene vode.

Južno od Velenja je na triasnih apnencih in dolomitih razvit tako imenovan osameli ponikovski kras z vsemi značilnostmi plitvega krasa. Nahajališče kristalov **sadre** je v jami na stiku med zgornjetriasnim apnencem, oligocenskim andezitnim tufom in vulkansko brečo ter brečo z apnenčevimi, dolomitnimi, andezitnimi in keratofirjevimi klasti, katere vezivo je delno tufsko. Na stiku med kremenovim keratofirjem in apnencem so v bližini Velike Pirešice znana sulfidna nahajališča pirita in



Igličasti kristali sadre, dolgi do 1,5 cm, izraščajo iz jamske stene.
Foto: Nadja Zupan Hajna



Naplavine v suhem delu jame, v katerih so zrasli veliki kristali sadre.
Foto: Nadja Zupan Hajna

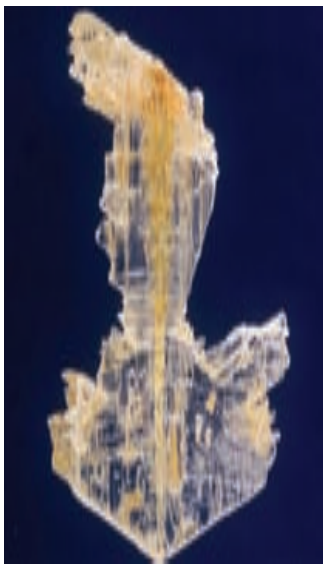
galenita. Jama je aktivni požiralnik z več kot 1 km rovov. Glavni vodni rov je do okrog 6 m visok meander, ki nekajkrat v zgornjem delu preseka starejše, sedaj suhe rove. Posebnost v tej jami so vsekakor do 15 cm veliki in do 3,5 cm debeli sadrini kristali, ki so zrastle v naplavini. Nahajališča sadre so v suhih zgornjih rovih, kjer so ostanki starejše naplavine, s katerimi so bili rovi zapolnjeni, zdaj pa je večinoma erodirana. Temperatura v delu jame, kjer so sadrini kristali, je med 10 in 12 °C. Aktivni rovi so v glavnem brez naplavljenih sedimentov, v končnem delu jame pa je poleg naplavin v enem od zgornjih rovov tudi nekaj kalcitnih kapnikov s heliktiti, več aragonitnih skorij ter ježkov.

Večji kristali sadre so v naših jamah redki, zato je njihova najdba izjemnega pomena. Kristale so med raziskovanjem in merjenjem jame našli člani jamarskega kluba Črni galeb iz Prebolda in jih omenjajo v svojem zapisniku o raziskovanju jame med letoma 1971-1976. Avtor zapisnika je Darko Naraglav, ki rov v končnem delu jame, poln naplavin, opisuje kot posebnost, ker so tam v naplavljenem sedimentu veliki kristali. Leta 1975 so med jamarsko ekskurzijo kristale pokazali Andreju Mihevcu, ki je predvideval, da gre za sadrine kristale. Leta 1991 smo jama obiskali sodelavci z Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU, opisali in poslikali nahajališče ter vzeli nekaj primerkov za zbirko inštituta. Takrat je bilo v sedimentu še vse polno velikih kristalov. Ob ponovnem obisku leta 2004 pa je bilo na žalost opaziti, da je nahajališče precej poškodovano in to predvsem zaradi nevednosti jamarjev, ki hodijo čez nahajališče proti koncu jame.

Sadra je v jami v več oblikah. Iz sten in fluvialnih sedimentov rastejo skorje in cvetovom podobni skupki kristalov, veliki do 2 cm. Kristali v skorjah so vlaknati, bele barve in rastejo pravokotno na steno. Sadrini cvetovi so radialni skupki igličastih kristalov z zavitimi konicami. Nekaj sten v zadnjem delu jame je prekritih s *sadrinim ledom* iz okrog 1 mm debele, prozorne in bleščeče skorje sadre.

Nahajališče sadrinih kristalov je profil naplavin, visok 1,5 m. V spodnjem delu ga sestavljajo laminirane gline in melj, v zgornjih 30 cm pa je naplavina peščena, pomešana z večjimi in manjšim prodniki. V obeh frakcijah rastejo kristali, ki pa so po obliki različni. V laminiranem sedimentu rastejo do 10 cm dolgi in do 5 mm debeli igličasti kristali, v peščenem sedimentu pa podolgovati kristali, dolgi do 15 cm in s premerom do 3,5 cm. Na prvi pogled so to pravilni kristali, ki so bili kasneje korodirani, v resnici pa so slabo razviti, ker jih je pri rasti oviral sediment. Enake kristale poznamo tudi iz jame Novella pri Bologni v Italiji.

Sadra v kraških jamah lahko nastaja na več načinov. Najpogosteje nastaja pri evaporaciji raztopin, bogatih s sulfatnimi ioni, ki so rezultat oksidacije železovih sulfidov. Mineralna sestava vzorcev glinenega in peščenega sedimenta iz profila



Lastovičji rep korodiranih kristalov sadre iz jame pri Velenju; 8 x 3 cm. Zbirka Inštituta za raziskovanje krasa v Postojni, ZRC SAZU. Foto: Ciril Mlinar

v končnem delu jame, kjer je nahajališče sadrinih kristalov, je bila določena z metodo rentgenske difrakcije. Ne v enem ne v drugem vzorcu ni pirit ali markazita in ne limonita, ki bi bil ostanek njune oksidacije, zato ta sediment vsekakor ni izvor sulfatnih ionov, ki so potrebni za nastanek sadrinih kristalov. S sulfatnimi ioni bogata voda pronica v sediment od drugod in v sedimentu lahko reagira s kalcitom, kjer se nato izločajo idiomorfni kristali sadre. Verjetno pa so bili kalcijevi in sulfatni ioni transportirani z večjih razdalj, kar zaradi dobre topnosti sadre ne bi bilo nič nenavadnega. Geneza velikih kristalov sadre je tako v jami pogojena z raztopino, bogato s sulfatnimi in kalcijevimi ioni, ki se preceja skozi dokaj porozne sedimente, v katerih kristali lahko rastejo. Kristalizacija sadre se začne, ko je raztopina prenasršena zaradi evaporacije vode iz sedimenta. Najlepše razviti kristali nastanejo v homogenem okolju, kot so v našem primeru glinaste plasti, v bolj grobo zrnavih plasteh pa so kristali sadre zaradi neizotropnega okolja, kjer rastejo, tudi manj pravilno razviti.

To najpomembnejše slovensko nahajališče večjih kristalov sadre v jamah je na žalost precej uničeno in močno ogroženo.

Literaturni viri:

- GERMOVŠEK, C., 1953: *Kremenov keratofir pri Veliki Pirešici* (pirit, galenit, žveplena kislina, str. 163). Geologija, knjiga 1, Ljubljana.
- NARAGLAV, D., 1971 - 1976: *Zapisnik terenskih ogledov 1971-1976*. Kataster IZRK ZRC SAZU, Postojna.
- BUSER, S., 1977: *Osnovna geološka karta, list Celje*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- HILL, C. A., P. FORTI, 1986: *Cave minerals of the world* (selenit, str. 121). National speleological society, Huntsville.
- MIHEVC, A., 1991: *Dopolnilni zapisnik*. Kataster IZRK ZRC SAZU, Postojna.
- MIHEVC, A., 1992: *Sadra v Tajni jami in jami Kubik*. Acta carsologica 21, str. 175-183, SAZU, Ljubljana.
- HILL, C. A., P. FORTI, 1997: *Cave minerals of the world*, Second Edition. Deposition and Stability of Sulfate minerals, str. 187-193. National speleological society, Huntsville.



Nepopolno razviti kristali sadre, zrasli v jamski naplavini; 10 x 3 cm. Zbirka Inštituta za raziskovanje krasa v Postojni, ZRC SAZU. Foto: Ciril Mlinar

Kristali sadre v preperini oligocenskih klastitov iz jamskih sedimentov v Bohinju

Uroš Herlec, France Stare, Miha Jeršek, Nadja Zupan Hajna

Kristale sadre smo našli v zelenkasto sivi in rjavi ilovici v spodnjem delu naravnem stiku erozijsko bolj obstojnih zgornjetriasnih apnencev, ki pripadajo Pokljukinemu pokrovu, in oligocenskih apnenčevih peščenjakov in laporovcev, ki ležijo erozijsko diskordantno na zgornjetriasnih kamninah Krnskega pokrova v južnem vznožju Pokljuke. Spodmol je nastal z bočno erozijo majhne kraške jame v strmem pobočju, kjer je manjših kraških jam v erodiranem čelu nariva še nekaj. Kraška jama je nastala na naravnem stiku neprepustnih oligocenskih apnenčevih peščenjakov in laporovcev v talnini ter razpokanih in zakraselih zgornjetriasnih apnencev v krovni. Nahajališče sta pred 15 leti odkrila brata Hribernik, takrat člana geološkega krožka, ki ga je dolga leta vodil France Stare.

V spodnjem delu spodmola – nekdanje kraške jame – so ponekod na stenah kraško korozijsko razjedene apnenca limonitne prevleke, ki kažejo, da so prinašale vode z negativno vrednostjo Eh iz pretrtih in slabo prepustnih oligocenskih peščenjakov iz talnini ob narivnici tudi dvovalentno železo, ki se je v oksidacijskih razmerah kraške jame spremenilo v trivalentnega. Pri tem se je odložilo v nekaj milimetrov debelih temnorjavo do oranžnorumenih goethitno-lepidokrokitnih skorjicah, ki smo jih potrdili z rentgensko difrakcijo. Voda hkrati z železovimi Fe^{2+} ioni še vedno prinaša tudi sulfatni (VI) ion SO_4^{2-} . Menimo, da se oba sproščata pri oksidaciji železovih sulfidov iz zgodnjediagenetskih impregnacij železovih sulfidov (pirita in markazita), ki so v oligocenskih klastičnih sedimentih zelo pogosti, na kar kaže tudi značilna siva do zelenkastosiva barva sveže kamnine in rjavi odtenki na površini preperele (oksidirane) kamnine. Ob narivnici so oligocenske kamnine močno zdrobljene in mnogo slabše porozne in prepustne kot zgoraj ležeči zakraseli apneneci, vendar zelo počasen tok vode skozi očitno omogoča oksidacijo železovih sulfidov ter za rast kristalov sadre še vedno zadosten dotok raztopin s sulfatnimi ioni. V nasipnem stožcu ilovice, ki je nastala s preperevanjem oligocenskih apnenčevih peščenjakov in laporovcev, se voda s sulfatnimi ioni iz talnini k sreči ne meša in s tem redči s kraško vodo iz krovinskih apnencev. To zagotavlja za rast kristalov sadre dovolj visoko koncentracijo sulfatnih ionov v porni vodi ilovice, ki je omogočila za te pogoje nastanka presenetljivo



Izrazito dolgoprizmatski kristali sadre; 45 x 25 mm. Najdba in zbirka Franceta Stareta. Foto: Ciril Mlinar



Kratkoprizmatski kristali sadre so priraščeni na dolgoprizmatskem kristalu sadre; 35 x 22 mm. Najdba in zbirka Miša Serajnika. Foto: Ciril Mlinar

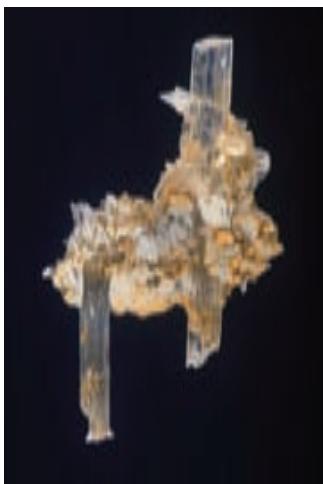
velikost kristalov. Kalcijevih ionov, ki so tudi potrebni za nastanek sadre, je namreč dovolj tako v apnenčevih peščenjakih v talnini kot v krovinskih apnencih. Okrog 4 m globoka streha spodmola ščiti ilovnato preperino oligocenskih peščenjakov v nasipnem stožcu pred meteorno vodo, ki bi sicer redčila s sulfatnim ionom bogatejše vode in tako lahko topila že nastale kristale sadre.

Menimo, da kristali sadre rastejo predvsem zato, ker se površina ilovice večji del leta v suhih dnevih in ob pihljanju pobočnega vetra suši. Zaradi izhlapevanja na površini in zaradi kapilarno dvigajoče se vode se koncentracija sulfatnih ionov v pornih vodah preperle mehke ilovice dvigne do take mere, da omogoča rast kristalov. Zrnavost ilovice in s tem poroznost in prepustnost se v nasipnem stožcu z globino spreminjata. V skladu s tem se spreminja tudi velikost najdenih kristalov. Modrikastosivi in vijoličasti oprhi sten por v sedimentu iz raziskovalne sonde 50 x 50 cm, ki smo jo skopali v zadnjem delu jame blizu tektonskega stika, se spreminjajo v skladu z zrnavostjo in omočenostjo sedimenta. Kaže, da so v porah dejavne razne vrste bakterij, ki glede na mikrokemijske pogoje in svojo številčnost sediment različno obarvajo. Ko se sediment posuši, ta biogena pigmentacija izgine.

Prosojni do prozorni kristali **sadre** so praviloma zdvojeni po (100), široki do 7 mm in dolgi do 7 cm. Ta tip dvojčenja je znan pod imenom *lastovičji rep*. Oblika zdvojenih kristalov je izrazito dolgoprizmatska. Le redko pa najdemo nezdvojčene kristale, ki so kratko- do srednjeprizmatski. Ti so veliki do 2 mm. Samski kristali in dvojčki se lahko med seboj zraščajo in sestavljajo žarkaste skupke do 7 x 5 cm.



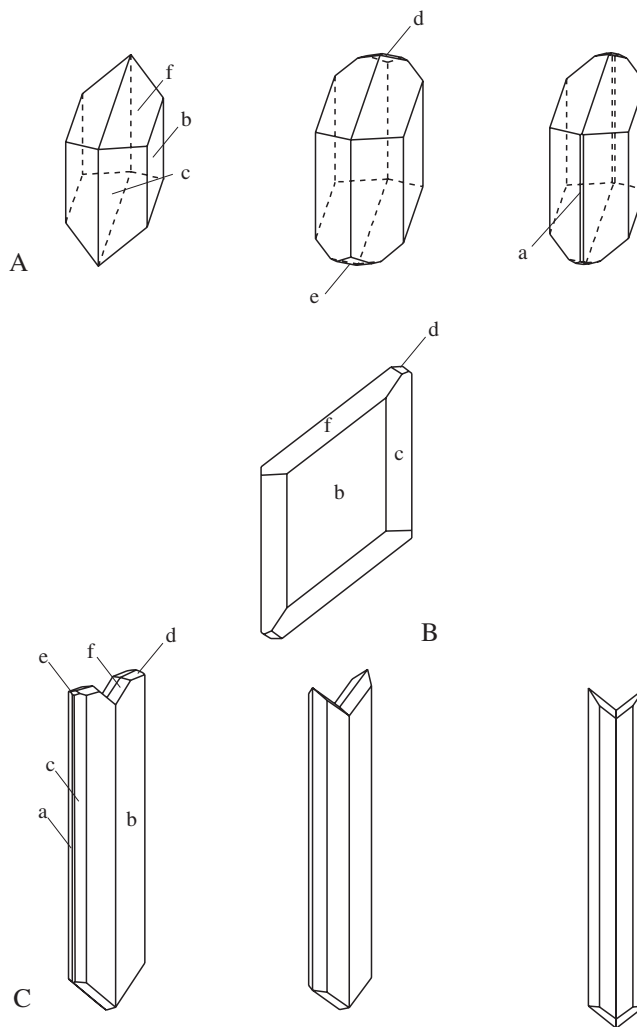
Zdvožen kristal sadre; 35 x 5 mm. Najdba in zbirka Franceta Stareta. Foto: Ciril Mlinar



Skupek kristalov sadre; 35 x 40 mm.
Najdba in zbirka Franceta Stareta.
Foto: Ciril Mlinar

Nekateri dolgoprizmatski kristali sadre imajo priraščene kratko do srednjedolgoprizmatske kristale sadre. To pomeni, da so se razmere pri kristalizaciji sadre večkrat spreminjale, verjetno zaradi spremenljivega dotoka in s tem različne koncentracije sulfatnih ionov v vodi.

V stropu spodmola so tudi kristali **kalcita** skaloederskega habitusa, veliki do 20 mm, ki so nastali še v času, ko je bila jama dolgo obdobje zalita s kraško vodo, nasičeno s karbonatnimi ioni.



Samski kristali sadre v klinografski projekciji (A) in v projekciji na (010) ravnino (B). Zdvojeni kristali sadre po (100) v klinografski projekciji (C) in dvojček v projekciji na (010) ravnino (D). Na kristalih so razvite ploskve pinakoidov $a\{100\}$, $b\{010\}$ in $e\{10\bar{1}\}$, prizem $c\{120\}$ in $f\{011\}$ ter bipiramide $d\{\bar{1}12\}$. Risbe: Mirjan Žorž

Sulfatni ioni se sproščajo pri oksidaciji vseh sulfidov. Kristalizacijo sadre ali drugih sulfatov, če so prisotni poleg kalcijevih še drugi ioni, lahko pričakujemo povsod tam, kjer je dovolj visoka koncentracija potrebnih ionov glede na ostale fizikalno-kemijske pogoje. Torej tam, kjer ne pride do njihovega prevelikega razredčenja. Večina pogostejših sulfatov, ki lahko nastanejo v pogojih, podobnih atmosferskim, je namreč razmeroma lahko topnih v meteornih ali podobnih vodah.

Dotok zunanjih vod na poti med mestom oksidacije sulfida do mesta rasti sekundarnih sulfatov mora torej biti dovolj omejen. Če se porna voda med mestom oksidacije sulfidov in rastjo sulfatov razredči z zunanjo vodo, koncentracija sulfatnih in/ali drugih ionov ne bo zadostna za rast kristalov. Kadar se hidrogeološki pogoji – pretok vode – zelo spreminjajo, pa lahko kristale, ki so zrastle v sušnejših obdobjih, raztopi voda v času večjega pretoka.

Rast sulfatov torej omogoča razmeroma suho okolje, kakršno je v poroznih jamskih sedimentih vodno neaktivnih kraških in rudniških jamskih prostorov, v bližini oksidiranih sulfidov na našem nahajališču in tam, kjer glina ali drugi neprepustni sedimenti dovolj učinkovito preprečujejo vodi odnašanje produktov oksidacije, na primer pri rasti sadre v glinah ob premogu z železovimi sulfidi, ali glinah neposredno ob sulfidnih rudnih nahajališčih. Podobne sulfate torej lahko pričakujemo še marsikje. Upamo, da tudi v tako izredno zanimivi opisani kombinaciji pogojev.

Lehnjak

Uroš Herlec, Renato Vidrih

Lehnjak je sedimentna kamnina, ki jo sestavljata kalcit in/ali aragonit. Pri nas nastaja v večjih, a danes le še redko ekonomsko zanimivih količinah ob nekaterih posebnih kraških izvirih. Njegova osnovna prepoznavna značilnost je luknjičavost in s tem močna poroznost ter manjša gostota. V manjših količinah nastaja pri prelivanju z raztopljenimi karbonati nasičenih kraških vod preko slapov, jezov in rak ob mlinih in žagah. Stara domača slovenska imena za lehnjak so: apneni (tudi vapneni) maček, lehkovec in apneni tuf, ki pa jih ne uporabljamo več.

Kadar je karbonat izločen v manj poroznih ritmično ponavljajočih se plasteh, nastaja gostejši in trdnejši travertin, ki je pri nas redkejši. Med lehnjakom in travertinom ni jasne meje. Kamnino poimenujemo glede na prevladujočo značilnost. Sestavlja jo največ kalcit, ki se izloča iz vod, v katerih je poleg kalcija tudi več magnezija, pri višjih temperaturah pa se hkrati izloča tudi aragonit. Različice travertina, ki so jih že v antiki uporabljali za izdelavo okrasnih predmetov, so – drugače kot navadni alabaster, ki je iz mehkejše drobnozrnate sadre – imenovali apnenčasti alabaster. Kompaktni in običajno prosojni plastnati travertin ali skorjasto jamsko sigo, ki jo je mogoče dobro polirati in zato uporabiti kot okrasni kamen, trgovci le zaradi podobnega videza imenujejo oniks marmor, kar je strokovno povsem neustrezno, saj



Kamnolom lehnjaka na Jezerskem leta 2005. Foto: Miha Jeršek

ime genetsko ne ustreza oniksu po mineralni sestavi, marmorju pa ne zaradi drugačnega načina nastanka.

Vzroki za izločanje karbonata v lehnjak in travertin so lahko anorganski (fizikalno-kemijski) in/ali biološki. Osnovna dejavnika anorganskega izločanja karbonata sta sprememba temperature in/ali znižanje parcialnega tlaka ogljikovega dioksida v vodi (to je predvsem uhajanje oziroma razplinjevanje CO_2 iz vode). Del karbonata, ki prihaja v reke raztopljen z vodo hladnih kraških izvirov, nasičenih s kalcijevimi in karbonatnimi ioni, se torej izloči/obori zaradi sočasnega uhajanja CO_2 in segrevanja vode. Kraške vode se s karbonatnimi ioni obogatijo pri zakrasevanju apnencev, dolomitov in klastičnih karbonatnih kamnin zaradi CO_2 , ki pride v deževnico iz atmosfere in predvsem zaradi CO_2 iz pedosfere, ki v vodi tvori šibko ogljikovo kislino in raztaplja karbonate, s katerimi pride v stik. Pri usedanju lehnjaka in travertina gre torej za obraten proces kot pri zakrasevanju.

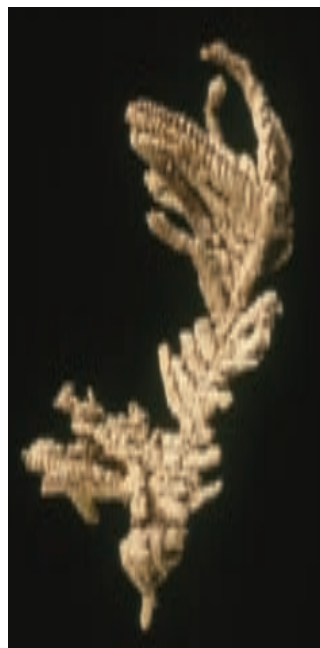
Večje količine lehnjaka in/ali travertina se izločijo ob tistih tektonsko-kraških izviroh, pri katerih pridejo vode v stik z atmosfero po dolgotrajnem podzemnem pretakanju, parcialni tlak njihovega CO_2 pa močno presega tistega v atmosferi. Hitra sprememba pogojev v izviru povzroči hitro uhajanje CO_2 in sočasno izločanje karbonata, najhitreje v turbulentni plitvi vodi. Zato se najhitreje odlaga na slapovih, brzicah ter jezovih in rakah mlinov in žag.

Kemična in mineralna sestava mineralnega dela lehnjaka in travertina je pravzaprav enaka sestavi jamskih sig. Ločimo jih po luknjičavosti in gostoti in po večinoma drugačnem videzu. Nekateri redkejši tipi ritmično skorjastih jamskih sig so sicer lahko na prvi pogled precej podobni homogonejšim in gostim različkom fosilnega travertina, vendar nastajajo v tako različnih okoljih, da jih glede na okolje sedimentacije lahko ločimo. Erozijsko bolj obstojne masivne fosilne sige, ki so rezultat površinskega erozijskega razgaljanja nekdanjih kraških jam, so vedno v bližini drugih paleokraških sedimentov in kraških reliefnih oblik

V nekaterih izviroh navidez kraških vod iz tektonskih razpoklinskih con je povečana količina raztopljenega karbonata posledica večje količine CO_2 , ki po globokih prelomih prihaja iz globlin Zemljine skorje ter na poti proti površju raztaplja karbonate.

Največja nahajališča lehnjaka in travertina po svetu so nastala ob najmočnejših izviroh karbonatnih toplih vod, kjer se karbonat obarja ob znižanju temperature vode in znižanju parcialnega tlaka CO_2 (Pamukale, Turčija; Yellowstonski park, ZDA). Pri nas se v Pomurju (Radenci) iz takih vod v manjših količinah obarja kalcijev karbonat ob ustju nekaterih vrtin s karbonatnimi toplimi vodami predvsem zaradi razplinjevanja ogljikovega dioksida.

Biološki vzrok za nastanek lehnjaka je presnova vodnih rastlin, ki porabljajo vodni CO_2 . S tem se zmanjšata njegov parcialni tlak



*Z lehnjakom prekrit mah izpod slapa
Lehnjak pri Velikih Laščah; 5 cm.
Najdba in zbirka Renata Vidriha.
Foto: Marijan Grm*



Z lehnjakom prekriti iglici iz Kobiljega curka pri Velikih Laščah; leva 42 mm. Najdba in zbirka Renata Vidriha. Foto: Marijan Grm

in topnost karbonata v vodi, kar povzroči njegovo izločanje. Kalcijev karbonat postopno prekrije rastline, ki rastejo v/ob vodi, s krhkimi, luknjičavimi in močno poroznimi skorjicami, ki lahko povzročijo njihovo postopno odmrtnje. Pred našimi očmi poteka inkrustacija, ki je eden od načinov fosilizacije. Prekrite rastline v nastali kamnini zapustijo svoj odtis – negativ, saj organska snov zaradi prisotnosti kisika razmeroma hitro razpade. Rastline, predvsem gosto rastoči mahovi, s svojo mrežasto razrastjo tudi mehansko zadržujejo izločeni karbonatni sediment. Raziskave kažejo, da je pri izločanju drobnozrnatega karbonata lahko sodeluje vrsta mikroorganizmov, tako da anorganskega (abiogenega) in biogenega lehnjaka in travertina celo pri izvirih toplih mineralnih vod ne moremo zlahka ločiti.

Za zbiranje so še posebej zanimivi lehnjaki z odtisi listov in drugimi prepoznavnimi oblikami rastlin, na katere se je karbonat usedal. Pogosto lahko občudujemo oblike razvejanih mahov, odtise listov in stebel različnih dreves in drugih rastlin, ki rastejo ob vodi. Še posebej zanimiva so semena, storži in hišice polžev. Vode, v katerih nastaja lehnjak, literatura večkrat označuje kot lehnjakotvorne.

Obstojnost lehnjaka je odvisna od erozijskih pogojev v strugi vodnega toka. Kadar tok prenaša prod in drug klastični sediment, se lehnjak ne ohranja, saj ga sproti erodira.

V močilih v vznožju nekaterih karbonatnih (največkrat dolo-mitnih) pobočij, kjer še ni razvitega globljega kraškega odvodnja-vanja, je pa dobro razvit talni profil, izločeni karbonat lahko inkrustira vodno rastlinje. Tukaj je očiten vzrok za izločanje karbonata razmeroma stalen, a majhen dotok vode s povečano količino pedogenega ogljikovega dioksida. Ta se sprošča iz razpadajočih rastlinskih ostankov v prsti in v izvornem področju močil uhaja v atmosfero in/ali ga porabljajo vodne rastline. V takih lehnjakih je običajno še precej nerazpadlih organskih snovi in pobočnega klastičnega materiala in jih zato za gradnjo redkeje uporabljajo.

V vodi nastajajoči lehnjak je zelo drobljiv, saj po hitrem izločanju še ni povsem strukturno urejen in zrna med seboj še niso cementirana. Po strukturni ureditvi, z napredovanjem cementacije in sušenjem, otrdi, vendar je na delih, kjer prostor med tankimi skorjicami ni zapolnjen s kalcitnim cementom, še vedno zelo lahko drobljiv. Zaradi velike odprte poroznosti in prepustnosti voda iz lehnjakov hitro odteče. Zato je lehnjak razmeroma odporen proti zmrzovanju. Njegovo manjšo gostoto, a še vedno zadostno trdnost, so s pridom uporabljali že v gotskem sakralnem stavbarstvu. Tudi v tradicionalnem stavbarstvu je bil napogosteje vgrajen v oboke. Primeren je za fasade in zaščitne obloge pod ustreznimi nadstreški, kjer je zaščiten pred vplivom običajnih padavin. Zamakanje in pogosto zmrzovanje mu vsekakor škodujeta. Pri zunanjih lehnjakovih oblogah v bolj

onesnaženih urbanih območjih se v številnih porah nabirajo saje in prah, ki jih dež ne more izprati, zato kmalu izgubi precej lepote. V porah nastaja tudi sadra, saj kisli dež, deževnica z žveplovim dioksidom, reagira s karbonatom.

Pri nas lahko lehnjak za zbirke nabiramo na mnogih mestih. Največja nahajališča in kamnolom lehnjaka so ob cesti med Spodnjim Jezerskim in Komatevno pod kmetijo Virnik in pod Virnikovim Grintavcem. V začetku, ko so ga pridobivali za lokalne potrebe, je oblikovanje večjih blokov potekalo ročno, pogosto kar z orodjem, podobnem tistemu za obdelavo lesa – žage, sekire. Od leta 1971, ko lehnjak pridobiva podjetje Marmor Hotavlje, d.d., ki ta kamen tudi obdeluje in vgrajuje, pa velike bloke oblikujejo z diamantno žično žago. V zimskem času zaradi mraza v teh visokih legah kamnolom ne obratuje. To je edini delujoči kamnolom **lehnjaka** pri nas in verjetno tudi v srednji Evropi. Pri odcepu ceste h kamnolomu je tudi prva točka Slovenske geološke poti.

Voda, iz katere se izloča lehnjak in vsebuje nad 250 mg CaCO_3 + MgCO_3 na liter vode, izvira na tektonskem stiku zakraselih devonskih koralnih apnencev in apnenčevih gruščev ter spodnje-karbonskih klastitov, na katerih leži. Temperatura vode v izviru je približno 6,4°C. Lehnjak se bočno in po višini precej spreminja po barvi, prevotlenosti in luknjičavosti ter s tem po gostoti in kompaktnosti, kakor tudi po vrsti in količini fosilnih ostankov. To se jasno odraža v plastnatosti lehnjaka, ki je vzporedna s smerjo in naklonom vodnega toka, ki se v dolgih obdobjih spreminja. Ponekod so votline večmeterske. Lehnjak je najbolj kvaliteten v osrednjem delu kamnoloma, medtem ko je v obrobni delih zaradi izrazitejšega vpliva zmrzali precej preperel in zaglinjen ter zato manj kompakten in trden. Največja debelina, ugotovljena je bila z vrtanjem, je 19 m. V vzhodnem delu kamnoloma, ki je najbolj zanimiv za zbiralce, je mnogo fosilnih ostankov, med katerimi je največ odtisov drevesnih debel, travnih bilk, mahu, listov bukve, gabra, javora in drugih dreves, polžjih hišic, inkrustacij iglavcev, storžev ipd. V votlinah v lehnjaku so ponekod tudi kapniki, ki so nastali zaradi kaplajoče vode v podzemnem delu lehnjaka. Pogoste so predvsem s kapniki zakapane votline, ki so nastale na mestu strohnelih debel. Verjetno je ves lehnjak, ki ga danes odkopavajo, nastal po zadnji ledeni dobi.

Dobrih 100 m zahodneje od kamnoloma na severnem pobočju reke Kokre je izvir z močjo med 10 in 50 l/s. **Lehnjak** na tem področju nastaja pred našimi očmi hitro in gradi pahljačast vršaj s površino okrog več sto kvadratnih metrov proti strugi reke Kokre. V preteklih dveh desetletjih je že skoraj prerasel več kot 2 m visoke betonske zidove zapuščenega gospodarskega objekta.

Karbonat se izloča na tamkajšnjem mahu, drevesih in drugih rastlinskih ostankih. Le-ti na površini ponekod še niso povsem prepereli, zato se menjavata organski in anorganski del



*Inkrustiran mah z Jezerskega;
izrez 4 x 2 cm. Zbirka Oddelka za
geologijo Naravoslovnotehniške
fakultete Univerze v Ljubljani.
Foto: Ciril Mlinar*



Lepo ohranjen list, prekrit z lehnjakom, najden ob slapu Kobilji curek pri Velikih Laščah; 6 cm. Najdba in zbirka Renata Vidriha. Foto: Marijan Grm

sedimenta. Še rastoča debela in veje so obdane s skorjami lehnjaka. Marsikje so vidni prehodi iz lehnjaka v hitrorastoči koreninski in zeleni površinski del vodnega mahu. Voda iz izvira se v vršaju razliva v več različno hitrih tokov, ki dodatno pogojujejo hitrost in tip nastalega lehnjaka. Čeprav se v hitreje tekoči in turbulentni vodi karbonat načeloma izloča hitreje, pa je njena erozijska moč prevelika, da bi se odložil. Nastajanje lehnjaka je v tem primeru hitrejše iz počasneje tekoče vode in pa tam, kjer se izločeni karbonat v mirnejšem okolju ujame – sedimentira na mahu in drugem rastlinju.

Plošče iz jezerskega lehnjaka uporabljajo za oblaganje fasad, primeren pa je tudi za razne okrasne detajle zgradb, vrtov in parkov. Zaradi luknjičavosti ga ne polirajo. Tekstura lehnjakov niha od kompaktnih in masivnih do drobljivih, poroznih ali gobastih. Gobasti lehnjaki imajo do 50 % poroznost, medtem ko imajo kompaktni tipi lehnjaka poroznost manjšo od 10 %. Zaradi redkih ekonomsko zanimivih nahajališč v svetu je lehnjak z Jezerskega zelo iskan doma in v tujini (iz lehnjaka so na primer okrasni obok na vrhu klanca v starem delu mesta in

obloge novega dela stavbe Občine v Kranju, pročelje hotela v Sant Moritzu v Švici, vodnjak v Berlinu, itd.).

Lehnjak je v Sloveniji kar pogost, Krka pa je naša edina večja lehnjakotvorna reka. Nastajanje lehnjaka na Krki pospešujejo jezovi, kjer se izloča zaradi pospešenja izhajanja CO₂ in preraslosti z mahovi. Lehnjak, ki je zrasel na jezovih, so v preteklosti vsakih nekaj let ročno izžagali in izsekali v bloke, primerne za gradnjo.

Pogosteje kot v rekah se v Sloveniji lehnjak izloča ob izvirih iz zakraselega karbonatnega zaledja. Zelo lep lehnjak nastaja na slapu Kobilji curek pri Velikih Laščah, na slapu Nežica pri Kostelu in ob številnih drugih slapovih vsepovsod po Sloveniji.

Lehnjak pogosto gradi tudi pobočne vršaje na začetku doline ali na njenem boku. Kadar se izvir večkrat prestavi, se vršaji nizajo drug ob drugem (na primer zgornji Stiški potok z vršajem v Dednem dolu ter dvema vršajema na koncu doline Kosca z dvema opuščanima kamnolomoma lehnjaka; doline Iščice, Bače in Idrijce; manjši vršaji so tudi v Jelendolu v Karavankah). V Posavskem hribovju nastaja lehnjak v potoku v kraju Gozd ob izviru iz kraške jame Mitoščica nedaleč od trboveljske železniške postaje, le kakšnih 20 m nad strugo Save. Na Vinski gori, vzhodno od Velenja, lehnjak ne nastaja več. V steni nekdanjega kamnoloma pa so še vidni znaki dolgoletnega rezanja lehnjaka, ki so ga bili uporabili za gradnjo cerkve.

Literaturni viri:

- VESEL, J., 1975: *Poročilo o geoloških raziskavah na Jezerskem, Dolžanovi soteski in Jelovici*. Geološki zavod, Ljubljana.
- BUSER, S., 1987: *Vodnik po slovenski geološki poti*. Geološki zavod, str. 36-37, Ljubljana.
- VIDRIH, R., V. MIKUŽ, 1995: *Minerali na Slovenskem* (lehnjak, str. 187 in 194). Tehniška založba, Ljubljana.
- GALE, U., 2003: *Lehnjak na Jezerskem*. 3. seminarska naloga, 10 str., mentor dr. M. Brenčič. Oddelek za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.
- GAMS, I., 2003: *Kras v Sloveniji v prostoru in času*. Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana.



Inkrustiran list leske z Jezerskega; izrez 35 x 20 mm. Zbirka Oddelka za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Foto: Ciril Mlinar.