

Geol. vjesnik	30,	757—760	Zagreb, 1978
---------------	-----	---------	--------------

55.51(091)(497.1)

## Matematička geologija i njena uloga u daljnjem razvoju geologije u Hrvatskoj

Petar RAFFAELLI

INA, Prol. brigada 48, YU—41000 Zagreb

U zadnjih dvadesetak godina svjedoci smo naglog razvoja nove geološke discipline — matematičke geologije. Po definiciji, matematička geologija je znanstvena disciplina koja se bavi matematičkim modeliranjem geoloških procesa ili geoloških pojava nastalih djelovanjem tih procesa. Svaka druga primjena matematike ili klasične statistike u geološkim znanostima ne bi, prema tome, spadala u domenu matematičke geologije. Često se međutim, matematička geologija poistovjećuje sa statističkom obradom geoloških podataka vjerovatno zbog toga, jer se matematička geologija služi statističkim metodama kod postavljanja vjerovatnosnih modela koji su, obzirom na prirodu podataka s kojima raspolaže geolog, najčešće primjenjivani modeli u geologiji.

Statistička obrada geoloških podataka nije novost u geologiji. Poznato je npr., da je Lyell još g. 1833 izvršio podjelu tercijara na temelju omjera recentnih vrsta u fosilnom materijalu iz tercijarnih stijena. Kemizam magmatskih stijena proučavao je statistički prvi Reyer (1877), a zatim, početkom ovog stoljeća, Harker, Loewinson-Lessing i Niggli. Harker je razmatrao odnos oksida metala naprama  $\text{SiO}_2$  i tako uveo u literaturu poznate harkerove dijagrame koji se i danas koriste. Loewinson-Lessing je sustavno proučavao distribuciju frekvencija svojih magmatskih koeficijenata u cilju što točnijeg definiranja efuzivnih stijena, dacita, andezita i bazalta. Niggli je u nizu članaka i posebnih knjiga objavio svoje magmatske parametre ofiolitskih stijena i statistički definirao karakteristike pojedinih magmatskih provincija. Negdje sredinom tridesetih godina pojavili su se radovi američkih sedimentologa, naročito Krumbeina, koji je primijenio lognormalnu distribuciju kao model distribucije detritičnih čestica i uveo poznatu  $\Phi$ -skalu. Po Visteliusu (1967), period »deskriptivne« primjene statistike završava radovima Razumovskog, o lognormalnoj distribuciji težinskih postotaka kemijskih elemenata u rudnim mineralima. G. 1941. objavljen je rad Kolmogorova o lognormalnoj razdiobi čestica dobijenih drobljenjem stijena. Rad Kolmogorova je prvi pokušaj stohastičkog modeliranja geoloških procesa. Ovaj rad, po navodima Visteliusa, sadrži strogo znanstvenu osnovu za primjenu lognormalne distribucije kod proučavanja detri-

tičnih čestica, što je ranije empirijski pokazao Krumbein, a što je i kasnije potvrđeno istraživanjem razdioba detritičnih čestica. Iako Vistelius smatra da je Kolmogorov prvi, na nov način pristupio rješavanju geoloških problema, možda bi ispravnije bilo smatrati da je istom njegovim radovima, koji se kontinuirano pojavljuju od g. 1944, postavljen temelj nove geološke discipline, matematičke geologije. U jednom svom članku objavljenom 1946. Vistelius navodi: Da bi pronašli geološko značenje distribucije poroznosti, primijenit ćemo metode analitičke geologije, koje se sastoje u matematičkom tretmanu opažanja i geološkoj interpretaciji dobijenih rezultata. Visteliusu je dakle bilo jasno da radi na jednom novom području geološke znanosti, kojeg je on tada nazvao analitička geologija. Dvali i koautori (1968) navode, da je malo tko u četrdesetim godinama govorio o mogućnostima i realnosti matematičke obrade geoloških podataka, a nitko o mogućnostima stohastičkog modeliranja. Ideje Visteliusa bile su ironično primljene, a bio je i »dogmatski kritiziran« (Dvali i koautori, 1968). Ali vrijeme je teklo i postepeno je postalo jasno da se ne radi o jednostavnom računanju, već o izražavanju geoloških pojmova matematičkim jezikom. Smjer kojeg je zacrtao Vistelius nije nadomještao dotadašnju geologiju već ju je uzdigao na viši nivo, koji je zahtijevao konkretnije i jasnije predodžbe, što ne bi bilo moguće bez primjene matematike.

U razdoblju od 1948. do 1958. g. pojavio se u vodećim geološkim časopisima (*Journal of Geology*, *Journal of Sedimentary Petrology*, *American Journal of Science*, *Geochimica et Cosmochimica Acta* i dr.) niz članaka u kojima su autori primijenili matematičke metode u skoro svim oblastima geologije: paleontologiji, stratigrafiji, sedimentologiji, sedimentnoj petrografiji, strukturnoj geologiji, geomorfologiji, speleologiji, oceanografiji, hidrogeologiji, geokemiji, geologiji granita i rudarskoj geologiji.\* Na inicijativu Millera, dva broja časopisa *Journal of Geology*, 1953. i 1954. bila su posvećena isključivo primjeni matematičkih metoda u geologiji. Vistelius, Korobkov, Mikluhomaklai, Sarmanov i drugi sovjetski autori također su redovito publicirali u sovjetskim časopisima (*Doklady AN SSSR*, *Izvestija AN SSSR*, *Zapisi Vsesojuznogo Mineralogičeskogo Obščestva*, *Trudy Leningradskogo Občestva Estestvoispitatelej*, *Trudy VNIGRI*, *Litologičeskij Sbornik VNIGRI* i dr.) radove iz matematičke geologije.

Negdje oko g. 1958. došlo je do šire primjene elektroničkih računala u svim granama znanosti. Pojava elektroničkih računala znatno je ubrzala i olakšala razvitak matematičke geologije, iako je sama disciplina nastala i posve neovisno o otkriću računala. Broj članaka u stručnim časopisima naglo se povećao. Osnovana je Internacionalna asocijacija za matematičku geologiju, kojoj je prvi predsjednik postao A. B. Vistelius i koja od 1969. izdaje svoj časopis *Journal of the International Association for Mathematical Geology*. Vremenom se širom svijeta razvio niz centara u kojima se gaji i razvija nova znanost: u SSSR-u to su Instituti Akademije, posebno Matematički Institut V. A. Steklova,

\* Kao što navode Krumbein & Graybill 1965. uz navode relevantne literature.



gdje laboratorij za matematičku geologiju vodi A. B. Vistelius; u SAD, Geološki Instituti Univerziteta u Kanzasu, Univerziteta Northwestern u Evanstonu, Pensilvanijskog državnog Univerziteta, Stanford Univerziteta u Kaliforniji i drugi; u Kanadi, Geološki Institut u Ottavi i Institut za primijenjenu geologiju Politehničkog fakulteta u Montrealu; u Švedskoj, Geološko-paleontološki Institut Univerziteta u Uppsali; u Vel. Britaniji, Geološki Instituti u Londonu, Rochesteru, Readingu i Cambridgeu; u Irskoj Geološki Odjel Queens Univerziteta u Belfastu; u Francuskoj, Centar za matematičku morfologiju Visoke rudarske škole u Fontainbleau; u Italiji, Geološko-paleontološki Institut i Institut za primijenjenu geologiju Univerziteta u Rimu, Geološki Institut Univerziteta u Milanu i drugi; u ČSSR, Geološki Institut i Geoindustrija u Pragu; u Mađarskoj, Geološki Institut u Budimpešti; u Rumuniji i Bugarskoj, Institutu Akademija; u Indiji, Geološka grupa pri Indijskom Statističkom Institutu u Kalkuti, da nabrojimo samo najpoznatije. Pored toga, u mnogim rudarskim poduzećima širom svijeta, posebno u velikim petrolejskim kompanijama, metode matematičke geologije primjenjuju se i koriste za rješavanje svakodnevnih problema primijenjene geologije.

U Jugoslaviji, niti jedna znanstvena geološka ustanova na Sveučilištima nema poseban odjel ili grupu koja bi se bavila problemima matematičke geologije, iako u zemlji postoji niz jakih računskih centara. Posebne grupe za matematičku geologiju postoje, koliko je poznato, samo u Rudarskom Institutu u Beogradu i u INA-Naftaplínu u Zagrebu. Djelatnost ovih grupa ograničena je samom prirodom posla pretežno na praktičnu primjenu metoda matematičke geologije.

Uzrok ovakvom stanju je, vjerojatno, stadij u kojem se danas nalazi geološko istraživanje naše zemlje. Naime, kod prethodnih geoloških istraživanja potpuno nepoznatih područja, za obradu velikog broja podataka dobijenih daljinskom detekcijom, neophodna je numerička obrada i redukcija obilja podataka metodama matematičke geologije. Bez tog postupka ne bi bilo moguće pretvoriti signale koji dolaze sa udaljene sonde na Marsu, ili sa satelita koji kruži oko Zemlje, u smislaonu geološku informaciju. S druge strane, kod detaljnih proučavanja evolucije magmatskih tijela, sedimentacijskih basena, stratigrafskih stupova, ili kod detaljnih paleontoloških, petrografskih i geokemijskih istraživanja, primjena metoda matematičke geologije je kod današnjeg razvoja znanosti također poželjna.

Teritorij Hrvatske, kao i ostalog dijela Jugoslavije, nije u stadiju prethodnog geološkog rekognosciranja, a opet, za mnoga područja naše zemlje još ne raspoložemo detaljnim informacijama sustavno sakupljenim, na način prikladan za provođenje opsežnijih studija uz primjenu matematičkog modeliranja. Osim toga, znatan broj geologa još uvijek je zaokupljen izradom Osnovne geološke karte i regionalnim istraživanjima, pa dok se ovi radovi ne privedu kraju i geolozi ne oslobode ovih obaveza, neće doći do šire primjene matematičke geologije, bar ne na institutskom i akademskom nivou. Ali, u daljnjem razvoju geološke znanosti u Hrvatskoj, matematička geologija će, kao i drugdje u svijetu, imati sve veće značenje. Zbog toga je od važnosti za razvoj naše znanosti što već imamo formiranu grupu za primjenu matematičkih metoda,

koja priprema teren i može poslužiti kao jezgra budućim generacijama mladih geologa koji će, u suvremenim uvjetima, unaprijediti hrvatsku geološku znanost i nastaviti rad ovog društva, čiju obljetnicu slavimo.

#### LITERATURA

- Dvali, F. M. & Koržinski, S. D. & Linnik, V. J. & Romanova, A. M. & Sarmanov, V. O. (1968): O rabotah Andreja Borisovića Visteliusa. — *Voprosy matematičeskoj geologii*, 6—15. Izd. Nauka, Leningrad.
- Krumbein, C. W. & Graybill, A. F. (1965): *An Introduction to Statistical Models in Geology*. — Mc Graw-Hill, New York.
- Romanova, A. M. & Sarmanov, V. O. (1970): *Topics in Mathematical Geology*. — Prevod s ruskog. Consultants Bureau, New York.
- Vistelius, B. A. (1946): Ritmi poristosti i javlenie fazovoj diferenciacii osadočnih tolšč. — *Dokl. AN SSSR*, 54/6, 519—521.
- Vistelius, B. A. (1967): *Problems in Mathematical Geology*. Prevod s ruskog. *Stud. in Math. Geol.* 9—28, Consultants Bureau, New York.

### Mathematical geology and its role in the future development of geology in Croatia

*P. Raffaelli*

The article briefly describes the progress of mathematical geology from the early works of A. B. Vistelius to the present state of the art. It also points out the importance of mathematical geology for the future development of geological sciences in Croatia.