

Razvoj geologije rudnih ležišta u SR Hrvatskoj u proteklih 25 godina (1951—1976)

Ivan JURKOVIĆ i Boris SINKOVEC

*Zavod za mineralogiju, petrologiju i ekonomsku geologiju,
Rud.-geol.-naftni fakultet, P. p. 186, Pierottijeva 6, YU—41000 Zagreb*

Dvadeseto stoljeće karakterizirano je dinamičnim industrijskim i tehnološkim razvojem. Takav razvoj zahtijeva sve veće količine sirovina organskog i anorganskog porijekla: kaustobiolita, metalnih i nemetalnih mineralnih sirovina.

Pred geologe, geokemičare, geofizičare i inženjere rudarstva permanentno se postavlja zadatak da svojom djelatnošću osiguravaju povećanu potražnju sirovina proširujući rezerve minerala na postojećim ležištima, otkrivajući nova ležišta u dubljim dijelovima zemljine kore, u dosad nepristupačnim dijelovima kopna, bilo da se radi o dosad komunikaciono nepristupačnim predjelima ili klimatski nepovoljnim predjelima, zatim sirovinama iz morske vode, recentnih marinskih sedimenata plićih i dubljih dijelova oceanskih područja, kao i da u suglasju s napretkom tehnologije otkrivaju i osiguravaju mineralne sirovine iz ranije vanbilansnih rezervi ili novih tipova sirovina.

Brz razvoj prirodnih znanosti i primjena njihovih znanstvenih dostignuća u praksi omogućila je razvoj cijelog niza sve modernijih i efikasnijih znanstvenih metoda i tehnoloških rješenja u geologiji i rudarstvu, čijim korištenjem je ubrzana detekcija mineralnih pojava ne samo na površini kopna već i u sve dubljim dijelovima zemljine kore, kao i na dnu oceana, zatim korišćenje sirovine sa sve nižim procentom korisnih komponenata ili sa sve nepovoljnijim stupnjem granulacije, nadalje sirovina kompleksnog sastava, sirovina sa štetnim komponentama, jalovinskog materijala i slično.

Prije I svjetskog rata na području Hrvatske eksploatirana su pretežno ležišta metalnih ruda, prvenstveno ležišta željezne i bakrene rude. Istraživanja tih ležišta vršena su isključivo s ciljem utvrđivanja oblika i položaja rudnih tijela, radi usmjeravanja rudarskih radova.

Između dva svjetska rata znanstvenog proučavanja rudnih ležišta u Hrvatskoj gotovo nije bilo. Eksploatiran je samo manji broj ležišta, a većina rudnika kao i potencijalno interesantnih područja bili su vlasništvo stranih kompanija. Rudišta su pretežno istraživali strani stručnjaci i to samo sa stanovišta njihove trenutne ekonomske vrijednosti.

U prvom poslijeratnom periodu, približno do 1955. god., rudna ležišta su proučavali geolozi koji često nisu imali odgovarajuću izobrazbu i iskustvo. Istraživanja su se svodila uglavnom na utvrđivanje novih količina rude, pri čemu su korištene standardne geološke metode istraživanja, koje su se upotrebljavale i u drugim granama geoloških istraživanja.

Nakon toga perioda, približno daljnjih desetak godina, naša nauka o rudnim ležištima bilježi nagli napredak, tako da u tom periodu gotovo nismo zaostajali u dostignućima u odnosu na svjetski nivo. Tome su doprinjeli novi kadrovi geologa školovanih za proučavanje rudnih ležišta, novostečena terenska i laboratorijska iskustva, usvajanje novih metoda istraživanja i nabava suvremenog znanstvenog instrumentarija. Pri istraživanju ležišta korištene su različite fizikalno-kemijske metode: kvalitativna i kvantitativna optička istraživanja u prolaznom i odbijenom svjetlu, rendgenska, termička, infracrvena i spektralna istraživanja ruda. Usvojene su nove terenske metode istraživanja, među njima geokemijske i geofizičke metode. Ležišta se ne proučavaju izolirano, nego i u njihovoj ovisnosti s drugim geološkim zbivanjima, čime se utvrđuje zakonitost njihovog pojavljivanja u prostoru i vremenu. Napredak nauke o rudnim ležištima potaknut je i potrebom za pronalaženjem ležišta sa siromašnom rudom i onih na većoj dubini koja su ranije bila vanbilansna, a čija je eksploatacija, napretkom rudarske tehnike i tehnologije prerade mineralnih sirovina, postala ekonomična.

U posljednje vrijeme zapaža se zaostajanje nauke o rudnim ležištima u nas, čemu je uzrok teškoća nabave savremenog vrlo skupog instrumentarija, bez kojega je daljnji napredak ove nauke otežan.

Nagla industrijalizacija naše zemlje nakon II svjetskog rata zahtijevala je znatno povećanje eksploatacije mineralnih sirovina, što se nije moglo postići bez većeg broja geoloških stručnjaka. Skolovanjem geoloških kadrova stvoreni su temeljni uvjeti za sustavno proučavanje našeg rudnog blaga i za brz i pravilan razvoj rudarstva.

Izobrazba geologa koji se bave proučavanjem rudnih ležišta vrši se u Hrvatskoj prvenstveno na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu. Na RGN fakultetu postoji smjer studija »Geologija ležišta mineralnih sirovina i primijenjena geofizika«, na kojemu se školuju geolozi za rad na ležištima mineralnih sirovina. Uz nastavnike RGN fakulteta na odgoju novih kadrova sudjeluju i nastavnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta.

Na Sveučilišnom postdiplomskom studiju u okviru struke »Mineralogija, petrologija i rudna ležišta« postoji smjer »Rudna ležišta«, na kojemu je do sada završilo studij 7 studenata.

Na RGN fakultetu odbranjeno je 6 doktorskih disertacija iz oblasti nauke o rudištima. Trojica doktoranata bila su iz SR Hrvatske, dvojica iz SR Bosne i Hercegovine, a jedan iz SR Crne Gore.

Područje SR Hrvatske najvećim dijelom pripada dinarskoj metalogenoj provinciji, koja se odlikuje značajnim ležištima boksita i nekih nemetala, dok su ležišta drugih obojenih i crnih metala rijetka i malih dimenzija. U daljnjem izlaganju prikazat ćemo rezultate dosadašnjih istraživanja rudnih ležišta u SR Hrvatskoj.

Nakon Oslobođenja težište istraživanja bilo je na utvrđivanju ekonomske vrijednosti već poznatih rudnih pojava ili onih ležišta koja su ranije

bila u proizvodnji. To su bila pretežno ležišta metalnih ruda (željeza, bakra, olova, cinka i žive), a manjim dijelom ležišta nemetala (barita, gline). U zadnje vrijeme težište je na istraživanju ležišta boksita i nemetala.

Ležišta i pojave željezne rude u SR Hrvatskoj nalaze se na području Petrove gore, Trgovske gore, Rude kod Samobora, te kod Knina.

Prema genetskom tipu, ova ležišta možemo podijeliti na magmatogeno-hidrotermalna, ekshalaciono-sedimentna i sedimentna ležišta.

Magmatogeno-hidrotermalna ležišta pretežno su pukotinske i rasjedne žice ili interstratificirane, uslojene žice. Dužina žica u većini slučajeva iznosi tek nekoliko desetaka metara, rijetko do 100 m, a debljina prosječno 1—2 m. Mineralni sastav žica je jednostavan. Glavni mineral žica je siderit, uz promjenjivu količinu kvarca i mjestimično sulfida, među kojima je pirit najobilniji. U površinskom dijelu siderit je oksidiran u limonit. Najveće pojave željezne rude ovog tipa nalaze se u središnjim dijelovima Petrove i Trgovske gore, a manje pojave na sjevernim padinama Medvednice (Zagrebačke gore).

Interesantan i u svjetskim razmjerima rijedak genetski tip ležišta nalazi se u Rudama kraj Samobora, sa željeznim i bakrenim rudama u uskoj prostornoj i genetskoj vezi. Sideritno rudno tijelo je slojevito i konkordantno uloženo u permskim pješčenjacima. Lateralno, sideritni sloj prelazi u željezoviti pješčenjak u kojemu se mjestimično nalaze manje iče hematita. Ispod sideritnog sloja nalaze se kvarcno-sideritne žice sa sulfidima, među kojima prevladavaju pirit i halkopirit. Sideritna i hematitna rudna tijela pripadaju ekshalaciono-sedimentnom tipu ležišta. Ubrzo nakon formiranja sideritnog rudnog tijela hidrotermalna aktivnost je obnovljena, te su ispod sideritnog sloja nastale rudne žice sa sulfidima.

Sedimentna ležišta željezne rude slojevitog ili lećastog oblika utvrđena su na više lokaliteta i u raznim stratigrafskim horizontima.

U Bukovici, kod Vojnića, slojevita hematitna rudna tijela leže u permskim pješčenjacima.

Na području Pađena i Pribudića, kod Knina, u karbonatnim stijenama ladinika pojavljuju se šamozitno-hematitne rude slojnog oblika ili kao ispunjenje paleokrških udubljenja u vapnencima. Ruda je masivna i oolitna, a pored šamozita i hematita sadrži ilit, karbonate, titanit, pirit, getit, markazit. Prisutnost hidrargilita i dijaspora u rudi upućuje, pored ostalog, da ova ležišta potječu od produkata površinskog raspadanja ladinčkih klastita.

Pliocenska ležišta željezne rude nalaze se u obodnim područjima Trgovske i Petrove Gore, pretežno u bazalnim dijelovima pliocenskih sedimentata, rjeđe unutar pliocenskih pijesaka i glina. To su nepravilne leće pretežno praškastog limonita (tzv. »brant«), s manje ili više pijeska i gline, s maksimalnom dužinom od 400 m, a debljine 20—40 m.

Pored spomenutih genetskih tipova na Zagrebačkoj gori javljaju se i manje pojave metamorfnih hematita.

Dosadašnja rudarska istraživanja utvrdila su da su željezna rudna ležišta u Hrvatskoj relativno malih dimenzija, određeno ekonomsko zna-

čenje imala su samo u ranijim periodima, kao npr. nekadašnji mali rudnici limonita u Bešlincu, rudnik hematita u Vojišnici i željezne oolitne rude kod Pađena.

Pojave *manganske rude* nalaze se pretežno na Kordunu, i to na širem području Petrove gore. Manje pojave sličnih osobina utvrđene su na Ivanščici.

Pojave manganske rude redovno su vezane za pojedine slojeve donjotrijaskih i srednjotrijaskih sedimenata, najčešće glinovito-laporovito-rožnačkih. Tanko su uslojene, pločaste ili škrljave, debljine od nekoliko decimetara do nekoliko metara. Najčešće se javlja samo jedan rudni sloj; rjeđe se zapažaju tanji prateći rudni slojevi. U blizini površine izvršeno je obogaćenje manganske rude. Glavni mineral je psilomelan, dok su drugi manganski minerali prisutni samo u mikroskopskim količinama. Redovno su prisutni i hidroksidi željeza, katkada u većoj količini. Minerali glina i kvarc su minerali jalovine. Primarna ruda sadrži ispod 20% mangana, a probrana ruda iz zone obogaćenja 25—35% Mn i 20—30% SiO₂. Obogaćena ruda je uglavnom povadena, a preostale količine su male.

Pojave *bakrene rude* nalaze se u Samoborskoj i u Trgovskoj gori.

U Samoborskoj gori nalazi se ležište Rude koje je već opisano s ležištima željezne rude. Ovo ležište je iscrpljeno i ne može se očekivati pronalaznje novih industrijskih rezervi rude.

Pojave bakrene rude u Trgovskoj gori nalaze se u gornjopaleozojskim sedimentima i paleozojske su starosti. Radi se o žicama paralelnim sa slojevitošću stijena u kojima leže. Sideritne žice sadrže od sulfida halkopirit, pored kojega se javljaju pirit, tetraedrit, galenit i gersdorfit. Hidrotermalnog su postanka, vezana za gornjopaleozojski magmatizam, ali se ne isključuje i njihovo sedimentno porijeklo.

Najveće ležište u Trgovskoj gori je Gradski potok, ali je ranijim radovima uglavnom iscrpljeno. Nova istraživanja bila su usmjerena na otkrivanje slijepih rudnih tijela koja ranije nisu bila poznata, ali bez vidljivih rezultata.

Pojave *olovo-cinčane rude* prostorno, genetski i morfološki bliske su pojavama bakrene rude. Glavna nalazišta su u Trgovskoj gori, a od sličnih sideritno-halkopiritnih žica razlikuju se mineralnim sastavom. Pored galenita, pirita i sfalerita, koji su glavni minerali, nalazi se veći broj drugih sulfida, među kojima su i kobaltno-nikaljni minerali. Pored pojava na Trgovskoj gori mineraloške pojave olovno-cinčanih ruda utvrđene su u Zagrebačkoj gori, kod Ivanca, i na Lisini kod Srba. Od tih pojava detaljnije je istražena pojava na Lisini, gdje je utvrđena jednostavna i niskotemperaturna mineralna parageneza.

Jedina pojava *cinabarita* u Hrvatskoj je ona kod Tršća u Gorskom Kotaru. Cinabarit se javlja pretežno u permskim klastičnim sedimentima, i to isključivo u krupnozrnatim pješčenjacima i konglomeratima kao sitne impregnacije i žilice. U manjoj mjeri ima ga i u donjotrijaskim dolomitima. Uz cinabarit ima malo pirita, sfalerita i kalcita. Istraživanjem je ustanovljen nizak sadržaj žive u ležištu, koji ne omogućuje eksploataciju.

Desetak zadnjih godina težište istraživanja u Hrvatskoj je na proučavanju ležišta *boksita*. Povećana proizvodnja boksita i izgradnja tvornice

glinice u Obrovcu zahtijeva dugoročna kompleksna geološka istraživanja radi pronalazjenja novih ležišta boksita. Utvrđen je stratigrafski položaj boksitonosnih horizonata, mineralni i kemijski sastav boksita pojedinih horizonata, a za neke horizonte i genetski uvjeti postanka.

Prema današnjem saznanju na području Hrvatske možemo izdvojiti 8 boksitonosnih horizonata: (1) gornji trijas, (2) malm, (3) donja kreda, (4) senon, (5) stariji paleogen, (6) srednji eocen, (7) mlađi paleogen i (8) neogen.

Najznačajniji su boksiti gornjeg trijasa, te starijeg i mlađeg paleogena. Boksiti gornjeg trijasa su kaolinitno-bemitno-dijasporski; boksiti malma i donje krede kaolinitno-bemitni; boksiti senona bemitni, starijeg paleogena hidrargilitno-bemitni; srednjeg eocena hidrargilitni, mlađeg paleogena bemitno-hidrargilitni, a neogenski boksiti su kaolinitno-hidrargilitni. Prema mineralnom sastavu, odnosno kvaliteti i rasprostranjenju, ekonomski su najinteresantniji boksiti starijeg i mlađeg paleogena.

Trijaski boksiti su vjerojatno nastali lateritizacijom pretaloženih glina, ishodišni materijal boksita starijeg paleogena najvećim dijelom potječe od netopivog ostatka vapnenca, dok su pri nastanku boksita mlađeg paleogena vjerojatno sudjelovale različite stijene. Proučavanje geneze boksita Hrvatske je u toku i na tome će se raditi i u narednim godinama.

U Hrvatskoj nemetalne mineralne sirovine imaju veću važnost od metalnih i mineralnih sirovina, s izuzetkom boksita, ali se proučavanju tih sirovina nije posvetila potrebna pažnja. Istraživala su se samo ležišta nekih nemetala kao npr. barita, grafita, gipsa i, donekle, glina. Modernizacijom industrije i građevinarstva ukazuje se potreba za istraživanjem novih tipova nemetalnih mineralnih sirovina.

Od nemetalnih mineralnih sirovina barit je najbolje istražen. Ležišta *barita* nađena su u Gorskom Kotaru, Lici i Petrovoj gori, i sva su tri u eksploataciji.

Ležišta *barita* Gorskog Kotara su interstratificirana u donjem dijelu dolomitnog horizonta koji se nalazi u prelaznoj zoni između perma i donjeg trijasa. Ležišta imaju oblik većih ili manjih leća, debljine od 1—3 m, rjeđe do 5 m, koje su dužinom i širinom podjednake, a mjere od nekoliko desetaka do 300 m. Najkvalitetnija rudna tijela sadrže 70—90% *barita*, dok kod ostalih količina *barita* varira u širokim granicama od 20 do 70%. Ležišta imaju pretežno blagi nagib, te zahvaljujući povoljnoj konfiguraciji terena u većim dijelovima ležišta izlužen je dolomit djelovanjem površinskih voda te su nastala prirodno obogaćena sekundarna ležišta *barita* u glinovitom materijalu. Pored *barita* i dolomita u primarnoj rudi mjestimično se nalazi gel pirit. Barit je također gel strukture, što ukazuje na njegovo sedimentno porijeklo.

Lička ležišta *barita* nalaze se zapadno od Gračaca i vezana su za paleozojski prodor koji se proteže od sela Pilar do Štikade. Na tom području utvrđeno je više ležišta i pojava *barita*, od kojih je najveće ležište Pilar. Ovo ležište, kao i ostala ležišta ovog područja, nalazi se u dolomitno-vapnenačkoj zoni karbonske starosti, debljine od 10—50 m. Barit je u obliku slojnih leća, gnijezda i nepravilnih žilica u dolomitu. Erozijom viših dijelova karbonatno-baritne serije karbonatna komponenta je izluživana, a barit je zaostao u obliku nepravilnih blokova i kršja »in situ« zajedno

s glinom, nastalom trošenjem podinskog šejla. U primarnom dijelu ležišta barit i dolomit su glavni minerali. Podređeni su kalcit, kvarc, pirit, galenit, sfalerit, kaolinit i hidrotinjac. Zadnjih godina na ležištu Pilar vršeni su opsežni istražni radovi čime su ustanovljene količine rude koje opravdavaju izgradnju separacije za preradu dolomitno-baritne rude. Za lička ležišta barita pretpostavlja se da su nastala submarinskim ekshalacijama. Međutim, izražena je mogućnost i terigenog porijekla, te je stoga potrebno nastaviti istraživanje geneze ovih ležišta.

Ležišta barita južnog dijela Petrove gore su plutonsko-hidrotermalnog tipa i žičnog oblika. Žice su u gornjopaleozojskim konglomeratima i pješčenjacima, pretežno su strme, pružanja istok—zapad. Maksimalna dužina im je do 300 m, utvrđena dubina 130 m, a debljina 0,3 do 5 m. Pored barita u rudi je mjestimično obilniji siderit, dok su sulfidi i kvarc podređeni. Ta ležišta prema sjeveru prelaze u sideritsko-kvarcne žice.

Gips se u Hrvatskoj javlja na području Dalmacije, Like i Samoborskog gorja. U ovim područjima ima veliki broj izdanaka gipsa, koji se prostiru na širim površinama. Gips je vezan za gornjopaleozojske naslage, za crvene pješčenjake i šupljikave vapnence u krovini, na kojima su mjestimično sačuvani donjotrijaski sedimenti. Gips je nastao hidratacijom anhidrita u površinskim uvjetima. Neka ležišta na području Kosova, Sinja i Srba detaljno su istražena i utvrđene su značajne rudne rezerve.

Pojave »grafitita« utvrđene su na sjevernim i zapadnim padinama Psnja, te na južnim padinama Papuka. Pojave su vezane za paleozojske niskometamorfne stijene, i to za zone gdje prevladavaju grafitni škriljci. Ležišta grafita su malih dimenzija, nepravilnog oblika, zbog čega je istraživanje tih ležišta otežano. Grafitna supstancija ovih ležišta po svojim fizikalno-kemijskim osobinama nije identična grafitu, nego odgovara prelaznom tipu između antracita i grafita (»grafitit«), te je slična grafitu iz austrijskih i čehoslovačkih ležišta. Koristi se za ljevačku industriju, ali kako se za istu svrhu koriste i drugi, jeftiniji materijali, plasman grafita je bio otežan, pa je od 1971. god. prestala proizvodnja u slavonskim rudnicima.

Ležište *talk-kloritnog škriljavca*, koje se nalazi na istočnim obroncima Psnja, detaljno je istraženo. Ti škriljavci su vrlo ustrmljeni i konkordantni su s folijacijom zelenih škriljavaca u kojima leže. U paragenezi prevladava klorit (klinoklor), a pored njega se nalaze kvarc, talk, muskovit i kalcit. Nakon oplemenjivanja ova sirovina ima slična svojstva kao talk. Utvrđene su velike rudne rezerve. Ležište Koprivna bilo je pušteno u probni pogon 1963. god., ali je ubrzo rad obustavljen zbog slabog plasmama sirovine.

Na području Hrvatske nalazi se veliki broj ležišta i pojava *glina*. Prema vrstama glina i geografskom položaju mogu se izdvojiti: *bentonitne gline* Dalmatinske Zagore, južnog oboda Moslavačke gore i Hrvatskog Zagorja, *keramičke i vatrostatne gline* Hrvatskog Zagorja, sjevernih oboda Petrove i Trgovske gore, te *keramičke gline* Istre.

Pri istraživanju glina postignuti su dobri rezultati, te su pronađena nova ležišta, a kod već postojećih glinokopa utvrđene nove rezerve. U posljednje vrijeme naročito su detaljno istraživane bentonitne gline, te je detaljno utvrđen njihov mineralni sastav, fizičke osobine i uvjeti po-

stanka. U Hrvatskoj je za eksploataciju bentonitnih glina najperspektivnije područje južne Moslavine i Hrvatskog Zagorja, a za kvalitetne keramičke i vatrostalne gline područje sjevernih oboda Trgovske gore.

Nadalje, postignuti su dobri rezultati na istraživanju *kvarcnih pijesaka* u Slavoniji, Istri, na Visu, zatim *tufova* za cementnu industriju na području Sinja, utvrđene su značajne količine pelitnih materijala pogodnih za proizvodnju ekspandiranog lakog agregata. Osim toga, u manjoj mjeri su istraživani dolomiti za kemijsku industriju, pirofilit, te neki rijetki minerali u aluvionima Slavonije.

Pored istraživanja rudišta Hrvatske, geolozi iz naše Republike proučavali su rudna ležišta u mnogim zemljama i na drugim kontinentima. Tako su istraživana ležišta bakrene, olovno-cinkane, kromitne i željezne rude u Burmi, azbesta i kromita u Siriji, magnetita u Sudanu, olovno-cinkanih ležišta u Egiptu, ležišta olovno-cinčane, željezne i manganske rude u Tunisu, ležišta lateritnih boksita, željezne i manganske rude u Venezueli, različita ležišta metalnih sirovina u Centralnoj Americi, u Togou, Nepal, Indoneziji, Grčkoj. Na tim istraživanjima naši geolozi postigli su zapažene rezultate, a o ovim ležištima objavljen je i veći broj radova.