

Ležište gipsa Slane Stine kod Sinja

Jožef Škerlj

Geološki zavod, Ljubljana, Parmova 33

U 1972. godini autor je istraživao rezerve gipsa u ležištu Slane Stine kod Sinja. Sedimentacija sulfata u širem području Sinja vršila se verovatno paralelno u više manjih laguna permskog ili verfenskog mora. Međutim, na terenu nigde nije zapažen neposredni kontakt između sulfatne serije i njene krovine. Njena prvobitna krovina, verovatno verfenske starosti, potpuno je erodovana, a sulfatne stene pokrivene su terci-jarnim sedimentima. Zbog tih uslova starost i položaj sulfatne serije različito se tumače. Ležište sadrži gips u asociaciji sa anhidritom i drugim, prelaznim mineralima. Odnos gips/anhidrit varira između 77,89/22,11 % u donjem nivou površinskog kopa i 83,05/16,95 % u gornjem nivou. Prvobitno nataložena supstanca je anhidrit, koji je kasnije hidratacijom pretvoren u gips.

Uvod

Prvi začetci istraživanja i eksploatacije gipsa na brojnim pojavama u široj okolini datiraju već iz početka dvadesetog stoleća i vezani su za izgradnju cementne industrije u Splitu. Ovu prvu i zanatsku proizvodnju obavljali su meštani na svojim parcelama iz već prirodno otvorenih izdanaka.

Nešto intenzivnija proizvodnja započeta je u toku 1929. godine, kada se javlja veći interes za gipsom, kao sirovinom za cementnu industriju. Tom prilikom Vlada Stuparić, apotekar iz Sinja otvara prvi manji površinski kop na lokalnosti Slane Stine i daje prvu normalnu proizvodnju gipsa za potrebe cementne industrije. Od toga perioda se eksploatacija na lokalnosti Slane Stine sa kraćim ili dužim prekidima obavlja do naših dana. Ova lokalnost nesumnjivo predstavlja, bar na osnovu postojećih podataka, najznačajnije ležište gipsa u ovome području. Ostale pojave, kao što su: Podvaroš, Stipanovići, Jadrijevići, su svakako podređenog značaja.

Prvi sistematski intenzivniji eksploatacioni radovi započeti su na ležištu Slane Stine neposredno posle II. svetskog rata, dok su prvi detaljni istražni radovi započeti u toku 1966. godine. Iz ovog posleratnog perioda postoji veći broj raznih izveštaja i projekata, koji obrađuju pojedine geološke i rudarske probleme, pa smo jih pri obradi ležišta uspešno koristili.

U toku 1972. godine Geološki zavod Ljubljana preuzeo je na zahtev Industrijskog građevnog preduzeća »Sadra« iz Sinja istraživanje ležišta Slane Stine i na osnovu svih postojećih podataka izradio odgovarajući elaborat o rezervama i kvalitetu gipsne supstance.

Geološke karakteristike ležišta

Teren šire okoline ležišta Slane Stine izgrađuju različite tvorevine, među kojima smo obzirom na naš zadatak razlikovali: sedimente perma, sulfatnu seriju, sedimente triasa, terciara, kvartara, aluvijum i eruptivne stene.

Sulfatna serija, anhidrit i gips, odgovara verovatno permu, ali ne isključujemo ni mogućnost verfenske starosti. Posle stvaranja sulfatne serije, koja je nesumnjivo oborena u plitkoj vodi, dolazi do produbljivanja dna i taloženja povlatnih sedimenata, verovatno verfena. Međutim, na terenu nigde nismo zapazili neposredni kontakt između podine i sulfatne serije, kao i sulfatne serije i povlatnih sedimenata. Takođe, izvedene bušotine nigde nisu prošle kroz povlatne sedimente, celu sulfatnu seriju i ušle u podinske sedimente. Nedostatak ovih dokaza dozvoljava različita tumačenja starosti, pa čak i položaja sulfatne serije.

Ležište sulfatnih stena se u svojim na površini ispoljenim delovima javlja u obliku zone orjentisane u pravcu NW—SE. Njena dužina iznosi oko 5 km, dok širina varira od 1—2 km. Rudarskim radovima zona je otvorena na lokacijama Kojič, Slane Stine i Bukva. Današnja eksploatacija obavlja se samo na lokaciji Slane Stine, gde se nalazi postojeći površinski kop (sl. 1). Obzirom na naš zadatak, detaljnom istraživanju podvrgnut je samo mali deo ležišta, tj. okolina postojećeg eksploatacionog polja.

Sulfatna formacija nalazi se otvorena u postojećim eksploatacionim radovima i u brojnim izdancima vidljivim na površini. Pored toga, ona je konstatovana i u znatnom broju bušotina na različitoj dubini od površine.

Na osnovu svih dosada izvršenih istražnih i eksploatacionih radova uočava se da je prvobitna krovina serije, verovatno triaske starosti, potpuno erodovana, te da je masa sulfatnih stena prekrivena mladim sedimentima. U otvorenim profilima površinskog kopa se vidi da je gornja granična površina sulfatnih stena vrlo neravna, što je posledica intenzivne erozije. Zadobijeni reljef u znatnoj meri potseća na kraške oblike u krečnjacima, koji liče na škrape i štrče iz sulfatne mase u vidu većih ili manjih »gipsnih zuba«. Prostor između ovih oblika zapunjen je glinovitim materijalom.

Razlikovali smo dve osnovne vrste materijala: anhidrit i gips. Anhidrit predstavlja primarnu supstancu ležišta i danas se nalazi uglavnom u njegovim dubljim delovima. U višim delovima on je pod dejstvom vode prešao u gips. Granična površina je vrlo neravna, što je posledica pretvaranja anhidrita u gips. Iz izvršenih istražnih radova se vidi da je gips u najvišim delovima relativno homogen, dok se u nižim delovima ležišta ponegde naizmenično smenjuju gips i anhidrit. Pojave anhidritskih uklopaka u gipsu predstavljaju relikte, koji nisu još potpuno transformisani. U ostalom, uopšte se može zaključiti da nigde u ovome ležištu nije izvršena potpuna transformacija anhidrita, jer se u gipsu svuda u većoj ili manjoj meri nalazi i anhidrit. Odnos i položaj gipsa i anhidrita u pojedinim delovima ležišta prikazan je na slici 2.

Ležišna tektonika. U neposrednoj blizini ležišta već A. Takšić (1969) je pretpostavio postojanje dva veća raseda. Prvi stariji, pravca SW—NE je jednim mlađim rasedom raskinut na dva dela. Mlađi rased se pruža NE—SW i prostire se duž severoistočnog oboda ležišta.

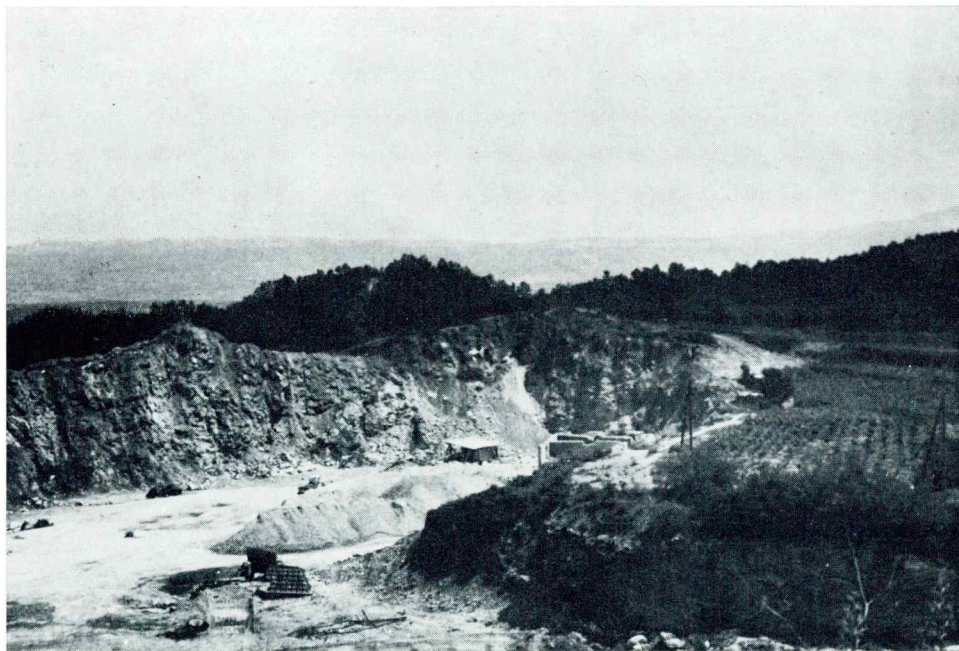
Postojanjem ovih raseda objašnjavamo situaciju u krajnjem severoistočnom delu istraživanog terena. Bušotina B-16 (sl. 2) i B-17 izvan profila, nisu nabušile sulfatnu seriju. Ova činjenica ukazuje na dejstvo tektonike i dozvoljava pretpostavku da je deo ležišta spušten duž spomenutih raseda (Profil a, sl. 2).

U svim otvorenim profilima površinskog kopa gips se javlja kao masivna stena bez izražene slojevitosti. Veće prisutstvo glinovite komponente u pojedinim partijama daje utisak prividne slojevitosti. Uzimajući ovo u obzir izgleda da cela masa strmo pada ka severoistoku.

Lokalna manja rasedanja su vrlo česta tako da je celokupna masa izpucala i delimično potpuno zdrobljena. Brojna povijanja u gipsu (sl. 3) imaju takođe lokalni značaj. Ona su nastala prilikom pretvaranja anhidrita u gips, pri čemu se razvijaju znatni pritisci, jer se povećava obim ležišta u procesu hidratacije.

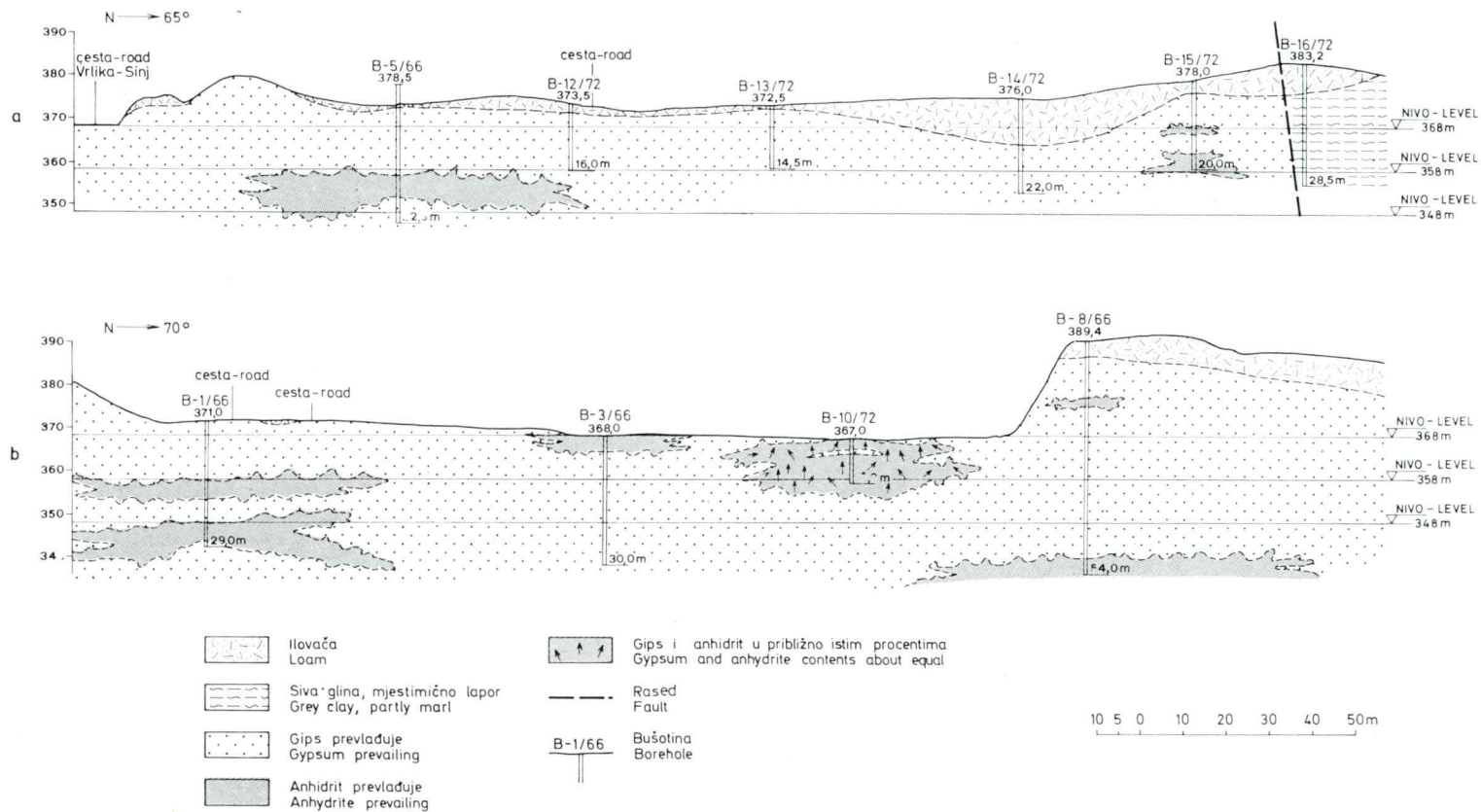
Kvalitet ležišne supstance

U ovome ležištu nastupaju, kao što je to već pomenuto, dve vrste materijala, gips i anhidrit. Obzirom, na sadašnji način prerade samo gips predstavlja korisnu supstancu, dok je anhidrit jalova i štetna komponenta. Gips iz ovoga



Sl. 1. Pogled na površinski kop »Slane Stine« (slikano sa jugozapada)

Fig. 1. Open pit Slane Stine, view from SW



Sl. 2. Geološki profili ležišta gipsa Slane Stine

Fig. 2. Geological sections of Slane Stine showing the relationship between gypsum and anhydrite



Sl. 3. Lokalna povijanja gipsa, u južnom delu površinskog kopa
(foto Lj. Tolić)

Fig. 3. Gypsum deposit Slane Stine affected by local tectonic
(photograph by Lj. Tolić)

ležišta se već čitav niz godina eksploatiše isključivo za cementnu industriju od čijih potreba i zavisi nivo produkcije u postojećem kopu. Već sama ova činjenica u dovoljnoj meri svedoči da je kvalitet gipsa zadovoljavajući za predviđenu namenu.

Iz ovog razloga sva do sada izvršena ispitivanja odnosila su se pre svega na kvalitet gipsa. Tekom istražnih radova, paralelno sa hemijskim ispitivanjem gipsa ispitano je i više uzoraka anhidrita, tako da u određenoj meri poznajemo kvalitet i ove komponente.

Makroskopski i mikroskopski opis gipsa i anhidrita. Gips i anhidrit ovoga ležišta predstavljaju stene svetlosive boje. Često se zapažaju i partije smeđe boje, koja verovatno potiče od oksidacije organskih primesa. Krupnog su zrna i kompaktnog izgleda. Glinovita komponenta se javlja u vidu tankih pruga, tako da pojedine partije pokazuju zonalni sastav. Ponekad su brečastog habitusa, sa fragmentima crnog glinca i rede krečnjaka. Veličina ovih fragmenta retko prelazi 5 cm u prečniku.

Gips se od anhidrita makroskopski razlikuje isključivo po manjoj tvrđini i manjoj specifičnoj težini. Inače, u ležištu vrlo retko se nalaze čisti predstavnici gipsa ili anhidrita, jer postoje postepeni prelazi jedne supstance u drugu.

Mikroskopiranju je podvrgnut jedan uzorak anhidrita i pri tom je konstatovano da je osnova sastavljena iz alotriomorfni zrna anhidrita, koja su srasla, te grade mozaičnu strukturu. Pojedina zrna anhidrita dostižu do 1,8 mm. Zrna su duguljasta i paralelno orjentisana. Opaža se izrazita cjepljivost i uporedno potamnenje. Uzorak je kompaktan.

Mikroskopsko ispitivanje jednog uzorka gipsa je pokazalo da je osnova uzorka predstavljena krupnim delimično vlaknatim zrnima gipsa. Među alotriomorfni zrnima nalaze se i duguljasti prizmatični kristali. Zrna su među sobom srasla. Poneka, retka zrna sadrže vrlo sitne uklopke karbonata, verovatno kalcita. Zapažaju se i retka zrna anhidrita.

Izrada i obrada preparata izvršena je u Geološkom zavodu u Ljubljani (petrograf S. Orehek).

Fizične osobine ležišne supstance. Gips i anhidrit ovoga ležišta i pored znatne ispućanosti predstavljaju materijal u kome je moguće otvaranje površinskog kopa bez nekih većih teškoća u odnosu na geomehaničke osobine sedimenata. Ova činjenica konstatovana je tokom dugogodišnjih eksploatacionih radova u površinskom kopu Slane Stine. U toku 1970. godine rezultati prakse potvrđeni su izvršenim ispitivanjima u Institutu građevinarstva Hrvatske u Zagrebu, kada je na 6 uzoraka utvrđeno da prirodni ugao opita iznosi 75° sa oscilacijama od 73° do 78° .

Zapreminska težina gipsa iz ovog ležišta ispitivana je u dva navrata i to: 1965. godine u preduzeću IGP »Sadra« — Sinj i 1966. godine u Institutu građevinarstva Hrvatske — Zagreb, ispostava Split. Na osnovu ovih ispitivanja izvršenih na više uzoraka, kao srednja vrednost za zapreminsku težinu gipsa iz ovog ležišta preuzeta je vrednost od $2,19 \text{ kg/dm}^3$ ($2,19 \text{ kg/dm}^3$ do $2,22 \text{ kg/dm}^3$).

Hemijska ispitivanja sulfatne supstance vršena su u više navrata. To su pre svega ispitivanja izvedena u toku istražnih geoloških radova u kampanji 1966. i 1972. godine. Zatim, hemijska ispitivanja koja se stalno vrše radi kontrole tekuće proizvodnje, bilo za potrebe rudnika ili kupaca gipsa.

Izvedeni istražni radovi imali su za cilj istraživanje samo gipsnog tela, pa su bušotine uvek obustavljene ili na već unapred određenom nivou ili u masi u kojoj se sadržaj anhidrita naglo povećavao.

Na osnovu velikog broja izvršenih hemijskih analiza uočljivo je da ovo ležište sadrži dva krajnja predstavnika sulfatne supstance, gips (tabela 1), anhidrit (tabela 2), kao i čitav niz postepenih prelaza jedne supstance u drugu (tabela 3). Variiranje sadržaja anhidrita u gipsu nije vezano za određene nivoe, već se on nalazi tamo gde su se za to stekli povoljni uslovi (tabela 4).

Sve u nastavku prikazane analize urađene su u laboratoriji Zasavskih premogovnika Trbovlje. Na prikazanim tabelama pored broja bušotina (B-2) označen je broj uzorka (B-5/5). Uzorci su oprobavani idući od površine ka dubini. Manji broj uzorka znači da je oprobavani interval bliži površini i obratno.

Dok se u bušotini B-21 anhidrit nalazi u gornjem delu, uzorak B-21/1, dotle se u bušotini B-1 on nalazi negde u sredini oprobavanog profila, uzorak B-15/5. Ove anhidritske partije u relativno čistoj masi mogu u znatnoj meri uticati na opadanje kvaliteta pri eksploataciji gipsa.

Na osnovu svih izvršenih radova, uključivši i ispitivanje kvaliteta, uočljivo je da istraživani deo sulfatnog tela predstavlja ležište gipsa, dok veće mase anhidrita treba očekivati u dubini. Kvalitet ležišta gipsa najbolje karakterišu

podaci o sadržaju gipsa i anhidrita na pojedinim nivojima, koji se u stvari odnose na kvalitet istražnim radovima utvrđenih rezervi.

Na kraju možemo zaključiti da je:

— kvalitet gipsa iz ovoga ležišta u dovoljnoj meri upoznat zahvaljući obimnim istražnim radovima,

— primenljivost ove sirovine (gipsa) u industriji je dokazana u toku dugogodišnje proizvodnje. Međutim, ovo se odnosi samo za primenu u industriji cementa,

— primenljivost ovog materijala za proizvodnju građevinskog gipsa nije dokazana i ako ima elemenata koji govore u prilog ove mogućnosti,

— osnovna štetna komponenta pri upotrebi gipsa iz ovog ležišta u cementnoj industriji je anhidrit. Ostali elementi predstavljaju, u granicama u kojima su ovde zastupljeni, uglavnom inertne komponente.

Tabela 1
Srednji sastav uzoraka gipsa, uzetih u 1972 god.

u %

Br. bušot.	Gips	Anhidrit	Vlaga na 45°	Krist. voda 230 °C	SiO ₂ + net.	R ₂ O ₃	SO ₃	CaO	MgO	Gub. žar. na 900 °C
B-11	82,00	18,00	0,08	17,14	0,86	0,17	41,20	33,20	1,32	23,18
B-12	93,51	6,48	0,07	19,54	1,27	0,61	42,65	33,60	0,36	21,60
B-13	89,98	10,01	0,11	18,81	3,46	0,51	42,35	31,30	1,22	21,04
B-14	89,34	10,66	0,11	18,67	4,26	0,48	41,50	31,60	1,00	21,28
B-15	78,07	21,93	0,10	16,32	4,18	0,53	42,35	32,35	0,96	19,30
B-19	90,15	9,84	0,11	18,84	3,92	0,25	42,40	31,00	1,15	21,30
B-20	87,83	12,17	0,10	18,36	4,50	0,45	31,20	41,45	0,65	21,28
B-21	88,08	11,92	0,09	18,40	4,80	0,64	40,65	31,10	1,32	21,30
B-22	91,56	8,43	0,09	19,14	3,22	0,53	42,55	31,90	0,58	21,32
B-24	83,54	16,46	0,10	17,46	3,18	0,36	43,50	32,00	1,07	19,20

Tabela 2
Hemijske analize anhidrita iz 1966 god.

u %

Br. bušot. i br. uzorka	Gips	Anhidrit	Vlaga	Krist. voda	SiO ₂ + net.	R ₂ O ₃	SO ₃	CaO	MgO
B-1/2	5,25	94,75	0,22	1,10	29,67	0,52	41,03	27,30	0,22
B-1/4	6,3	93,7	0,22	1,32	34,35	0,45	36,26	26,80	0,55
B-3/1	20,00	80,00	0,30	4,18	16,20	0,75	44,85	32,81	0,42
B-4/6, 7	22,00	78,00	0,18	4,66	14,80	0,61	45,60	33,40	0,42

Tabela 3
Analize prelaznih partija anhidrita u gips iz 1966 god.

Br. bušot. i br. uzorka	Gips	Anhi- drit	Vlaga	Krist. voda	SiO ₂ + net.	R ₂ O ₃	SO ₃	CaO	MgO
B-2/2, 3	58,50	41,50	0,28	12,29	4,27	1,05	47,40	32,50	2,32
B-5/5	55,00	45,00	0,36	11,62	15,63	—	42,36	29,00	0,84
B-6/6	36,00	64,00	0,17	7,50	18,13	—	44,11	29,00	0,84
B-6/8	54,00	46,00	0,24	11,32	23,05	0,50	37,15	26,05	1,24
B-7/6, 7, 8	61,50	38,50	0,08	12,95	10,68	0,18	44,76	29,67	1,89
B-8/	33,00	67,00	0,24	6,90	22,62	0,30	40,05	20,25	1,02

Tabela 4
Kretanje sadržaja anhidrita po vertikalima u dve bušotine, B-21 i B-15

u %

Br. bušotine i br. uzorka	Gips	Anhidrit	Br. bušotine i br. uzorka	Gips	Anhidrit
B-21/1	75,89	24,11	B-15/1	89,76	10,24
B-21/2	85,17	14,93	B-15/2	87,03	12,97
B-21/3	87,32	12,68	B-15/3	87,18	12,82
B-21/4	92,39	7,61	B-15/4	88,37	11,63
B-21/5	92,63	7,37	B-15/5	52,11	47,89
B-21/6	91,77	8,23	B-15/6	89,28	10,72
B-21/7	91,72	8,28	B-15/7	89,00	11,00
B-21/8	91,00	9,00	B-15/8	62,73	37,27
B-21/9	90,43	9,57			

Tabela 5
Sadržaj gipsa i anhidrita na pojedinim nivojima

u %

Nivo	Gips	Anhidrit
368	83,05	16,95
358	81,16	18,84
348	77,89	22,11

The Gypsum Deposit of Slane Stine at Sinj

Jožef Škerlj

Geološki zavod, Ljubljana, Parmova 33

During 1972 the gypsum deposit of Slane Stine was surveyed, for evaluation of the quantity and quality of the producible reserves. The sulfate formation seems to have been deposited in late Permian or early Werfenian age. The contact between the sulfate and its original hanging wall probably of Triassic age, however, could not be found anywhere in the field, as the whole Triassic has been removed, and the worn and irregular surface has been covered by late Tertiary sediments. A large number of chemical analyses proved that the deposit contains gypsum associated with anhydrite and transitional minerals. The ratio gypsum/anhydrite varies between 77,89/22,11 percents in the lower level of the open-cut and 83,05/16,95 percent in the upper level. The gypsum originated by hydration of anhydrite.

In the wider vicinity of Sinj in Dalmatia there are many sulfate occurrences. The most noted gypsum deposit is that of Slane Stine, where exploitation took place since the beginning of the century in connection with the cement production at Split. The gypsum is associated with anhydrite and transitional minerals, therefore it requires very careful sampling. During 1972 the Geological Survey Ljubljana surveyed the gypsum deposit with the aim to evaluate the quantity and quality of producible gypsum reserves up to depths 20—30 m.

The sulfate formation is underlain by Permian dolomite and limestone. The original hanging wall of probably Triassic age, however, cannot be found anywhere in the field, as the whole Triassic has been removed and the worn and irregular surface has been covered by Tertiary sediments. Anhydrite is found today mainly in the deeper parts of the open cut (Fig. 1). Gypsum, the only substance of commercial importance, prevails in the upper parts of the deposit. There is no clear and continuous boundary between both minerals. Fig. 2 shows the relations between anhydrite and gypsum in some parts of the deposit.

Gypsum and anhydrite occur in massive rock; but when associated with clay, they give an impression of an apparent stratification.

Gypsum varies in texture from granular to compact, and it is light yellow in colour. In some places it is brecciated, containing fragments of black claystone, more rarely of limestone. Gypsum can be roughly distinguished from anhydrite by its lower hardness and specific density, that amounts to 2,19 to 2,22 kg/dm³.

Microscopic examination reveals a mosaic texture of allotriomorphic anhydrite grains. Cleavage and parallel development of oblong grains are distinctive. Between allotriomorphic grains there are elongated prismatic crystals. Gypsum contains minute carbonate inclusions, probably calcite, and scarce anhydrite grains.

The gypsum deposit is of sedimentary origin, formed in lagoonal environments. The primary substance was anhydrite, that gradually changed into gypsum by hydration, which is proven by larger and smaller anhydrite inclusions in the masses of gypsum. During the alteration processes the volume of the gypsum deposit increased considerably due to absorption of H_2O , which caused local tectonic processes (Fig. 3). The alteration of anhydrite into gypsum has not been completed, as even the purest masses of gypsum contain still more than 5 % of anhydrite; the anhydrite content increases in greater depths considerably.

Literatura

Barić, Lj. 1969, Eruptivne stijene (Albitizirani diabazi) iz okolice Sinja. *Geološki vjesnik*, Sv. 22, Zagreb, str. 349—410.

Margetić, M. 1947, Tektonski poremećaji kao temelj postanka kraških polja Srednje Dalmacije. *Geološki vjesnik*, Sv. 1, Zagreb, str. 68—110.

Takšić, A. 1968, Die Vertebratenfauna aus dem Goručatal bei Sinj. *Bulletin scientifique*, Section A, T-13, 3—4, Zagreb, str. 74—75.

Tolić, Lj. 1958, Geološka i tehnološka ispitivanja sadre — Sinj. Konstrukcioni biro građevne industrije — Zagreb, Arhiv IGP »Sadra« — Sinj.