INSTITUT ZA GEOLOŠKO-RUDARSKA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA
NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

POSEBNA IZDANJA

Knj. 5

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ

ANOMALNO MAGNETSKO POLJE I GEOLOŠKA GRAĐA UNUTRAŠNJIH DINARIDA

(na bazi aeromagnetskih podataka)

BEOGRAD
1976.

GIS 00028

INSTITUTE FOR GEOLOGICAL AND MINING EXPLORATION AND
INVESTIGATION OF NUCLEAR AND OTHER MINERAL RAW MATERIALS

MONOGRAPHS

Vol. 5

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ

THE ANOMALIOUS MAGNETIC FIELD AND THE STRUCTURE OF INNER DINARIDES

(Based on aeromagnetometric data)

BEOGRAD
1976.

INSTITUT ZA GEOLOŠKO-RUDARSKA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA
NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

POSEBNA IZDANJA

Knj. 5

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ

ANOMALNO MAGNETSKO POLJE I GEOLOŠKA GRAĐA UNUTRAŠNJIH DINARIDA

(na bazi aeromagnetskih podataka)

BEOGRAD
1976.

REDAKCIJSKI KOLEGIJUM:

Stanojlo Cvetić
Nadežda Krstić
Jelena Luković
Gordana Martinović
Milovan Mladenović
Veljko Omaljev
Milan Petrović
Vladimir Sarić

ODGOVORNI UREDNIK

Momčilo Vukasović

ВИНЧ. бр. 28

Rad je štampan uz finansijsku pomoć Republičke zajednice za naučni rad SR Srbije

Tiraž: 500 primeraka

Stampa: Grafičko preduzeće »Radiša Timotić«, Beograd, Jakšićeva 9. — 1977.

Ovaj rad posvećujem mojim dragim roditeljima, majci Savi i ocu Teofilu.

SPISAK PRILOGA

1. Aeromagnetska-strukturna karta istočne Makedonije
2. Strukturna karta Kratovsko-zletovske oblasti
3. Aeromagnetska-geološka karta oblasti između Prištine i Kumanova
4. Aerogeofizička-geološka karta područja Trepče
5. Aeromagnetska-strukturna karta Šumadije
6. Aeromagnetska-strukturna karta SZ Srbije
7. Karta dubinskih razloma, magmatita i rudnih ležišta na području Unutrašnjih Dinarida
8. Karta osnovnih geotektonskih jedinica u međugraničnom prostoru Dinarida, Panonida i SMM

SADRŽAJ — CONTENT

	Strana Page
Opšti podaci	1
I. Litološki sastav, anomalno magnetsko polje i zadaci aeromagnetskih ispitivanja na području Unutrašnjih Dinarida	5
Kratak osvrt na litološki sastav terena i magnetska svojstva stena	5
Konfiguracija anomalnog magnetskog polja	10
Zadaci aeromagnetskih ispitivanja	18
II. Geofizička problematika aeromagnetskih ispitivanja	21
Optimalni metodološki elementi	21
Interpretacija aeromagnetskih podataka	29
Kvalitativna interpretacija	30
Kvantitativna interpretacija	31
Metoda određivanja dubine donjeg kraja vertikalnog sloja	34
III. Interpretacija anomalnog magnetskog polja Unutrašnjih Dinarida	54
Litološka priroda i dubina uzročnika anomalija	54
Geološke (tektonske, magmatske i metalogenetske) implikacije anomalnog polja	62
Razlomne strukture, magmatiti i rudna ležišta	63
Dubinski razlomi i druge značajnije dislokacije	64
Magmatiti (geotektonski položaj, prekriveni intruzivi, vulkanski aparati)	66
Rudna ležišta (geotektonski položaj, rudno potencijalni i perspektivni tereni)	69
Geotektonska rejonizacija međugraničnog prostora Dinarda, Panonida i Srpsko-makedonske mase (prostranstvo i geotektonski položaj Unutrašnjih Dinarida)	74
Osnovni elementi za geotektonsku rejonizaciju	75
Granice rasprostranjenja i geotektonsko raščlanjavanje Unutrašnjih Dinarida	77
Prostranstvo Srpsko-makedonske mase severno od Dunava	80
Zaključak	81
Literatura	83
Rezime (Summary)	91

ANOMALNO MAGNETSKO POLJE I GEOLOŠKA GRAĐA UNUTRAŠNJIH DINARIDA

(na bazi aeromagnetskih podataka)

Ovaj rad predstavlja skoro neizmenjeni tekst doktorske disertacije, koja je pod naslovom »Interpretacija podataka aeromagnetskih ispitivanja izvršenih u području Unutrašnjih Dinarida, sa osvrtom na odredbu optimalnih metodoloških elemenata« odbranjena na Rudarsko-geološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, 14. maja 1976. godine. Od grafičke dokumentacije disertacije nisu štampani: pregledna geološka karta Unutrašnjih Dinarida, razmere 1 : 500.000; pregledna karta izoanomala ΔT intenziteta Unutrašnjih Dinarida, razmere 1 : 500.000 i karta izoanomala ΔT intenziteta istočne Makedonije, razmere 1 : 200.000, kao i visokoprecizne karte izoanomale ΔT intenziteta Šumadije i SZ Srbije, razmere 1 : 200.000 koje su po oceni merodavnih organa samo za internu upotrebu. Na aeromagnetskim-strukturnim kartama Šumadije i SZ Srbije umesto uobičajeno izolinijama anomalno polje je prikazano preko osa pozitivnih i negativnih anomalija.

Za omogućeno korišćenje podataka i ukazanoj finansijskoj pomoći za štampanje ovog rada zahvalan sam Institutu za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina iz Beograda. Prijatna mi je dužnost odati priznanje i zahvalnost Prof. Dr. D. Stefanoviću i Prof. Dr. M. Dimitrijeviću, rukovodiocima izrade teze, kao i Prof. Dr. R. Mužijeviću, koji su svojim primedbama i savetima doprineli da rad bude kvalitetniji. Takođe, zahvalan sam svojim kolegama i saradnicima koji su učestvovali u terenskoj fazi aeromagnetskih ispitivanja, obradi podataka i izradi tehničke dokumentacije. Na finansijskoj pomoći za izradu i štampanje disertacije izražavam veliku zahvalnost Republičkoj zajednici nauke Srbije.

OPŠTI PODACI

Po geološkoj građi područje Unutrašnjih Dinarida je jedno od najinteresantnijih u Jugoslaviji. Poznato je po svojoj geotektonskoj složenosti, tako da se karakteriše brojnim nerešenim problemima. Za rešavanje mnogih strukturnih problema potrebno je raspolagati i određenim poda-

cima koji se odnose na delove terena ispod recentnog erozionog nivoa. To pruža povoljnu priliku da se kroz podatke geofizičkih ispitivanja dâ doprinos poznavanju geologije Unutrašnjih Dinarida. U ovom radu učinjen je pokušaj da se određeni doprinos ostvari na bazi podataka aeromagnetskih ispitivanja, koristeći naravno i podatke ostalih geološko-geofizičkih ispitivanja izvršenih na području Unutrašnjih Dinarida i susednih regiona; ostali podaci korišćeni su u rešavanju one problematike koja je bila inicirana aeromagnetskim podacima. Takođe, u radu su tretirana i neka teoretska pitanja, rešavani su neki problemi vezani za metodologiju aeromagnetskih ispitivanja i za interpretaciju anomalija totalnog intenziteta zemljinog magnetskog polja (ΔT).

Aeromagnetska ispitivanja na prostoru Unutrašnjih Dinarida, čije su granice (onako kako ih autor shvata*) naznačene na sl. 1, započeta su 1960. godine i sa većim ili manjim prekidom nastavljena su do današnjih dana. Na istoj slici naznačeni su i delovi terena i profili ispitani zaključno sa 1974. godinom. Ukupna površina ispitanih terena iznosi 21.000 km² što iznosi 32% površine Unutrašnjih Dinarida. Mada ispitivanjima nije obuhvaćen veći deo Unutrašnjih Dinarida, ipak, s obzirom na strukturnu problematiku ovog prostora i zahvaljujući činjenici da su ispitivanjima zahvaćeni ključni delovi, i do sada prikupljeni aeromagnetski podaci, zasebno ili u kontekstu nekih drugih geološko-geofizičkih podataka, unose dosta novog svetla u geološku građu Unutrašnjih Dinarida. Iz dobijenih podataka sagledavaju se neke opšte strukturne karakteristike ove jedinice u celini i njene specifičnosti u pojedinim delovima.

Svrha prvih aeromagnetskih ispitivanja na području Unutrašnjih Dinarida, kao uopšte i u drugim delovima Jugoslavije, bila je istraživanje ležišta gvožđa. Kasnije, primena aeromagnetske metode se proširila i na geološko-strukturne zadatke, a time i na indirektno istraživanje drugih mineralnih sirovina.

Aeromagnetska merenja su zaključno sa 1963. godinom izvođena sa helikoptera Beli-47 J, primenom sovjetskog fluksnog aeromagnetometra ASGM-25 osetljivosti 20 gama. Kasnije, merenja su vršena iz aviona AN-2, sa modificiranom aparaturom istoga tipa ASG-46 osetljivosti 5 gama. Međumaršrutno odstojanje je iznosilo od 250—2000 m, a relativna visina leta je varirala u granicama od 50 do 200 m, što je zavisilo od problematike pojedinih zadataka. Jedino je na profilu B. Luka — Osijek prosečna relativna visina leta iznosila 500 m. U periodu 1972—1974. godina ispitivanja su obavljena protonskim aeromagnetometrom G-803 HP osetljivosti 0,1 gama, koji praktično zadovoljava maksimalne zahteve primenjene geologije. Ova visokoprecizna ispitivanja vršena su sa svrhom proučavanja strukturne problematike, pri međumaršrutnom odstojanju od 2000 m i prosečnoj relativnoj visini od 500 m, s tim što su merenja duž jedne maršrute izvedena na konstantnoj barometarskoj visini. Na profilima Vrbanja — Črnkovci, Javor — Srbobran i Hum — Kruševac aeromagnetska ispitivanja izvedena su u cilju izučavanja geološke građe Zemljine kore. Ovi profili predstavljaju ustvari delove poprečnih profila Jugoslavije duž kojih su osim aeromagnetskih ispitivanja obavljena i duboka seizmička

---

* O granicama Unutrašnjih Dinarida detaljno se raspravlja u III delu rada.

sondiranja. Aeromagnetska merenja duž ovih profila izvršena su na dva nivoa: na konstantnoj apsolutnoj visini 2500 m i na prosečnoj relativnoj visini od 500 m, pri promenljivoj apsolutnoj visini. Niži nivo se postizao letenjem sledeći osnovne morfološke oblike, a u slučajevima nailaska na nagle razlike visine u reljefu merenje je prekidano da bi se avion doveo na veću visinu leta.

Dovođenje na teren ispitivanja i održavanje letilice na planiranim maršrutama vršeno je vizuelno po topografskoj karti razmere 1 : 50.000 uz korišćenje uobičajenih navigacionih instrumenata aviona (kompasa, brzinomera i elementarnih proračuna). Prosečno odstupanje ostvarene maršrute od planirane je oko 100 m. Pri izvršenju visokopreciznih aeromagnetskih ispitivanja, od 1972. god., poziciona kontrola maršruta vršena je preko aerofotosnimaka karakterističnih orijentira koji su identifikovani na aerosnimcima ili topografskim kartama.

Podaci dobijeni merenjem fluksnim magnetometrom nisu popravljani s obzirom na dnevne promene Zemljinog magnetskog polja. Nivo normalnog polja određivan je grafički na bazi zadovoljenja uslova $\int_{-\infty}^{\infty} \Delta T dx = 0$. Podaci visokopreciznih aeromagnetskih ispitivanja popravljeni su za dnevnu varijaciju na bazi podataka Geomagnetskog instituta iz Grocke. Varijacije T (totalnog intenziteta Zemljinog magnetskog polja) merene su u Geomagnetskoj opservatoriji sa uređajem »Bobrov«. Normalne vrednosti T na nivou zemljine površine računate su po formuli za epohu 1960, 0. Popravka za vekovne promene magnetskog polja Zemlje od 1960, 0, epohe na čije normalno magnetsko polje se odnose prikazane aeromagnetske anomalije ΔT, određena je aproksimativno preko podataka teritorijalnog geomagnetskog premera SFRJ, preko sračunatih vrednosti ΔT. To je učinjeno za podatke merenja izvršenih na srednjoj apsolutnoj visini od 800 m u Šumadiji, gde su ostvarena prva visokoprecizna aeromagnetska merenja na području Unutrašnjih Dinarida. Na osnovu podataka merenja u mirnom magnetskom polju, duž istih maršruta a na različitim apsolutnim visinama, sračunat je normalni vertikalni gradijent (u proseku $\frac{\partial T}{\partial z} = 0{,}025$ gama/m), što je iznos korekcije za promenu normalnog magnetskog polja sa visinom. Merenjima u graničnom predelu između Šumadije i SZ Srbije ostvareno je međusobno povezivanje podataka ove dve oblasti, podaci su svedeni na jedinstven uslovni »nulti« nivo anomalnog polja. To znači da integralna aeromagnetska karta predstavlja anomalno magnetsko polje na prosečnoj relativnoj visini od 500 m.

Srednje kvadratne greške aeromagnetskih merenja, sračunate na bazi podataka dobijenih na ponovljenim delovima maršruta i »sekućim« maršrutama u mirnom anomalnom polju (horizontalni gradijent manji od 0,01 gama/m), iznose: za merenja izvršena sa ASGM-25 ± 80 gama, sa ASG-46 ± 20 gama i sa G-803 HP $\pm 0{,}6$ do ± 1 gama. Naravno, pri interpretaciji je vođeno računa o tačnosti odgovarajućih podataka; na bazi aeromagnetskih podataka izvedeni su samo zaključci koje je ostvarena tačnost dozvoljavala.

Osnovu ovoga rada čine tri dela: u prvom je dat kratak prikaz litološkog sastava i konfiguracije anomalnog magnetskog polja i postavljeni su zadaci aeromagnetskih ispitivanja; u drugom delu autor razmatra geofizičku problematiku koja se javlja pri rešavanju određenih zadataka, dajući prilog odredbi optimalnih metodoloških elemenata i kvantitativnoj interpretaciji aeromagnetskih anomalija; u trećem delu prikazana je interpretacija anomalnog magnetskog polja Unutrašnjih Dinarida, čiji rezultati predstavljaju doprinos poznavanju geološke građe ovoga područja.

I. LITOLOŠKI SASTAV, ANOMALNO MAGNETSKO POLJE I ZADACI AEROMAGNETSKIH ISPITIVANJA NA PODRUČJU UNUTRAŠNJIH DINARIDA

Uporednom studijom do sada utvrđenog anomalnog magnetskog polja i litološkog sastava Unutrašnjih Dinarida, vodeći pri tome računa o magnetskim karakteristikama pojedinih litoloških članova, upečatljivo proističu konkretni geološki problemi ovoga područja koji se mogu rešavati na bazi podataka aeromagnetskih ispitivanja ili čijem rešavanju aeromagnetski podaci mogu doprineti u kontekstu sa ostalim geološko-geofizičkim podacima. Otuda se u ovom delu teze iznose do sada utvrđene činjenice vezane za litološki sastav, magnetska svojstva stena i anomalno polje aeromagnetski ispitanog prostora Unutrašnjih Dinarida. Proistekli geološki problemi predstavljaju ustvari zadatke aeromagnetskih ispitivanja, odnosno interpretacije aeromagnetskih podataka. Aeromagnetski doprinos rešavanju iniciranih geoloških problema se postavlja kao osnov ove teze. Teoretske osnove mogućnosti aeromagnetskog doprinosa se razmatraju u sledećem (II) delu rada.

KRATAK OSVRT NA LITOLOŠKI SASTAV TERENA I MAGNETSKA SVOJSTVA STENA

Litološki sastav terena i magnetska svojstva stena biće prikazani ukratko, koliko to zahteva problematika koja se namerava rešavati. Opis litološkog sastava dat je na osnovu podataka tumača za osnovnu geološku kartu, koji su navedeni u spisku literature. Prikaz magnetskih svojstava stena dat je na osnovu podataka ispitivanja pojedinih stena sa područja Unutrašnjih Dinarida i po opštem poznavanju svojstava osnovnih petrografskih vrsta, zasnovanom na podacima literature. Biće reči o susceptibilnosti stena jer je on najčešće u nas određivan. Postojeći podaci o remanentnoj magnetizaciji za neke, magnetičnije stene, biće prikazani pri interpretaciji anomalija sa terena odakle su primerci u tom smislu detaljnije ispitivani.

Prema podacima geološkog kartiranja za osnovnu geološku kartu i podacima drugih geoloških istraživanja, u geološkoj građi područja Unutrašnjih Dinarida učestvuju kenozojske, mezozojske i paleozojske sedimentne stene i magmatiti i proterozojske kristalaste stene. Geološke formacije imaju generalni pravac pružanja 155—335°, na terenu južno od Beograda i 115—295°, na terenima SZ Srbije, SI Bosne, Srema i Slavonije. Rasprostranjenje i magnetske karakteristike pojedinih vrsta stena opisani su po starosti formacija koje izgrađuju.

Proterozoik

Proterozojske stene nemaju veće rasprostranjenje u recentnom erozionom nivou na području Unutrašnjih Dinarida. Pojavljuju se uglavnom na južnom delu područja, u Makedoniji: Kožuf, Serta, Gradeške planine, Tikveš, Ovče polje, Plavuš — Dojransko jezero i na prostoru Radoviš — Krupište.

Tvorevine proterozojske starosti predstavljene su uglavnom gnajsevima i podređeno mikašistima sa proslojcima amfibolitskih škriljaca i mermera. Izuzev amfibolitskih škriljaca, čija susceptibilnost ponegde dostiže veličinu od oko 4000×10^{-6} CGS, proterozojske stene su slabe magnetičnosti, oko 100×10^{-6} CGS.

Paleozoik

Paleozojske tvorevine rasprostiru se sa većim ili manjim diskontinuitetom preko čitavog područja Unutrašnjih Dinarida. U Makedoniji se pojavljuju u dve zone (Alšar — Katlanovo i Dojran — Kočani) koje konvergiraju ka severu, da bi dalje od Zapadne Morave opet divergirale ka ZSZ, prostirući se preko Goleša, zapadnog dela Kopaonika, zapadne Srbije, Motajice i Prosare, odnosno preko Skopske Crne Gore, istočnog dela Kopaoničke oblasti, Bukulje, Fruške Gore i Slavonskih planina. Naznačeno prostranstvo paleozoika na postojećim geološkim kartama moglo bi se revidirati u Kopaoničkoj oblasti, gde rezultati novijih istraživanja pokazuju da je veći deo »paleozojskih« tvorevina trijaske starosti (M. K a n d i ć i dr. 1970). Značajno je napomenuti da su u okviru SZ Srbije izdvojeni škriljci drinske i jadarske facije, koje su na liniji Maljen — Zvornik međusobno razdvojene; stene jadarske facije odlikuje niži stepen metamorfizma.

Po petrografskom sastavu u okviru paleozojskih tvorevina izdvojeni su uglavnom peščari, filiti, argilošisti, karbonatne stene (mermeri, krečnjaci, dolomiti) i graniti — Bukulje, Cera, Motajice, Prosare, Slavonskih planina. Sve ove stene se odlikuju niskom susceptibilnošću, koja retko prelazi 100×10^{-6} CGS. Povećana magnetičnost jedino se vezuje za ređe slučajeve kada su graniti i paleozojski škriljci impregnisani magnetitom (Motajica, Cer, Skopska Crna Gora, Slavkovci — Kosovo, Kopaonik). U zoni Studena Voda — Raduša pojavljuju se i serpentiniti čija starost nije pouzdano utvrđena, što je slučaj i sa serpentinitima sa ostalih delova Unutrašnjih Dinarida; jedan deo autora smatra da su u ovoj zoni nastali metamorfozom staropaleozojskih ultrabazičnih stena. Serpentiniti, koji su dali materijal za stvaranje oolitskih ležišta gvožđa i nikla na ovom prostoru, imaju susceptibilnost oko 20.000×10^{-6} CGS.

Mezozoik

Na području Unutrašnjih Dinarida mezozojske stene učestvuju u geološkoj građi uglavnom u okviru teritorije Makedonije i Srbije.

Trijas. Trijaske stene imaju podređeno učešće u geološkoj građi Unutrašnjih Dinarida. Otkrivene su na Kožufu, u Rođdensko-veleškoj oblasti,

na Kopaoniku, u SZ Srbiji, Bosanskoj krajini, na Fruškoj Gori i Slavonskim planinama, ali uvek u vidu masa manjeg prostranstva.

Sedimentne stene trijasa predstavljene su klastitima, krečnjacima i dolomitima, a jedan broj autora smatra da trijasu pripadaju gabrovi i dijabazi u Makedoniji kao i andeziti, gabrovi, dijabazi i melafiri u SZ Srbiji. Po povećanoj magnetičnosti jedino se izdvajaju pojedina tela gabrova i dijabaza, čija susceptibilnost može dostići vrednost oko 3000×10^{-6} CGS. Sedimentne stene, melafiri i andeziti su praktično nemagnetični.

Jura. Jurski sedimenti i magmatiti prostiru se preko većeg dela Unutrašnjih Dinarida. Naročito su razvijeni na prostoru Makedonije i Srbije, gde se pojavljuju dve relativno uske zone, približno meridionalnog pravca pružanja, čiji kontinuitet opada od juga prema severu. Zapadnija od njih, iz SZ Srbije menja pravac prema ZSZ, nastavljajući prostiranje preko Bosne i Banije, dok druga produžava prema Beogradu. Na delu Panona, tvorevine jure nisu otkrivene u recentnom erozionom nivou.

Sedimenti jure zastupljeni su peščarima, glincima, laporcima, krečnjacima i dolomitima. Magmatite, koji se često sa sedimentima smenjuju gradeći tzv. dijabaz-rožnačku formaciju, predstavljaju dijabazi, melafiri, tufovi i gabrovi. Većina autora juri pripisuje i velike mase serpentinisanih peridotita — serpentinita, koje se isto tako prostiru u dve osnovne zone, praktično zajedno sa pomenutim stenama jure. Na potezu Skopska Crna Gora — Štip — Furka u juri je bila snažna magmatska aktivnost, za koju postoje indicije da je trajala delom i u donjoj kredi. Produkti ovog magmatizma su kvarclatiti, rioliti i graniti u pojasu Lojane — Gnjilane i graniti Štipa i Furke. Sedimentne stene su praktično nemagnetične; imaju susceptibilnost najčešće ispod 50×10^{-6} CGS. Najveći deo magmatita se odlikuje većom magnetičnošću, naročito serpentinisani peridotiti čija susceptibilnost, zavisno od petrografskog sastava i stepena izmenjenosti, može iznositi 20.000×10^{-6} CGS i više. Vrednost susceptibilnosti dijabaza, melafira i gabrova je istoga reda kao što imaju ove petrografske vrste trijaske starosti. Kvarclatiti imaju najčešće susceptibilnost oko 1000×10^{-6} CGS, dok su rioliti i graniti praktično nemagnetični sa izuzetkom nekih (obodnih) delova Štipskog granita koji se karakteriše susceptibilnošću oko 1500×10^{-6} CGS.

Kreda. Kredne tvorevine — sedimenti i magmatiti, zauzimaju prilično veliko prostranstvo na području Unutrašnjih Dinarida, naročito na prostoru od Beograda do grčke granice. Slično jurskim, i kredne tvorevine kroz Makedoniju i Srbiju javljaju se u dve relativno bliske zone, koje se prema ZSZ produžavaju u Bosnu, odnosno na Frušku Goru. Za magmatite i za neke delove sedimentnih serija nije bilo moguće sa sigurnošću utvrditi da li su kredne ili jurske starosti pa su na geološkoj karti označene kao jura — kreda.

Sedimenti krede najčešće su predstavljeni flišnim tvorevinama, peščarima, glincima, laporcima, laporovitim krečnjacima, krečnjacima i dolomitima. Magmatiti se podređeno pojavljuju. Predstavljeni su dijabazima u Veleško-rođdenskoj oblasti i dijabazima i spilitima koji se javljaju u okolini Beograda u tzv. »vulkanogenom flišu« sa peščarima, glincima, laporcima i peskovitim krečnjacima. Sve ove navedene stene kredne starosti su praktično nemagnetične, sa izuzetkom pojedinih partija dijabaza čija susceptibilnost dostiže vrednost od $2000 \times^{-6}$ CGS.

Kenozoik

Kenozojske tvorevine imaju veliko rasprostranjenje na području Unutrašnjih Dinarida, posebno na delu Panonske depresije gde u recentnom erozionom nivou sedimenti kenozoika čine skoro jedine stene. U okviru kenozoika izdvojeni su sedimenti i magmatiti starijeg (paleogen) i mlađeg (neogen) tercijara i kvartara. Za magmate ove starosti genetski su vezana najznačajnija ležišta Unutrašnjih Dinarida, pa i Jugoslavije u celini.

Tercijar. Paleogene stene nalaze se uglavnom u dva međusobno dosta udaljena prostora: u severoistočnoj Bosni (Kozara — Motajica — Majevica) i u Povardarju (Ovče Polje, Tikveš, Kratovsko-zletovska oblast). U Bosni paleogen predstavljaju flišne i druge tvorevine eocena: laporci, peščari, glinci i konglomerati. Eocenski flišni sedimenti izgrađuju i teren u oblasti Ovčeg Polja i Tikveša, ispunjavaju postojeće depresije. Kratovsko-zletovsku vulkanogenu oblast izgrađuju najvećim delom ignimbriti, andezito-daciti i piroklastiti, produkti intenzivne vulkanske aktivnosti na ovom terenu, koja je sa manjim prekidima trajala sve do kvartara. Od paleogenih magmatita u Unutrašnjim Dinaridima nalaze se još i granodioriti Boranje.

Neogene tvorevine najčešće izgrađuju tektonske depresije, kojih na području Unutrašnjih Dinarida ima prilično. Naravno, najviše su rasprosranjene u okviru Panonske depresije i njenog oboda, gde su pretežno razvijene sedimentne stene. Dalje ka jugu sve do grčke granice sedimenti ispunjavaju pojedine relativno male i izolovane bazene (Zapadno-moravski, Kosovski, Skopski, centralni delovi Ovčeg Polja i Tikveša). Sedimentne jedinice sačinjavaju konglomerati, šljunkovi, peskovi, peščari, gline, laporci, krečnjaci i ugljevi. Pored pomenutih vulkanita Kratovsko-zletovske oblasti koji su se izlivali od gornjeg eocena do kvartara, neogeni magmatiti se pojavljuju i na Kožufu, u Leckoj, Kopaoničkoj i Kotleničko-rudničkoj oblasti, zatim na Kosmaju, Avali, Fruškoj Gori, Slavonskim planinama i Podrinju. Često su vulkaniti i njihovi tufovi intimno vezani sa sedimentnim stenama. Može se konstatovati da se tercijarni magmatiti javljaju uglavnom u domenu zona bazita*. Od magmatita zastupljeni su graniti Kopaonika, Željina i Kosmaja, zatim dacitoandeziti, kvarclatiti, trahiandeziti i njihovi tufovi Kožufa, Lecea, Kopaoničke oblasti, Kotlenika, Rudnika, Avale, Podrinja, Slavonskih planina i trahiti Fruške Gore.

Po magnetskim osobinama sve tercijarne sedimentne stene se mogu označiti kao skoro nemagnetične, njihova susceptibilnost je oko 50×10^{-6} CGS. Najveći deo magmatita tercijarne starosti se karakteriše povišenom magnetičnošću s tim što se u okviru iste petrografske vrste mogu naći partije koje su, zavisno od prvobitnog sadržaja akcesornih — feromagnetičnih minerala i izmenjenosti, sasvim niske ili visoke magnetičnosti. Granodioriti Boranje i graniti Kopaonika i Željina su većim delom slabo magnetični, sa izuzetkom obodnih delova čija susceptibilnost je oko 500×10^{-6} CGS. Za razliku od ovih granitoida monconitski graniti Kosmaja se odlikuju većom magnetičnošću, imaju susceptibilnost oko 1500×10^{-6} CGS. Od vulkanita po magnetičnosti se posebno izdvajaju ignim-

---

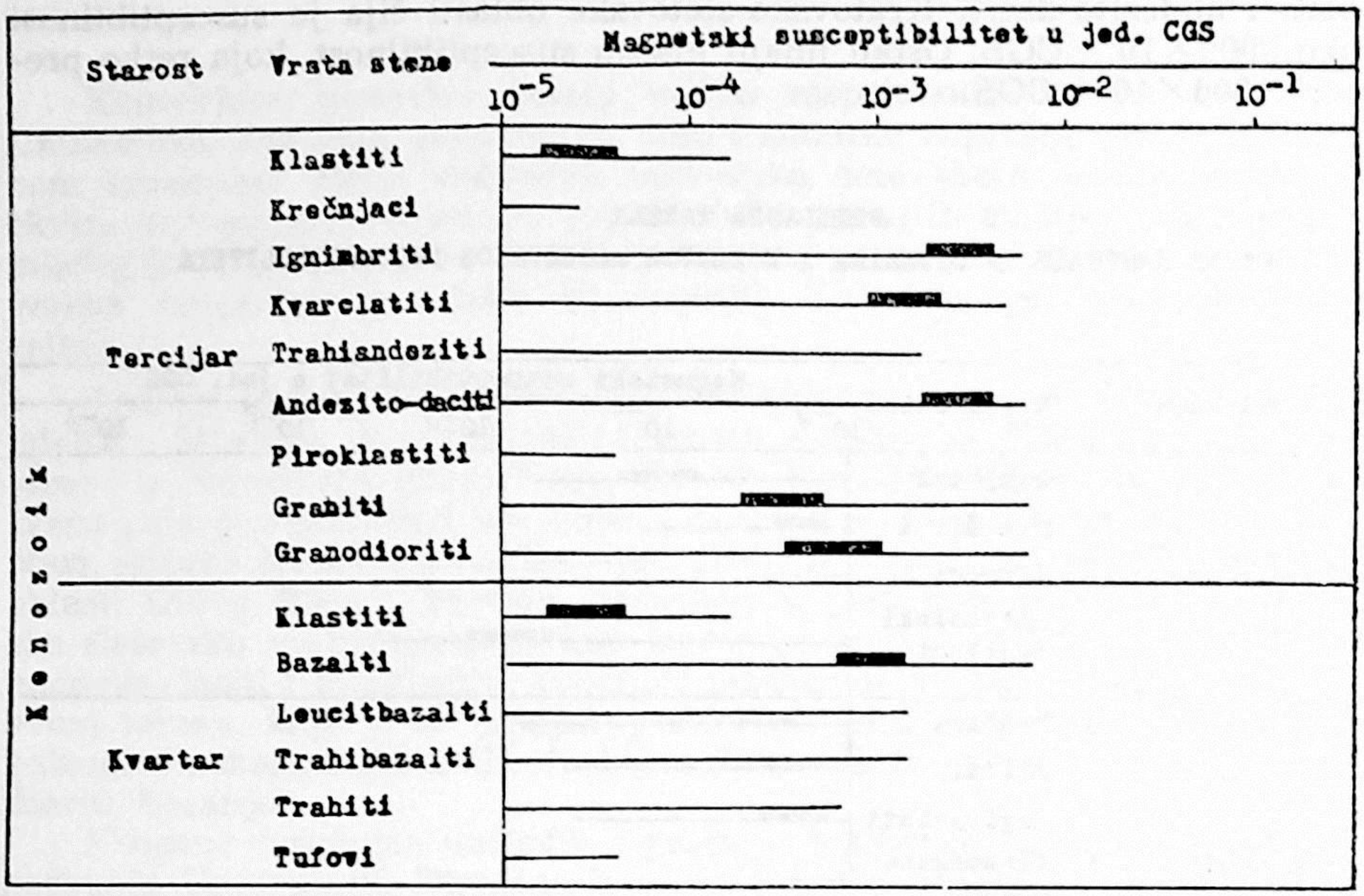
* Ovde i nadalje u tekstu pod bazitima podrazumevam sve bazične i ultrabazične stene, bez obzira na njihovu starost.

briti i andezito-daciti Kratovsko-zletovske oblasti čija je susceptibilnost oko 3000×10^{-6} CGS. Ostali imaju manju susceptibilnost, koja retko prelazi 1000×10^{-6} CGS.

PREGLEDNA TABELA

STENA UNUTRAŠNJIH DINARIDA I NJIHOVOG MAGNETSKOG SUSCEPTIBILITETA

Starost	Vrsta stene	Magnetski susceptibilitet u jed. CGS: 10^{-5} 10^{-4} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1}
Proterozoik	Gnajsevi	
	Mikašisti	
	Mermeri	
	Amfibolski škriljci	
Paleozoik	Peščari	
	Filiti	
	Argilošisti	
	Karbonatne stene	
	Serpentiniti	
	Graniti	
Mezozoik — Trijas	Klastiti	
	Karbonatne stene	
	Gabrovi	
	Dijabazi	
	Melafiri	
	Andeziti	
Mezozoik — Jura	Klastiti	
	Karbonatne stene	
	Dijabazi	
	Melafiri	
	Gabrovi	
	Serpentiniti	
	Kvarclatiti	
	Rioliti	
	Graniti	
Mezozoik — Kreda	Klastiti	
	Karbonatne stene	
	Dijabazi	
	Spiliti	



Kvartar. Kvartarne tvorevine sa većim ili manjim intenzitetom javljaju se u svim delovima Unutrašnjih Dinarida. Osobito su razvijene u okviru Panonske kao i drugih depresija i morfoloških udubljenja koje prekrivaju.

Pored uobičajenih sedimenata: šljunkova, peskova, konglomerata i breča u kvartaru su zastupljeni i magmatiti, kao produkti vulkanske aktivnosti započete još u prethodnom periodu. Magmatiti se pajavljuju najčešće u vidu manjih masa. Predstavljeni su bazaltima, leucitbazaltima, trahibazaltima, trahitima i njihovim tufovima, koji su utvrđeni na terenima Kožufa, Kratovsko-zletovske oblasti, Mladog Nagoričana i Gnjilana. Kao i sve napred navedene sedimentne stene i kvartarne se odlikuju niskom susceptibilnošću. Izuzetak mogu predstavljati jedino drobinski i nanosni materijal koji vodi poreklo od magnetičnih magmatita. Što se tiče magnetičnosti kvartarnih magmatita važi ista konstatacija izrečena za vulkanite tercijarne starosti, što je i razumljivo s obzirom da je u pitanju isti magmatizam.

KONFIGURACIJA ANOMALNOG MAGNETSKOG POLJA

Anomalno magnetsko polje ispitivanih delova Unutrašnjih Dinarida prikazano je u vidu izoanomala i dijagrama ΔT intenziteta sa izuzetkom Šumadije i SZ Srbije čija su anomalna polja predstavljena preko osa pozitivnih i negativnih anomalija. Aeromagnetske karte Kopaonik — Željin i Fruške Gore nisu prikazane jer su tereni male površine sa anomalijama velikog horizontalnog gradijenta. Tekstualni opis ovih polja je dovoljan za

upoznavanje osnovnih crta konfiguracije anomalnog magnetskog polja Unutrašnjih Dinarida u celini i za razumevanje izvedenih geoloških zaključaka. Aeromagnetska merenja u oblasti Slavonskih planina izvedena su komplementarno sa aeroradiometrijskim istraživanjima urana i podaci su samo informativno razmatrani. Na prikazanim aeromagnetskim kartama ekvidistanca izoanomala je promenljiva, zavisno od osetljivosti korišćenog mernog uređaja i intenziteta anomalija. Intenzitet izoanomala obeležen je svuda gde god je to bilo potrebno, posebno kod intenzivnijih anomalija gde tehnički, zbog razmere karata nije bilo moguće zadržati standardne izoanomale ili istu ekvidistancu. Pored prikaza na kartama, anomalno magnetno polje dato je i na četiri aeromagnetski merena profila: Vrbanja — Črnkovci, Devetak — Krstur, Tutin — Kruševac i B. Luka — — Osijek (slike 2—5).

Posmatrano u celini do sada utvrđeno anomalno polje Unutrašnjih Dinarida iskazuje priličnu poremećenost magnetskog polja Zemlje. Po formi anomalije su uglavnom linijske, sa pružanjem koje je saglasno sa pružanjem geoloških formacija i sa intenzitetom koji se najčešće nalazi u intervalu —150 do +600 gama. Najizrazitije anomalije (preko 600 gama) prostorno su vezane za markantne, samo delimično diskontinuirane, linijske anomalne zone. To je pre svega anomalna zona na pravcu Đevđelija — Skopska Crna Gora — Priština koja se preko Trepče i Kopaonika prostire kroz Šumadiju i dalje na sever sve do Kovačice u Banatu, odakle, sudeći po rezultatima terestričkih geomagnetskih merenja (D. Arandjelović 1957), skreće na Frušku Goru i Slavonske planine. Zatim anomalna zona Studena Voda — T. Veles — Raduša, koja se po rezultatima terestričkog geomagnetskog premera SFRJ nesumnjivo nastavlja na anomalije SZ Srbije, SI Bosne i Bosanske Krajine, na pravcu Raduša — Goleš — Raška — Maljen — Zvornik — Ozren — Kozara — Topusko. I na pravcu Dojran — Crni Vrh (Kratovsko-zletovska oblast) — Tulari — Aleksandrovac — Kragujevac zapaža se određeno nizanje anomalija s tim što su one znatno ograničenijeg prostranstva i dosta su diskontinuirane. Ostale anomalije su mahom »izometrične« forme i najčešće su malog prostranstva. Po prostoru koga zauzima i izraženom konfiguracijom posebno se ističe anomalno polje Kratovsko-zletovske oblasti. O svim ovim anomalijama biće više reči u narednom izlaganju, kroz detaljniji opis anomalnih polja pojedinih ispitanih oblasti, ističući one karakteristike polja koje su okosnica interpretacije čiji su rezultati prikazani u III delu rada.

Istočna Makedonija (prilog 1). Na ovom terenu anomalno magnetsko polje se ispoljava preko više osnovnih zona u kojima se grupišu praktično sve anomalije: Studena Voda — Skoplje, Đevđelija — Skopska Crna Gora, Valandovo — Damjan, Dojran — Pantelej i Kratovsko-zletovsko područje. Anomalije istočno od linije Dojran — Pantelej izlaze iz okvira Unutrašnjih Dinarida, prostiru se preko terena koji pripada Srpsko-makedonskoj masi.

Anomalna zona Studena Voda — Skopje sastoji se od više međusobno razdvojenih anomalija, koje severno od Crne reke imaju izrazitu vardarsku orijentaciju, dok su južno malobrojnije i nemaju određenu orijentaciju. Intenzitet anomalija varira od —150 do +600 gama. Severno od Crne reke zapažaju se dva paralelna anomalna pojasa koji se nedaleko od T. Velesa spajaju u jedinstvenu zonu.

Na potezu Đevđelija — Skopska Crna Gora nalazi se najizrazitija anomalna zona u Centralnoj Makedoniji. Karakteriše se kontinuitetom i jasno izraženom linijskom formom, naročito na delu D. Kapija — Skopska Crna Gora. Ističu se više maksimuma, čiji intenziteti najčešće dostižu vrednost od 400 gama. Pojedine anomalije jugoistočno od Demir Kapije imaju intenzitet i preko 1000 gama.

Na pravcu Valandovo — Konče — Damjan pojavljuje se više anomalija koje su najčešće malog prostranstva i međusobno dosta udaljene. Anomalije linearne forme imaju najčešće vardarski pravac pružanja. Po prostranstvu i intenzitetu (preko 1000 gama) najmarkantnije anomalije se nalaze na SZ delu ove zone kod Damjana odakle se zona račva prema Štipu i Bučimu.

Anomalnu zonu Dojran — Pantelej čini nekoliko izduženih anomalija vardarskog pravca pružanja i više izometričnih anomalija »rasutih« na ovom pravcu. Diskontinuitet zone je veliki tako da na karti nije sasvim jasno izražen. Maksimalni intenzitet anomalija je oko 600 gama.

Kratovsko-zletovsko područje se odlikuje znatnom deformisanošću magnetskog polja Zemlje. Prisutne anomalije su visokog intenziteta oba znaka. I pored složenosti anomalnog polja moguće je izdvojiti nekoliko magnetski karakterističnih struktura (v. priloge 3. i 5). Po intenzitetu anomalija najizrazitije se izdvaja prostor Rajčani — Zletovo — Dobrevo — Oblovska Čuka, gde su na velikoj površini zastupljene samo anomalije pozitivnog znaka. Na pravcima Asanica — Kostomor — Lezovo i Zubovica — Crni Vrh — Vrbica dosta markantno se ističu anomalne zone »linijske« forme. Prvo pomenuta zona se produžava u pravcu SZ van Kratovsko-zletovskog područja sve do Skopske Crne Gore. Zapadno od linije Strojininci — Kukovo — Kalište zapaža se postojanje anomalija pretežno pozitivnog znaka, raspoređenih tako da jasno obeležavaju magnetski individualitet ovoga terena. Osobitu crtu anomalnog magnetskog polja predstavlja činjenica da se severno od Krive reke prostiru poglavito negativne vrednosti ΔT intenziteta. Pored navedenih izdvaja se i više anomalnih zona nižega reda, koje karakteriše forma lineamenta.

Prištinsko-Kumanovska oblast (prilog 3). Na teritoriji Kosova u okviru Unutrašnjih Dinarida anomalno magnetsko polje se ispoljava preko markantne kontinualne anomalne zone na potezu Skopska Crna Gora — Zlokućani — Labljane i više anomalija relativno manjeg prostranstva koje su u određenim pravcima grupisane.

Anomalnu zonu Zlokućani — Labljane, koja ustvari predstavlja produžetak napred pomenute zone Đevđelija — Skopska Crna Gora, pored kontinuiteta odlikuje i visok intenzitet anomalija, preko 1000 gama. Dalje prema severozapadu, ka D. Ljupče, zona je diskontinuirana i reklo bi se isklinjava. Dobija se i utisak o povezanosti anomalija ove zone sa anomalijama severno od Golemog brda, naime da se zona sa anomalijama dalje od Labljana prostire ka severu, prema Radanskoj oblasti.

Jugozapadno i severoistočno od zone Zlokućani — Labljane, anomalne predele, intenziteta najčešće od 150—300 gama, karakteriše diskontinuitet — anomalije su međusobno razdvojene sa rejonima normalnog polja Zemlje. Ipak, proističe utisak da se i ove anomalije rejoniraju u dve zone: Trbovce — G. Brnjica i Novo brdo — Golemo brdo. U području Binačke

Morave prostire se »mozaično« polje; na relativno kratkom odstojanju smenjuju se anomalije pozitivnog i negativnog znaka.

Trepča (prilog 4). Na širem rejonu Pb—Zn rudnika Trepče, magnetske anomalije raspoređene su uglavnom u nekoliko predela gde ne pokazuju određenu orijentaciju — anomalna polja su bez izražene orijentacije zatvorenih kontura. Izuzetak je jedino na potezu Zajača — Đidoma, gde se javlja kontinualna anomalna zona, za koju se može reći da se preko manjih promena ΔT intenziteta, produžava i dalje u pravcu JI do blizu Skočanske Čuke. Pojedini anomalni predeli su: Majdan, Sokolica, Crni Vrh, Kozji rog, Crnuša, Duhovce, Skočanska Čuka, Bukoglav, Bajgora i Jovan. Intenziteti anomalija su najčešće ispod 500 gama. Najveća vrednost ΔT intenziteta, od preko 1000 gama, utvrđena je u predelu Skočanske Čuke.

Kopaonik — Željin. Na aeromagnetski ispitanom području Kopaonika—Željin anomalije, generalnog pravca S—J, rasprostiru se po obodnom i središnjem pojasu područja (u predelu Jošanice), između kojih se nalaze centralni delovi sa uslovno normalnim magnetskim poljem Zemlje. Karakteristično je smenjivanje anomalije pozitivnog i negativnog znaka (od —600 do preko +1000 gama), tako da se pretežno ocrtava »mozaičko« anomalno polje. Maksimalna vrednost ΔT intenziteta, od 1800 gama, registrovana je iznad Suvog Rudišta.

Šumadija (prilor 5). Na osnovu aeromagnetskih merenja proizilazi da je magnetsko polje Zemlje u oblasti Šumadije dosta poremećeno. Zapaža se grupisanje i zonarnost u rasporedu anomalija ΔT. Po konfiguraciji anomalnog magnetskog polja oštro se izdvajaju tri dela: zapadni, središnji i istočni. Ovu podelu posebno naglašava markantna anomalna zona središnjeg pojasa, na pravcu Gledić — Stragari — Avala, koji razdvaja zapadni od istočnog dela.

Na zapadnom delu, na području Kotlenik — Borač — Takovo — Rudnik — Živkovci — Venčani magnetsko polje je dosta poremećeno; prisutne su intenzivne anomalne vrednosti oba znaka. Ekstremne vrednosti ΔT su +280 gama, odnosno —500 gama. Anomalije su manje više »izometrične«, sa slabije naglašenim pravcem pružanja (Borač, Rudnik, Živkovci, Venčani). Upadljivi izuzetak predstavlja integralna anomalna zona Kotlenik — reka Čemernica, generalnog pravca prostiranja SZ—JI, u kojoj se uočava više individualisanih anomalija različitog pravca pružanja. Manji izuzetak čini prividno jedinstvena zona na pravcu Rajac — Rudnik, koja se takođe u osnovi sastoji od dve zasebne anomalije, različitih pravaca pružanja: od zapadne pravca I—Z i Rudničke anomalije orijentacije SZ—JI.

Središni deo karakteriše jasno izražena anomalna zona na pravcu Gledić — Stragari — Kosmaj — Avala. Na ovom pravcu anomalna zona je kontinualna i ispoljena je uglavnom anomalijama pozitivnog znaka. Od rejona sa negativnim vrednostima ΔT posebno se izdvaja gledićki, u koji prelazi pozitivni anomalni pojas sa severa. Ekstremne vrednosti ΔT u ovoj zoni su +940 gama, odnosno —190 gama. Jasno izražena linearna forma središnjeg meridionalnog anomalnog pojasa donekle je složenija na području Kosmaj — Ralja, što se ogleda u proširenju zone prema zapadu (Barajevu) i pojavi »izometrijske« forme izoanomala ΔT. Tu i tamo zapažaju se lokalne promene u pravcima pojedinih integralnih delova zone.

Na istočnom delu anomalije su relativno manjeg prostranstva i dosta su nižeg intenziteta; maksimalna vrednost ΔT je 120 gama, a minimalna —50 gama. Raspoređene su u pojedinim rejonima, prilično su »razbijene«, pružaju se približno u pravcu S—J. Južno od Lepenice zapaža se pojava više pojedinačnih anomalija dok se severno anomalno polje iskazuje kroz jednu zonu pozitivnog znaka, koja je samo na kraćem prostoru (zapadno od Osipaonice) diskontinuirana,

SZ Srbija (prilog 6). Podaci aeromagnetskih merenja ukazuju da je magnetsko polje terena SZ Srbije relativno slabo poremećeno. Jedino se i po prostranstvu i po intenzitetu anomalija izrazito izdvaja anomalni pojas Zvornik — Boranja — Jagodnja — Maljen. Po prostoru jasno individualisana, ali sa slabim intenzitetom, izdvaja se zona Vlašić — r. Ljig, koja se u pravcu zapada račva prema Loznici i Ceru. Ostale anomalije su mahom izolovane i teže ih je uklopiti u individualisane zone. Po mirnoći magnetskog polja Zemlje posebno se ističe deo Posavine i Tamnave.

Anomalni pojas Zvornik — Maljen se u pravcu jugoistoka sve više širi i karakteriše sve većom pojavom individualisanih anomalija, tako da na Maljenu poprima »mozaičku« formu anomalnog polja. Bez obzira na to kao i diskontinuitet i izražen pomeraj ose anomalne zone između Sokolskih planina i Medvednika, ostaje opšti utisak o njenom integritetu i jasno uočljivom pravcu pružanja.

Anomalnu zonu Vlašić — r. Ljig pored pomenutog račvanja karakteriše i mestimična pojava pozitivnih ekstrema od kojih je najrasprostranjeniji kod G. Bukovice, sa intenzitetom od 26 gama. Po brojnijoj pojavi maksimuma manjeg prostranstva, praćenih sa negativnim anomalijama ΔT, ističe se šire područje Cera — »mozaičko« polje. Interesantno je da se zona Vlašić — r. Ljig prema zapadu završava anomalijom Tršić — Jadarska Lešnica, koja ima ortogonalnu orijentaciju u odnosu na ovu zonu (pruža se prema Ceru).

Kao izolovane, lokalne anomalije koje je teže uklopiti u određene zone, ispoljavaju se anomalije kod Pričinovića, Šapca i Brđanskog kraja.

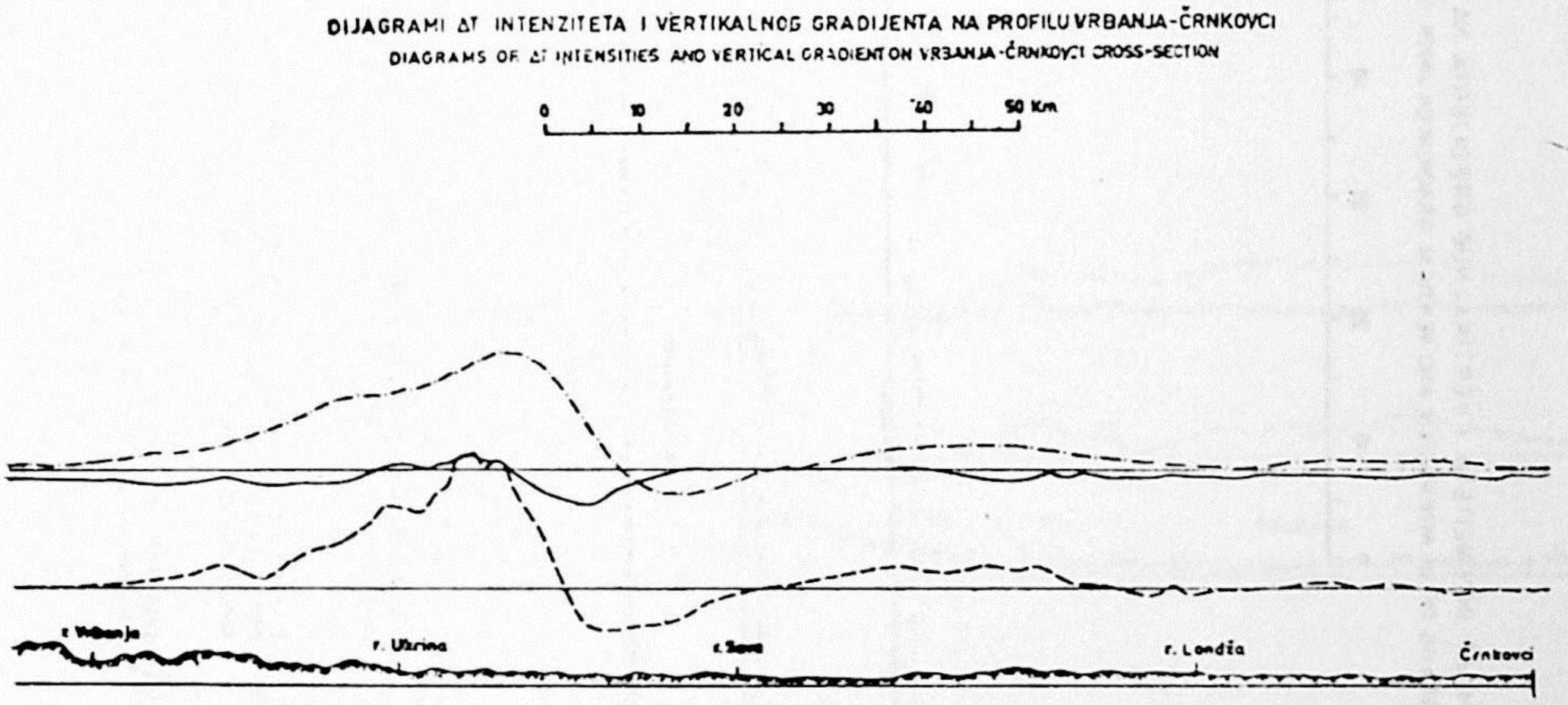
Po opštoj slici anomalnog polja u celini na prostoru Podrinje — Mačva — Posavina, proizilazi jača poremećenost Zmp na delu Boranja — Mačva, tako da se dobija utisak i o grupisanju anomalija u pravcu SI—JZ, istina u jednom širem pojasu. U ovom pojasu može se opet uočiti određenoređanje anomalija u dve posebne zone: Tršić — Prnjavor — Bogatić — Sremska Mitrovica i Vlašić — Rumska — r. Sava. Očito, međusobno prostorno povezivanje pojedinih anomalija na širem području Mačve, njihovo razvrstavanje u individualisane zone, prilično je otežano.

Fruška Gora. Osnovna karakteristika anomalnog magnetskog polja područja Fruške Gore jeste činjenica da se preko čitavog aeromagnetski ispitanog terena prostire kontinentalna anomalna zona, generalnog pravca pružanja skoro Z—I, koju i sa severne i južne strane prati nekoliko prostorno manjih anomalija. I ove druge anomalije imaju pružanje blisko pravcu istok — zapad, sa izuzetkom jedino anomalija nedaleko od Novog Sada, koje se pružaju u pravcu SZ—JI. Prisutne su anomalije oba znaka i to tako što negativne anomalije prate najčešće maksimume. Ekstremne vrednosti anomalnog magnetskog polja ΔT intenziteta Fruške Gore su oko +2500, odnosno —300 gama.

Aeromagnetski profili

S obzirom da su duž profila dubokog seizmičkog sondiranja Vrbanja — Črnkovci, Javor — Srbobran i Hum — Kruševac aeromagnetska merenja izvršena sa dva nivoa to su na odgovarajućim linijama leta data tri dijagrama koji ilustruju anomalno magnetsko polje: ΔT pri konstantnoj (Ta 2500) visini leta, pri promenljivoj apsolutnoj visini leta sa prosečnom relativnom visinom od 500 (ΔTr 500) i dijagram prosečnog vertikalnog gradijenta za interval između visina letenja. Duž profila B. Luka — Osijek prikazan je jedan dijagram ΔT intenziteta, jer se merilo samo na jednom nivou (relativne visine oko 500 m).

Profil Vrbanja — Črnkovci (sl. 2). Po dijagramima ΔT intenziteta proizilazi da anomalno magnetsko polje na ovom potezu karakteriše postojanje samo jedne markantne anomalije, uz koju se javlja nekoliko po širini i intenzitetu daleko manjih anomalija. To je anomalija registrovana na području Bosanske Krajine, čiji intenzitet dostiže 290 gama. Sa izuzetkom nekih lokalnih anomalija u Panonskom basenu sve druge anoma-

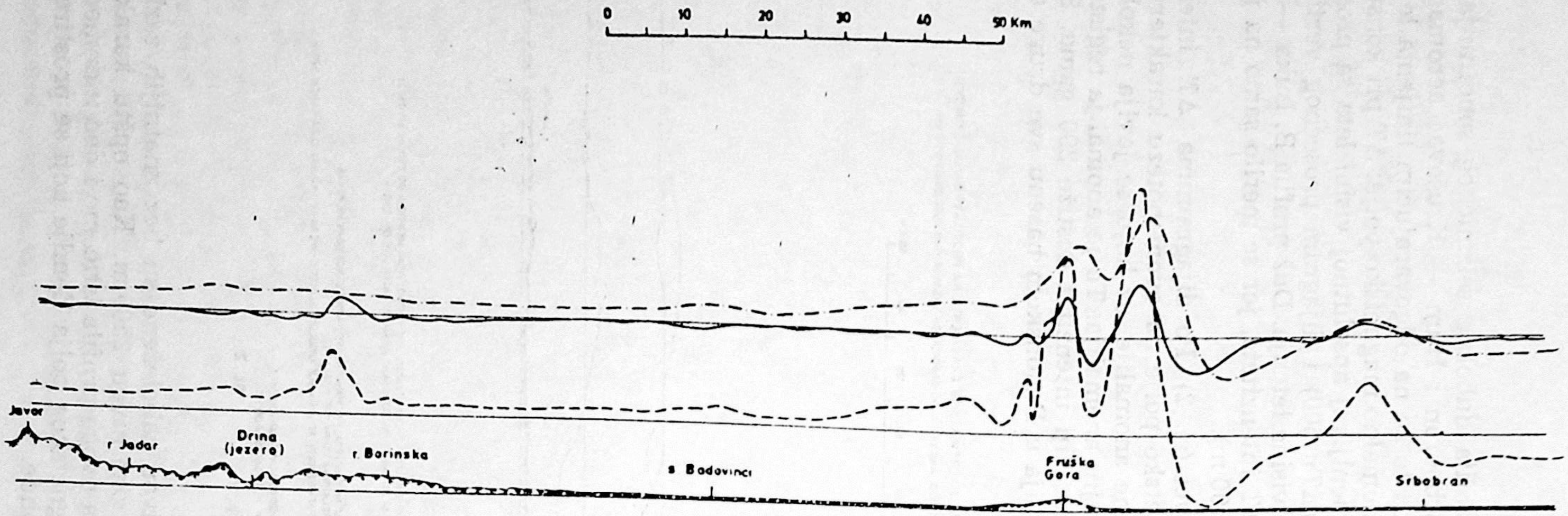


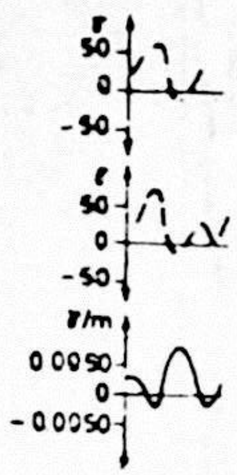
SL. 2

lije utvrđene na donjem nivou zabeležene su bez znatnijih razlika i na gornjem nivou, na apsolutnom nivou 2500 m. Kao opštu karakteristiku anomalnog magnetskog polja ovoga profila ističemo i deo u domenu uslovno normalnih vrednosti magnetskog polja Zemlje koji se prostire na području severoistočno od r. Lonđe.

DIJAGRAMI ΔT INTENZITETA I VERTIKALNOG GRADIJENTA NA PROFILU JAVOR-SRBOBRAN

DIAGRAMS OF ΔT INTENSITIES AND VERTICAL GRADIENT ON JAVOR-SRBOBRAN CROSS-SECTION





DIJAGRAM ΔT INTENZITETA PRI KONSTANTNOJ APSOLUTNOJ VISINI MERENJA OD 2500m (ΔTa 2500)
DIAGRAM OF ΔT INTENSITY AT CONSTANT ABSOLUTE ALTITUDE OF 2500m

DIJAGRAM ΔT INTENZITETA PRI PROMENLJIVOJ APSOLUTNOJ VISINI MERENJA
PROSEČNA RELATIVNA VISINA 500m (ΔT r 500)
DIAGRAM OF ΔT INTENSITY AT VARIABLE ABSOLUTE ALTITUDE-AVERAGE GROUND CLEARANCE 500m

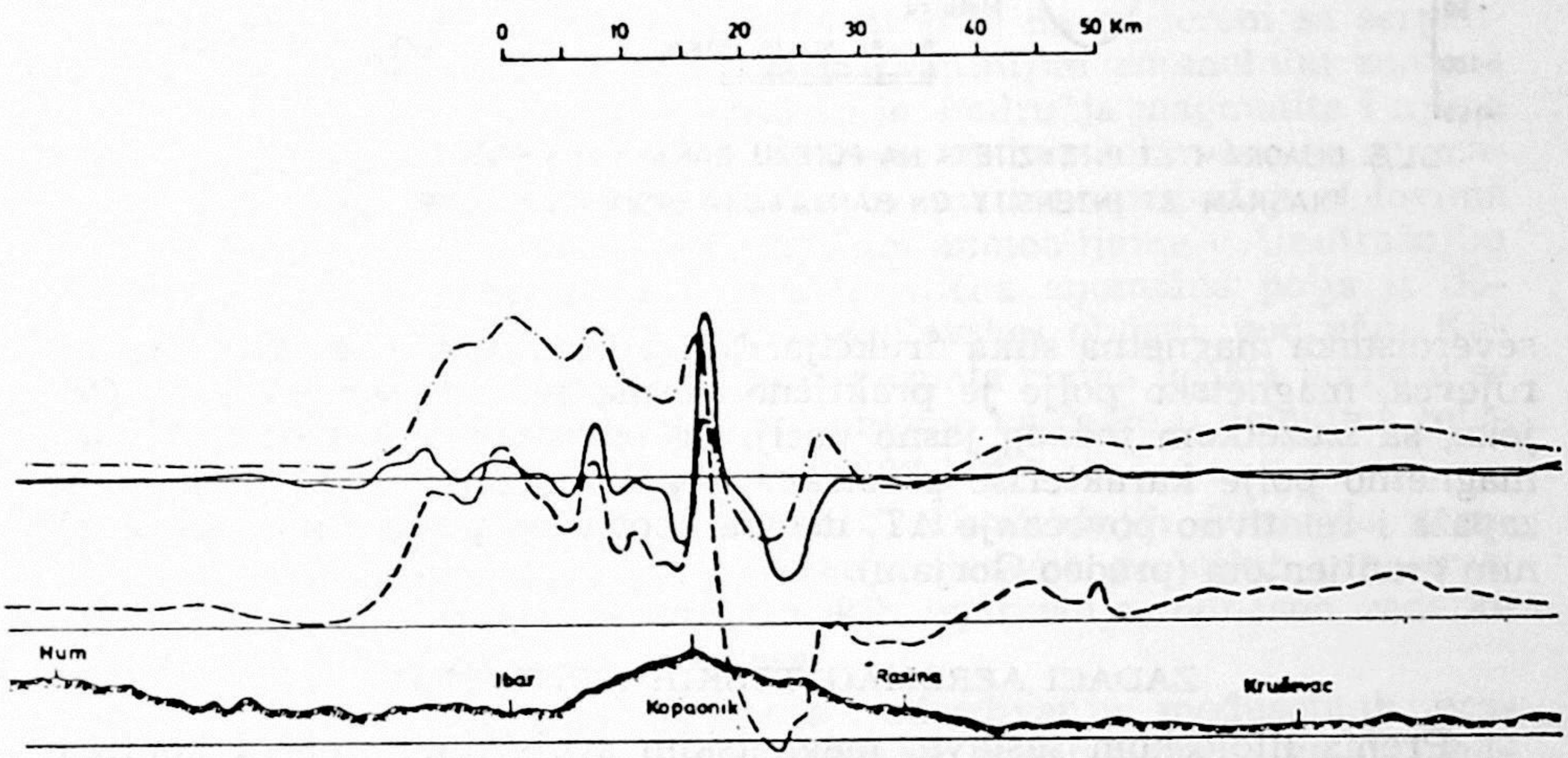
DIJAGRAM VERTIKALNOG GRADIJENTA
DIAGRAM OF VERTICAL GRADIENT

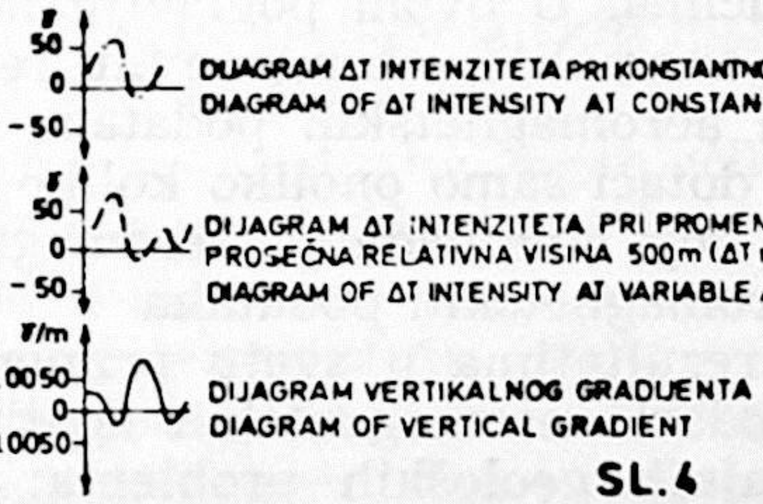
SL.3

Profil Javor — Srbobran (sl. 3). Na ovom profilu anomalno magnetsko polje je nešto složenije u odnosu na prethodnom profilu. Po intenzitetu i prostranstvu na profilu posebno se ističu tri anomalije: Boranjska, Fruškogorska i Srbobranska. Opšte povišenje anomalnog polja registrovano je od Javora do Dunava, a sniženje na potezu Dunav — Srbobran. Ekstremne vrednosti ΔT intenziteta ustanovljene su na Fruškogorskoj anomaliji, +635 i —215 gama, naravno na nižem mernom nivou.

Profil Hum — Kruševac (sl. 4). Anomalno magnetsko polje na ovom potezu ispoljava se sa jednom markantnom anomalijom, koja je i po prostranstvu i po intenzitetu jasno izražena na oba nivoa merenja. To je

DIJAGRAMI ΔT INTENZITETA I VERTIKALNOG GRADIJENTA NA PROFILU HUM-KRUŠEVAC
DIAGRAMS OF ΔT INTENSITIES AND VERTICAL GRADIENT ON HUM-KRUŠEVAC CROSS-SECTION



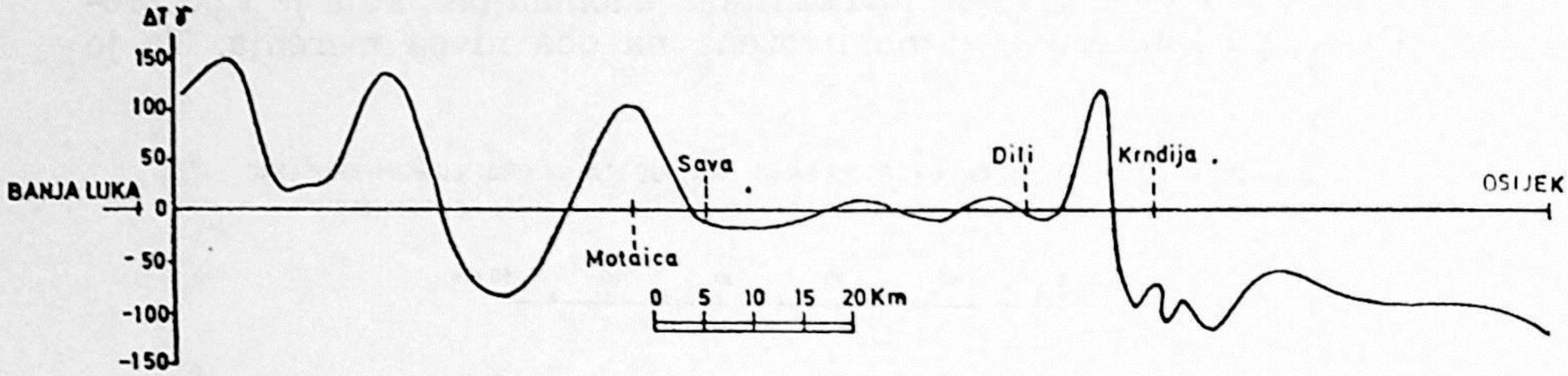


SL. 4

ustvari složena anomalija registrovana u Kopaoničkoj oblasti, čiji maksimalni intenzitet prelazi 400 gama na nižem i 300 gama na višem nivou. Na dijagramima ΔTa 2500 i ΔTr 500 izdvaja se i prostrano anomalno povišenje na prostoru Kruševačke oblasti, koga od Kopaoničke anomalije razdvaja lokalna anomalija severoistočno od r. Rasine. Anomalno povi-

šenje na prostoru Kruševačke oblasti, koje izlazi iz okvira Unutrašnjih Dinarida, karakteriše manji horizontalni gradijent i približno isti intenzitet na oba nivoa merenja (oko 60 gama).

Profil B. Luka — Osijek (sl. 5). Posmatrajući dijagram ΔT intenziteta, možemo konstatovati nekoliko ekstrema, koji se oštro izdvajaju u odnosu na regionalni nivo. Očito je da je magnetsko polje Zemlje, na delu između B. Luke i r. Save, izrazito poremećeno, dok je dalje u pravcu



SL.5 DIJAGRAM ΔT INTENZITETA NA POTEZU BANJA LUKA – OSIJEK
DIAGRAM ΔT INTENSITY ON BANJA LUKA – OSIJEK CROSS SECTION

severoistoka magnetna slika drukčija. Na priličnom delu, od Save do Borojevca, magnetsko polje je praktično normalno. Od Borojevca do Osijeka, sa izuzetkom jednog jasno uočljivog maksimuma u rejonu Musića, magnetno polje karakteriše prostrana negativna anomalija, na kojoj se zapaža i relativno povećanje ΔT, deo sa obostrano pozitivnim horizontalnim gradijentom (predeo Gorjani).

ZADACI AEROMAGNETSKIH ISPITIVANJA

Prema litološkom sastavu, magnetskim svojstvima stena i konfiguraciji anomalnog magnetskog polja, sagledavaju se neki osnovni geološki problemi koje je moguće rešavati na bazi aeromagnetskih podataka ili čijem rešavanju aeromagnetski podaci mogu doprineti u kontekstu sa ostalim geološko-geofizičkim podacima. U ovom poglavlju neću se upuštati u litološku prirodu uzročnika anomalija, o tome će biti reči u III delu rada gde se tretira interpretacija aeromagnetskih podataka Unutrašnjih Dinarida. Ovde ću se tog pitanja dotaći samo onoliko koliko je nužno za sagledavanje geoloških problema, koji čine zadatke aeromagnetskih ispitivanja, odnosno interpretacije aeromagnetskih podataka.

Prema do sada postignutim rezultatima u svetu primenom geomagnetskih metoda, proizilazi da podaci aeromagnetskih ispitivanja mogu doprineti rešavanju veoma značajnih geoloških problema: utvrđivanju prisustva i određivanju prostranstva i forme geoloških struktura koje se potpuno ili delimično ispoljavaju na magnetskom polju, otkrivanju krupnih tektonskih zona i utvrđivanju granica njihovog rasprostranjenja, određivanju dubine zaleganja magnetičnih stena, kao i direktnom i indirektnom istraživanju mineralnih sirovina. Doprinos aeromagnetskih podataka integralno se ogleda pri izradi geološko-strukturnih i metalogenetskih karata.

Prema napred navedenim magnetskim svojstvima litoloških članova, koji ulaze u geološku građu Unutrašnjih Dinarida, proizilazi da se kao uzročnici anomalnog magnetskog polja mogu javiti neke vrste metamorfnih i magmatskih stena. Sve sedimentne stene su niske susceptibilnosti, praktično su nemagnetične te se ne pojavljuju kao uzročnici anomalija. Povećanom magnetičnošću se odlikuju serpentiniti, amfibolski i neki kristalasti škriljci impregnisani magnetitom, gabrovi, dijabazi i većina vulkanita tercijarne starosti. Granitoidne stene Unutrašnjih Dinarida su najčešće niže magnetičnosti, sa izuzetkom monconitskih granita i obodnih delova granitoidnih masiva čija su anomalna polja izuzetno markantno izražena u slučajevima kada su razvijene skarnovske zone sa magnetitskim orudnjenjima.

Uporednom analizom aeromagnetskih i geoloških karata Unutrašnjih Dinarida proizilaze određeni zaključci o prostornoj povezanosti nekih geoloških formacija i anomalija magnetskog polja, naravno saglasno mganetskim svojstvima litoloških članova. Evidentno je da su tereni sa serpentinitima i drugim bazitima praćeni najmarkantnijim anomalnim zonama koje imaju izraženo linijsko rasprostranjenje. Područja magmatita i njima genetski pripadajućih rudnih ležišta ispoljena su bar delimično sa anomalijama magnetskog polja, tako da u celini posmatrano pripadaju delovima terena gde su anomalije među najizrazitijim anomalijama u Unutrašnjim Dinaridima. Osobito intenzivna i karakteristična anomalna polja iz domena magmatita nalaze se u Kratovsko-zletovskoj oblasti, području Kosmaj — Barajevo i na Boranji. Postojeća poznata rudna ležišta javljaju se unutar anomalnih polja ili u njihovom domenu, najčešće u delovima relativno nižih vrednosti intenziteta magnetskog polja.

Iz prednjeg proističe da na teritoriji Unutrašnjih Dinarida aeromagnetski podaci mogu doprineti rešavanju sledećih geoloških problema, koji predstavljaju zadatke aeromagnetskih ispitivanja, odnosno zadatke interpretacije aeromagnetskih podataka:

— utvrđivanju prostranstva bazita i određivanju međusobnih prostornih odnosa na površini otkrivenih bazitskih masiva (pripadnost pojedinim tektonskim zonama, stepen ostvarenog kontinuiteta bazita ispod površine terena);
— određivanju rasprostranjenja i oblika do sada otkrivenih intramedijalnih i kiselih magmatskih masa u slučajevima kada su magnetičnije od okolnih stena;
— utvrđivanju eventualno postojećih intruziva bazičnih i drugih magnetičnih magmatskih stena koje nisu otkrivene u recentnom erozionom nivou;
— direktnom istraživanju ležišta ruda gvožđa i drugih sirovina čija rudna supstanca sadrži i feromagnetične minerale;
— izdvajanju hidrotermalno izmenjenih zona u magmatitima i drugim stenama povišene magnetičnosti;
— određivanju debljine sedimentnih formacija iznad kristalinika, na terenima gde između tih stena postoji razlika u intenzitetu magnetizacije.

Izučavanjem postojećih shvatanja geološke građe teritorije Unutrašnjih Dinarida dolazi se do zaključka da aeromagnetski prilog rešavanju

prednjih geoloških problema može usloviti odgovarajuće tektonske, magmatske i metalogenetske implikacije, odnosno određena saznanja koja imaju bitnog značaja za geotektonsku i metalogenetsku rejonizaciju Unutrašnjih Dinarida. Pod ovim podrazumevam da aeromagnetski podaci indirektno pružaju korisne informacije koje, pogotovu u kontekstu ostalih geološko-geofizičkih podataka, doprinose rešavanju sledeće problematike:

— utvrđivanju dubinskih razloma i drugih disjunktivnih struktura koje kontrolišu prostranstvo bazita i drugih magmatskih stena;
— proučavanju prostorne i genetske veze između dubinskih razloma s jedne strane, magmatita, ležišta korisnih sirovina i seizmizma sa druge strane;
— određivanju korenih delova tercijarnih vulkanita (vulkanskih aparata);
— utvrđivanju prostranstva »Vardarske zone« i određivanju njenog položaja u odnosu na ostale jedinice višega reda;
— razgraničavanju Dinarida, Panonida i Srpsko-makedonske mase, čiju međugraničnu zonu čini sistem struktura obeležen pojavom bazita;
— indirektnom istraživanju rudnih ležišta koja ne sadrže magnetične komponente (sulfidi i dr.).

II. GEOFIZIČKA PROBLEMATIKA AEROMAGNETSKIH ISPITIVANJA

Da bi podaci aeromagnetskih ispitivanja mogli doprineti rešavanju navedenih geoloških problema, treba razmotriti geofizičku problematiku koja se pri tome postavlja. Naime, potrebno je prethodno utvrditi pod kojim se uslovima i uz kakva ograničenja mogu koristiti podaci aeromagnetskih ispitivanja. S tim u vezi geofizička problematika se može podvesti pod dva osnovna pitanja. Jedno je metodologija aeromagnetskih merenja, kojom se obuhvata odredba optimalnih metodoloških elemenata za merenje geomagnetskog polja iz letilice, kako bi se dala ocena ostvarene gustine postojećih informacija sa aspekta postavljenih zadataka i preporuke metodoloških elemenata za dalja aeromagnetska ispitivanja na području Unutrašnjih Dinarida. Drugo pitanje se odnosi na problem interpretacije aeromagnetskih podataka, na ustanovljenje elemenata na kojima se zasniva mogućnost doprinosa aeromagnetskih podataka u rešavanju izdvojenih geoloških problema i na ocenu podobnosti primene pojedinih metoda kvantitativne interpretacije.

OPTIMALNI METODOLOŠKI ELEMENTI

O optimalnim metodološkim elementima za aeromagnetska ispitivanja do sada se malo raspravljalo u geofizičkoj literaturi. Ti problemi razmatrani su u radovima A. Logačeva 1955. i W. Agocs-a 1955. Autori R. Pemberton 1961., D. Savrasov 1965., G. Balakšin 1967. i 1971 i J. Evdokimov 1971. proučavali su ovo pitanje samo za određenu mineralnu sirovinu i formu rudnog tela.

Metodologija magnetskih merenja iz vazduha u uskoj je vezi sa geološkom i morfološkom građom istraživanog područja, odnosno sa postavljenim zadacima ispitivanja i sa osetljivošću aeromagnetometra. Polazeći od geoloških problema, koje želimo rešavati, kao i tehničkih karakteristika mernih uređaja i rezultata prethodnih istraživanja, došao sam do zaključka o optimalnim metodološkim elementima koje bi trebalo primenjivati u Unutrašnjim Dinaridima. Pod elementima podrazumevam: pravac maršruta, međumaršrutno odstojanje i visinu leta. Teoretski posmatrano optimalno međumaršrutno odstojanje i visina leta su međusobno zavisne veličine.

Pravac maršruta je zavisan uglavnom od pravca prostiranja magnetskih anomalija, koji se najčešće poklapa sa pravcem prostiranja geoloških struktura. To znači da maršrute treba postaviti upravno na generalni

pravac geoloških struktura, kako bi preko podataka merenja izrađene aeromagnetske karte što bolje odražavale stvarnu konfiguraciju magnetskog polja Zemlje. Ukoliko se iz nekih razloga (morfologija terena i dr.) odstupanje od upravnog pravca ne može izbeći, onda treba nastojati da odstupanja ne budu više od 35° (M. Reford i J. Sumner 1964). Jedino se u pojasu magnetskog ekvatora prostiranje magnetskih anomalija i geoloških struktura ne poklapa u slučaju kada strukture imaju pravac S—J ili približno meridionalno pružanje. Zato se u ovom pojasu, gde je inklinacija magnetskog polja manja od 20°, preporučuje da maršrute sa meridijanom čine ugao ne veći od 45°. S obzirom na generalni pravac geoloških formacija Unutrašnjih Dinarida proizilazi da bi optimalni pravac za terene južno od Beograda bio 65—245°, za SZ Srbiju, SI Bosnu, Srem i Slavoniju 25—205°.

Problemu odredbe optimalnog međumaršrutnog odstojanja i visine leta može se uopšte prići sa aspekta istraživanja struktura i sa aspekta direktnog istraživanja rudnih ležišta. Posebno u slučaju Unutrašnjih Dinarida gde se pred aeromagnetska ispitivanja postavljaju zadaci opšteg geostrukturnog karaktera, sa objektima velikog linijskog rasprostranjenja u pravcu identičnom generalnom pravcu pružanja geoloških formacija i zadatak direktnog indiciranja rudnih ležišta. S obzirom na ovo, postavljaju se različiti zahtevi za metodološkim elementima u istraživanju struktura, odnosno ležišta, pa je nužno aeromagnetska ispitivanja na području Unutrašnjih Dinarida izvesti u dve faze. U I fazi celishodna su sistematska ispitivanja čitavog područja, koja treba da doprinesu poznavanju osnovnog geološko-strukturnog sklopa terena i da time omoguće selekciju oblasti u kojima je opravdano izvođenje II faze istraživanja. Na izdvojenim (rudno potencijalnim) oblastima u II fazi uputna su kompleksna aerogeofizička ispitivanja — magnetska, radiometrijska i elektromagnetska.

Primarni zadaci sistematskih aeromagnetskih ispitivanja su strukturološkog karaktera, a direktno indiciranje rudnih ležišta je sekundarnog značaja. Na otkrivanje ležišta u I fazi aeromagnetskih ispitivanja računa se u stepenu koji može proizaći indirektno iz rešavanja strukturoloških zadataka i usputnog direktnog indiciranja ležišta. Prema tome, za ovu fazu ispitivanja odredbi optimalnog međumaršrutnog odstojanja i optimalne visine leta prilazim sa aspekta istraživanja struktura.

U slučaju istraživanja geoloških struktura, koje se mogu magnetski utvrditi, odredba optimalnog međumaršrutnog odstojanja i visine leta je dosta olakšana. Geološke strukture imaju najčešće izražene dimenzije u pravcu pružanja, pa se merenjem duž upravnih maršruta ne postavlja pitanje »potpunog obuhvata međumaršrutnog intervala«, a s druge strane njima izazvana magnetska polja imaju relativno mali gradijent i u horizontalnoj i u vertikalnoj ravni. Optimalno međumaršrutno odstojanje određuje dužina poznatih i očekivanih struktura: strukture većeg prostranstva mogu biti otkrivene pri većem međumaršrutnom odstojanju i obrnuto. U ovom slučaju visina leta se određuje u zavisnosti od interesovanja za usputno indiciranje struktura nižeg reda i od morfologije ispitivanog područja. Za regionalna aeromagnetska ispitivanja, čija je svrha strukturno rejoniranje, obično se praktikuje da magnetska merenja duž jedne maršrute budu izvedena na istoj barometarskoj visini, kako bi se omogućilo održavanje konstantne brzine aviona i posedovanje jedinstvenog nivoa u odnosu na koga se sračunavaju dubine uzročnika. Ukoliko se

zahteva indiciranje i nekih interesantnih struktura koje imaju pružanje upravno na generalni pravac pružanja formacija, odnosno paralelno maršrutama, a »markirane« su magnetičnim telima (na primer magmatitima), onda se optimalno međumaršrutno odstojanje i visina leta određuju u funkciji forme, dimenzija i intenziteta magnetizacije uzročnika i osetljivosti mernog uređaja. U ovom slučaju problematika određivanja optimalnih metodoloških elemenata je indentična kao kod istraživanja rudnih ležišta.

Analizom oblika, dimenzija i pravca pružanja poznatih delova geoloških struktura Unutrašnjih Dinarida, koja se tretiraju u napred postavljenim zadacima, proizilazi da se odredba optimalnog međumaršrutnog odstojanja može zasnivati na veličini struktura u pravcu pružanja. Pošto se strukture magnetski indiciraju zahvaljujući uglavnom serpentinitima, peridotitima, gabrovima i drugim magmatskim stenama više susceptibilnosti, to znači da prostranstvo ovih stena određuje optimalno međumaršrutno odstojanje. Poznato je da se baziti na području Unutrašnjih Dinarida pretežno nalaze duž dubinskih razloma, prostirući se desetinama kilometara preko terena različite starosti, a da se intruzivi i vulkaniti drugih magmatskih stena javljaju u vidu većih masiva, površine više desetina km², s tim što se vulkaniti često pojavljuju i kao manje izolovane mase, površine nekoliko kvadratnih kilometara. Takođe, poznato je da se baziti unutar kristalinika javljaju većinom u vidu manjih masa raspoređenih duž disjunktivnih struktura. Za izbor optimalnog međumaršrutnog odstojanja treba imati u vidu heterogenost unutar jednog litološkog člana (primarnu i kao posledicu alteracionih procesa), koja može uticati na smanjenje prostranstva magnetske anomalije, zatim značaj tercijarnih vulkanita sa aspekta rudnih ležišta, kao i važnost određivanja dubina kristalinskog fundamenta i dislokacija u njemu za istraživanje nafte. Dosta pouzdanu predstavu o prostranstvu magnetičnih struktura, odnosno o veličini optimalnog međumaršrutnog odstojanja moguće je sagledati kroz stepen promenljivosti anomalija po pravcu prostiranja na do sada ispitanim delovima terena. Na terenima istočne Makedonije, Trepče, Šumadije i SZ Srbije za strukturnu interpretaciju značajnije promene anomalija ustanovljene su često na rastojanjima 2—3 km. S obzirom na sve napred rečeno proizilazi da optimalno međumaršrutno odstojanje za sistematska visokoprecizna aeromagnetska ispitivanja Unutrašnjih Dinarida iznosi 2 km.

Optimalna visina leta za sistematska aeromagnetska ispitivanja Unutrašnjih Dinarida, namenjenih rešavanju strukturne problematike, određena je saglasno veličini struktura koje želimo istraživati i morfologiji terena. Prema znatnom prostranstvu većine struktura Unutrašnjih Dinarida koje se tretiraju u napred postavljenim zadacima i stečenom određenom saznanju o veličini vertikalnog gradijenta anomalnog magnetskog polja (na bazi merenja na više nivoa — duž profila dubokog seizmičkog sondiranja i dr., uporednom analizom aeromagnetskih karata i karata ΔZ i ΔH intenziteta) proizilazi da bi relativna visina leta mogla biti oko 1000 m, pa i više. Međutim, s obzirom da se od podataka aeromagnetskih ispitivanja u ovoj fazi nastoji ostvariti doprinos ne samo određivanju položaja regionalnih struktura, već i njihovom detaljnijem poznavanju, kao i doprinos istraživanju značajnijih struktura nižega reda (rudonosnih i dr.), visina leta treba da je manja. Uvažavajući pored toga i morfološke pri-

like područja Unutrašnjih Dinarida došlo se do zaključka da je za visokoprecizna aeromagnetska ispitivanja sa međumaršrutnim odstojanjem od 2 km optimalna relativna visina leta oko 500 m, podrazumevajući da merenje duž jedne maršrute bude izvedeno na istoj barometarskoj visini.

Za aeromagnetska merenja namenjena istraživanja rudnih tela (za II fazu aerogeofizičkih ispitivanja) međumaršrutno odstojanje i visine leta moraju biti sa posebnom pažnjom određeni, kako ne bi bila ispuštena mogućnost indiciranja eventualno postojećih ležišta, čije su dimenzije najčešće znatno nižeg reda od struktura. Teškoće u istraživanju se smanjuju ukoliko se ležišta javljaju u izduženim formama (žice i dr.), tako da u ravni merenja mogu biti indicirana ne samo sa jednom već sa većim brojem maršruta; u ovom slučaju odredba optimalnog međumaršrutnog odstojanja slična je kao i kod struktura — po dimenzijama ležišta u pravcu pružanja. Intenzitet anomalija izazvanih rudnim ležištima naglo opada sa udaljenjem ravni merenja od uzročnika, odnosno sa povećanjem visine leta. Stepen opadanja (sa visinom) maksimuma intenziteta anomalija izazvanim objektima različite forme vidi se iz sledećeg: maksimum intenziteta polja obrnuto je proporcionalan — trećem stepenu rastojanja za dipol (sferu), kvadratu rastojanja za duplu liniju polova (horizontalni cilindar) i jedinstveni pol i obrnuto proporcionalan rastojanju za tela vertikalnih slojeva — dajkova. Za pojedine objekte sa određenim parametrima razmere, forme, pravca i intenziteta magnetisanja, moguće je matematički odrediti optimalno međumaršrutno odstojanje i visinu leta, u zavisnosti od tačnosti merenja koju možemo postići.

Iz matematičke analize magnetskih polja izazvanih vertikalno namagnetisanim pojedinačnim telima jednostavne forme A. Logačev 1955. je izveo relacije za odredbu optimalnog međumaršrutnog odstojanja i visine leta. Iz njih proizlazi opšti zaključak da, u cilju potpunog obuhvata cele aeromagnetski ispitivane teritorije, tj. isključenja »propuštanja magnetičnih objekata između maršruta«, visina leta treba da je približno jednaka polovini međumaršrutnog odstojanja, ako se uzročnici nalaze blizu površine terena i ako je položaj maršruta prema pravcu pružanja »dvodimenzionalnih« uzročnika najnepovoljniji, kada su maršrute paralelne sa ovakvim uzročnicima. Odnos između optimalne visine (h_o) i međumaršrutnog odstojanja (D_o) je dakle isti za različita tela jednostavne forme vertikalno namagnetisanih. U područjima kao što su Unutrašnji Dinaridi, gde su rudna tela koso namagnetisana, ovaj odnos nije isti, različit je u pojedinim delovima terena čak i u slučajevima tela iste forme.

Radi odredbe optimalnog međumaršrutnog odstojanja i optimalne visine leta u slučaju koso magnetisanih tankih vertikalnih slojeva neograničenih po dubini, forma rudnih tela kakva se često susreće na području Unutrašnjih Dinarida, prethodno sam izveo odgovarajuću formulu za sračunavanje njima izazvanih anomalija ΔT intenziteta. To sam učinio koristeći poznatu relaciju između anomalije ΔT i intenziteta vertikalne i horizontalne komponente anomalnog polja:

$$\Delta T = (\sin^2 i + \cos^2 \varphi)\,[H_v \sin 2i' - Z_v \cos 2i']$$

H_v i Z_v su horizontalna, odnosno vertikalna komponenta anomalnog polja izazvanog vertikalno magnetisanim dvodimenzionalnim uzročnicima;

i — nagib vektora magnetišućeg polja (inklinacija);

i' — nagib vektora magnetizacije u ravni upravnoj na pružanje uzročnika;

φ — ugao magnetisanja sa osom x koja je upravna na pružanje uzročnika;

$\cos\varphi = \cos i \cos A$ gde A označava magnetski azimut vektora H_a (horizontalna komponenta anomalnog polja). Ugao $A \pm 90°$ predstavlja azimut prostiranja ose anomalije.

U slučaju tankog vertikalnog sloja neograničenog po dubini H_v i Z_v su definisani jednačinama:

$$H_v = -2b2J \frac{x}{h^2 + x^2}$$

$$Z_v = 2b2J \frac{h}{h^2 + x^2}$$

b — poludebljina sloja

J — intenzitet magnetizacije (magnetski momenat jedinice zapremine)

h — dubina uzročnika

x — odstojanje od tačke merenja do projekcije sredine sloja na nivo merenja.

Zamenom H_v i Z_v u jednačinu za ΔT dobija se relacija:

$$\Delta T = -2b2J \frac{\sin^2 i + \cos^2 \varphi}{h^2 + x^2} [x \sin 2i' + h \cos 2i']$$

Da bi smo našli optimalno međumaršrutno odstojanje (D_o — maksimalno rastojanje između maršruta na kojima se određeni uzročnik pouzdano indicira sa primenjivanim aeromagnetometrom) i optimalnu visinu leta (h_o — visina leta za odgovarajuće D_o) vršimo diferenciranje gornje jednačine i određujemo X_{max} u zavisnosti od h (h_o). Pošto uvedemo smenu $\frac{bJ}{\Delta T} = C$ dobijamo:

$$h = -2c (\sin^2 i + \cos^2 \varphi) \cos 2i'$$

$$X_{max\ 1/2} = -2c (\sin^2 i + \cos^2 \varphi) [\sin 2i' \mp 1]$$

Razumljivo, s obzirom na kosu magnetizaciju, za istu visinu (h_o) postoje dve vrednosti X_{max}. Zbir njihovih apsolutnih vrednosti, koje obeležavamo kao X_{maxL} i X_{maxD}, predstavlja optimalno međumaršrutno odstojanje (v. sliku 6, $D_o = x_{maxD} - X_{maxL}$).

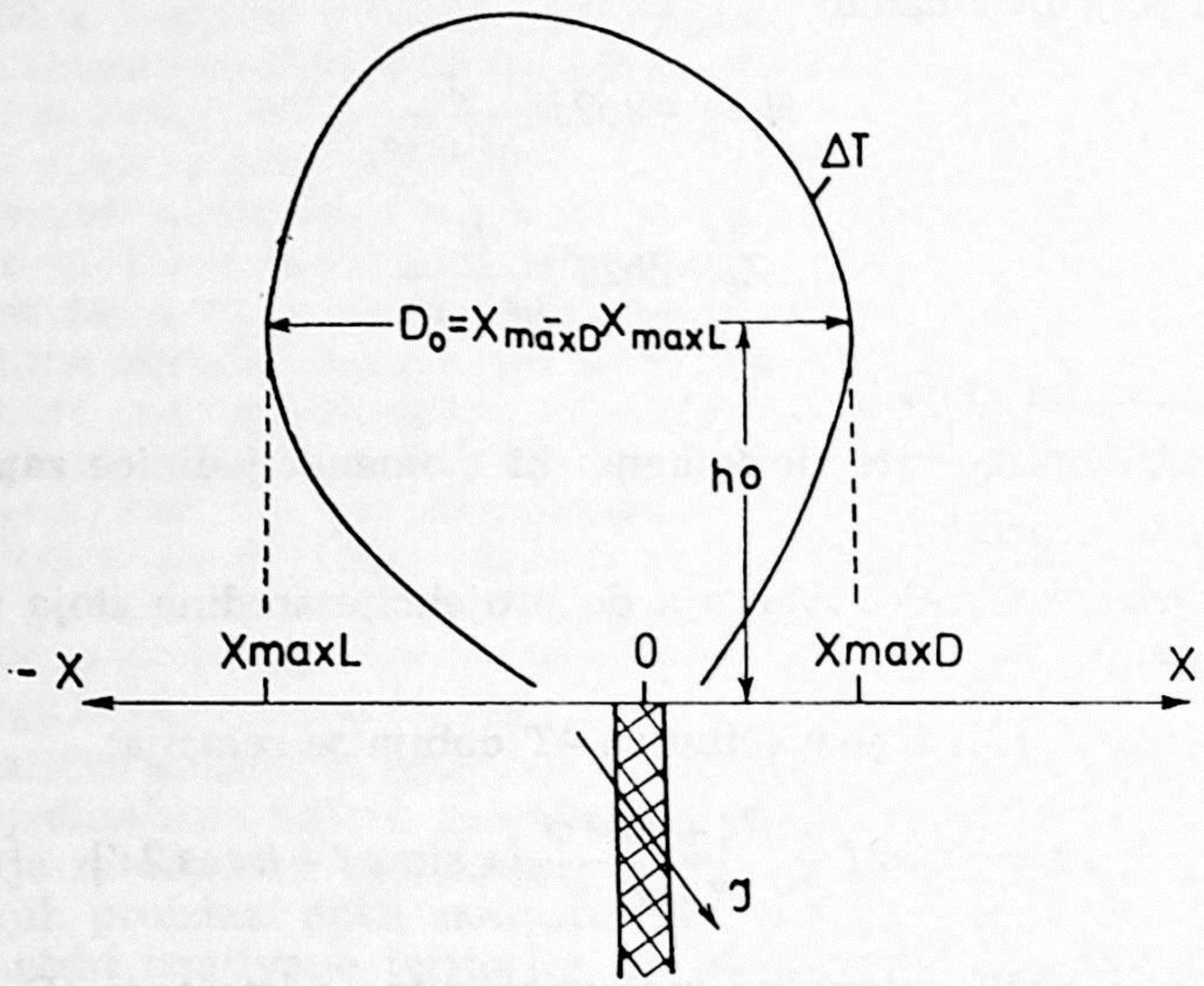
Zavisnost optimalnih metodoloških elemenata D_o i h_o od C (odnosa proizvoda intenziteta magnetizacije i poludebljine prema minimalnoj vrednosti pouzdano merljive anomalije sa primenjivanim aeromagnetometrom — obično se uzima da je to trostruka greška merenja) prikazana je na sl. 7, i to za slučajeve kada je pružanje tretiranih vertikalnih slojeva upravno na oba postojeća generalna pravca pružanja geoloških formacija na teri-

toriji Unutrašnjih Dinarida (pružanje slojeva paralelno aeromagnetskim maršrutama). Vrednosti uglova za terene SZ Srbije, SI Bosne, Srema i Slavonije su:

1. $A=115°$, $i=61°$, $i'=77°$ i $\varphi=102°$

za teren južno od Beograda:

2. $A=155°$, $i=59°$, $i'=61°$ i $\varphi=118°$

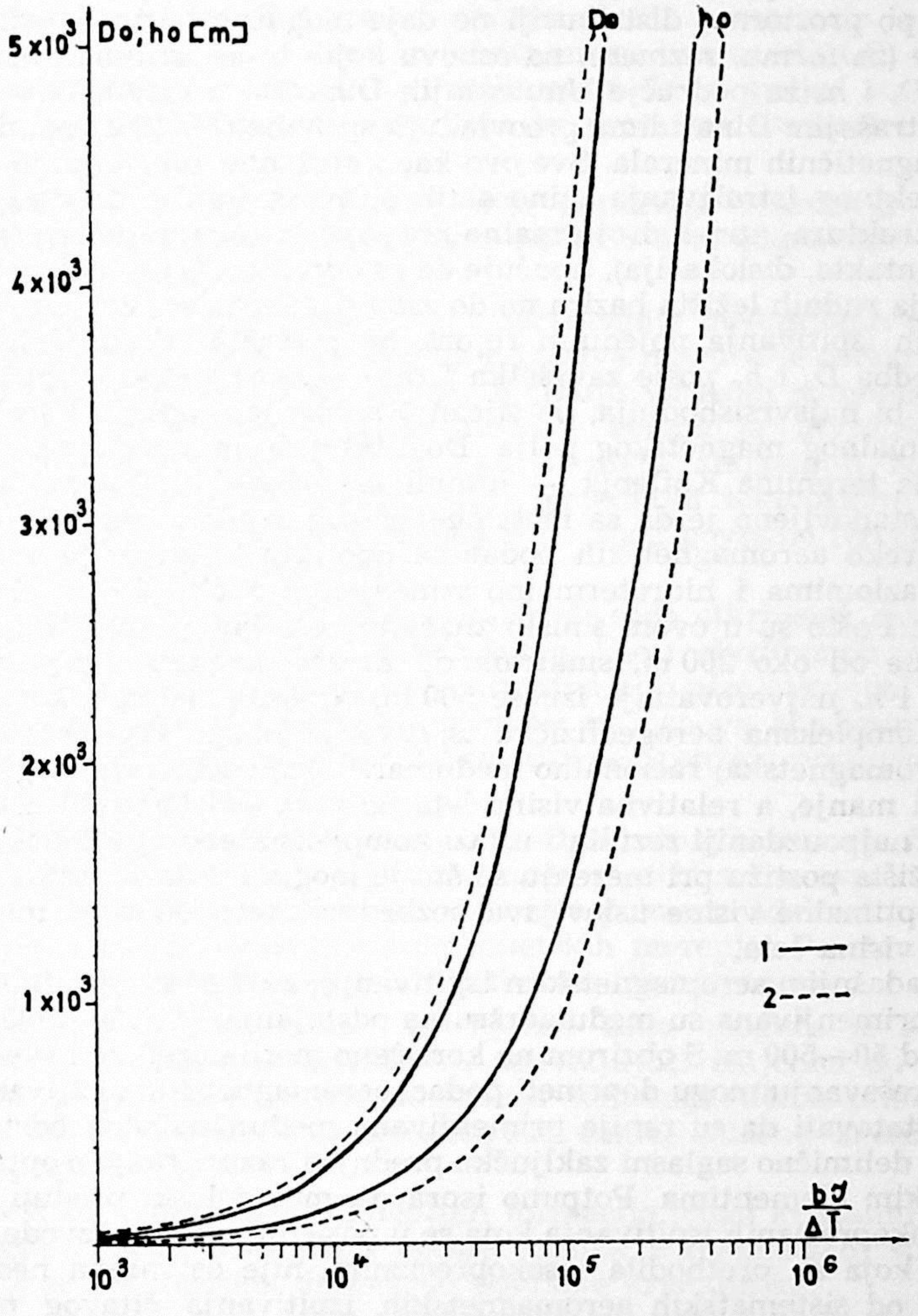


Sl. 6. Šematski prikaz rasprostranjenja u profilu izoanomale ΔT (minimalno merljivog intenziteta) vertikalnog neograničenog sloja sa oznakama optimalnih metodoloških elemenata

Fig. 6. The schematic presentation of a cross-section of ΔT isoanomaly (the lowest measurable intensity) of a vertical unlimited layer, with data on optimal methodological elements.

Iz dobijenih relacija sledi da je za teren zapadno od Beograda $D_o=2.2\,h_o$, dok je za teren južno od Beograda $D_o=3.8\,h_o$. Primera radi, za registrovanje anomalije $\Delta T_{max}=5$ gama, izazvane slojem poludebljine $b=5$ m čije je namagnetisanje $J=5\times10^{-3}$ CGS (ruda više magnetičnosti), znači kada je $C=5\times10^4$ CGS, optimalni elementi bi iznosili u prvom slučaju $D_o=1600$ m, $h_o=700$ m, a u drugom bi bilo $D_o=1900$ m i $h_o=500$ m. Svakako da bi sa ovim metodološkim elementima u naznačenim prostorima bilo efikasno istraživanje rudnih tela forme tankih vertikalnih slojeva »neograničenih« po dubini. Međutim, činjenica je da na području Unutrašnjih Dinarida rudna tela čak u okviru manjih rejona imaju različite forme i nivoe u prostoru, a osim toga javljaju se pretežno u morfološki jako ispresecanim terenima. Zahtevi za metodološkim elementima su različiti od ležišta do ležišta, međusobno su često protivrečni i čak uza-

jamno isključivi tako da je nemoguće dati univerzalno matematičko rešenje za odredbu optimalnog međumaršrutnog odstojanja i visine leta u Unutrašnjim Dinaridima.



Sl. 7. Dijagrami za odredbu optimalnog međumaršrutnog odstojanja (D_o) i visine leta (h_o) za slučajeve:

1. $A=115°$, $i=61°$, $i'=77°$ i $\varphi=102°$
2. $A=155°$, $i=59°$, $i'=61°$ i $\varphi=118°$

Fig. 7. The diagrams for determination of the optimal flight — lines spacing (D_o) and flight height (h_o) for cases:

1. $A=115°$, $i=61°$, $i'=77°$ and $\varphi=102°$
2. $A=155°$, $i=59°$, $i'=61°$ and $\varphi=118°$

Teškoće u praktičnoj odredbi D_o i h_o posebno dolaze do izražaja ako se ispitivanjima žele obuhvatiti i ležišta sa nemagnetičnom vodećom sirovinom u čijim samo pojedinim delovima se nalaze i feromagnetične komponente zahvaljujući kojima se ipak mogu aeromagnetski direktno indicirati. Činjenica da je učešće feromagnetičnih minerala vrlo raznoliko i po količini i po prostornoj distribuciji ne daje mogućnost izvući jedinstvene parametre (za formu, razmere) na osnovu kojih bi se sračunali opšte promenljivi D_o i h_o za područje Unutrašnjih Dinarida u celini. Ovo tim pre što u Unutrašnjim Dinaridima preovlađuju sirovine (Pb, Zn) praktično bez učešća magnetičnih minerala. Sve ovo kao i otežanost udovoljenju zahteva kod indirektnog istraživanja mineralnih sirovina (preko detaljnijeg izučavanja struktura, npr. hidrotermalno izmenjenih zona, prostranstva magmatita, kontakta, dislokacija), upućuje da se odredba D_o i h_o u problematici istraživanja rudnih ležišta bazira na do sada postignutim rezultatima aeromagnetskih ispitivanja pojedinih rejona na području Unutrašnjih Dinarida. Odredba D_o i h_o posle završetka I faze aeromagnetskih ispitivanja u celini bila bi najsvrsishodnija, po sticanju saznanja o opštim karakteristikama anomalnog magnetskog polja. Dosadašnjim aeromagnetskim ispitivanjima na terenima Kotlenik — Rudnik — Barajevo, Trepča, Kišnica i Damjan ustanovljeno je da sa metalogenetskog aspekta ima veliki značaj kada se preko aeromagnetskih podataka dobijaju informacije o magmatitima i razlomima i hidrotermalno izmenjenim zonama u intervalu od oko 500 m. Pošto su u ovom smislu značajni rezultati postizavani sa relativne visine od oko 200 m, smatram da za aeromagnetska ispitivanja u II fazi D_o i h_o najverovatnije iznose 500 m, odnosno 200 m. Ukoliko bi se izvodila kompleksna aerogeofizička ispitivanja (magnetska, radiometrijska, elektromagnetska) racionalno međumaršrutno odstojanje moglo bi biti 200 m pa i manje, a relativna visina leta ne veća od 100 m. Praksa pokazuje da se najpouzdaniji rezultati u fazi kompleksnih aerogeofizičkih istraživanja ležišta postižu pri merenju sa što je moguće manje visine, tako da odredbu optimalne visine uslovljava bezbednost leta, odnosno minimalna bezbedna visina leta.

U dosadašnjim aeromagnetskim ispitivanjima na području Unutrašnjih Dinarida primenjivana su međumaršrutna odstojanja od 250—2000 m i visina leta od 50—500 m. S obzirom na korišćene merne uređaje i sve probleme čijem rešavanju mogu doprineti podaci aeromagnetskih ispitivanja, može se konstatovati da su ranije primenjivana međumaršrutna odstojanja i visina leta delimično saglasni zaključku prednjeg razmatranja o optimalnim metodološkim elementima. Potpuno ispravan metodološki pristup učinjen je kod visokopreciznih ispitivanja koja se u poslednje vreme izvode. U ispitivanjima koja su prethodila visokopreciznim, nije ostvarena neophodna faznost — od sistematskih aeromagnetskih ispitivanja čitavog područja Unutrašnjih Dinarida do onih namenjenih istraživanju mineralnih sirovina. Gustina postojećih aeromagnetskih informacija je zadovoljavajuća bilo da su dobijene fluksnim ili protonskim aeromagnetometrom, kada su u pitanju problemi geološko-strukturnog karaktera. Po problematici direktnog istraživanja rudnih ležišta (sa feromagnetičnim mineralima) ne mogu se izvoditi pouzdaniji zaključci za one oblasti koje su aeromagnetski ispitane sa međumaršrutnim odstojanjem većim od 500 m. To znači da bi neki delovi ovih oblasti, zavisno od dobijenih rezultata, mogli biti izdvojeni za II fazu aerogeofizičkih ispitivanja.

INTERPRETACIJA AEROMAGNETSKIH PODATAKA

Mogućnost doprinosa aeromagnetskih podataka rešavanju određenih geoloških problema se zasniva na magnetskim svojstvima stena i ruda koje, kao sveže ili izmenjene, učestvuju u izgradnji geoloških struktura, odnosno rudnih ležišta. Zavisno od stepena učešća i rasporeda feromagnetičnih minerala, strukture i rudna ležišta mogu biti u celini ili delimično magnetski utvrđeni. Po konfiguraciji anomalnog polja, uz primenu matematičko-fizičkih metoda, utvrđuju se prostorni parametri magnetisanih tela.

Konkretno, mogućnost ostvarivanja doprinosa rešavanju pojedinih napred izdvojenih geoloških problema na bazi aeromagnetskih podataka zasniva se na sledećem:

Utvrđivanje prostranstva bazita i određivanje međusobnih prostornih odnosa na površini otkrivenih bazitskih masiva moguće je ostvariti zahvaljujući činjenici da se baziti najčešće odlikuju visokom magnetskom susceptibilnošću. Po prostranstvu magnetskih anomalija utvrđuje se prostranstvo bazita. Pružanje i stepen kontinuiteta anomalnih zona može ukazati na pripadnost bazitskih masiva pojedinim tektonskim zonama i stepen ostvarenog kontinuiteta između njih ispod površine terena, na prostorima gde su baziti prekriveni.

Određivanje rasprostranjenja i oblika do sada otkrivenih magnetičnih intramedijalnih i kiselih magmatskih masa, kao i utvrđivanje eventualno postojećih magnetičnih magmatskih intruziva koji nisu otkriveni u recentnom erozionom nivou, takođe se ostvaruje na osnovu konfiguracije anomalnog polja. Prostorni elementi magmatita se utvrđuju postupkom kvantitativne interpretacije.

Direktno istraživanje ležišta ruda gvožđa i drugih sirovnia čija rudna supstanca sadrži i feromagnetične minerale postiže se na osnovu izrazitih anomalija magnetskog polja a pod uslovima primene adekvatnih metodoloških elemenata u postupku aeromagnetskih merenja. Prostorni položaj magnetičnih tela određuje se kvantitativnom interpretacijom.

Izdvajanje hidrotermalno izmenjenih zona moguće je ostvariti u magmatitima povišene magnetičnosti zahvaljujući činjenici da se hidrotermalnim procesima vrši transformacija feromagnetičnih minerala. Hidrotermalno izmenjene zone karakteriše, dakle, sniženo anomalno magnetsko polje.

Određivanje debljine sedimentnih formacija iznad kristalinika, na terenima gde između ovih stena postoji razlika u magnetskoj susceptibilnosti, vrši se računanjem dubina do površine kristalinika.

Ostvarivanje aeromagnetskog doprinosa rešavanju ovih geoloških problema ostvaruju se i uslovi, posebno u kontekstu drugih geološko-geofizičkih podataka, za indirektan doprinos rešavanju ostalih napred navedenih geoloških problema na području Unutrašnjih Dinarida.

Dubinske razlome, u smislu shvatanja A. Pejvea 1945., 1956., S. Subotina 1961., I. Čebanenka 1963., V. Aprodova 1965., G. Ažgireja 1966., A. Suvorova 1968., N. Kunina 1972., I. Rezanova 1974. i dr. moguće je aeromagnetski utvrditi u slučajevima kada ih markiraju baziti, stene koje su po shvatanju mnogih autora

prodrle iz gornjeg omotača i bazaltnog sloja zahvaljujući baš dubinskim razlomima, rupturama kroz čitavu Zemljinu koru. Razumljivo aeromagnetski doprinos utvrđivanju dubinskih razloma značajan je za one terene na kojima su baziti prekriveni drugim tvorevinama, kada su dubinski razlomi zamaskirani (»slepi« dubinski razlomi). Osnovne magnetske predznake postojanja dubinskih razloma (prisustvo prostranih linijskih anomalnih zona, izrazita promena karaktera anomalnog polja — granice delova terena sa specifičnom morfologijom polja i dr.) opisali su L. Bulina i N. Kunin. Dubinski razlomi se po aeromagnetskim podacima mogu ne samo kvalitativno indicirati već i po dubini proučavati, do nivoa prostiranja magnetičnih bazita u njima. U ovom cilju razradio sam kvantitativnu metodu za računanje do donjeg kraja magnetičnog vertikalnog sloja.

Takođe, većinu drugih značajnijih razlomnih struktura markiraju (bar delom magnetični) magmatiti, posebno one koje kao poprečne dislokacije prate dubinske razlome. S obzirom na opšte poznatu ulogu razloma za tektonske, magmatske i metalogenetske procese, na osnovu aeromagnetskih podataka moguće je vršiti geotektonsko razgraničavanje, dati doprinos utvrđivanju zakonitosti u rasporedu razlomnih struktura, magmatita i rudnih ležišta a postoji i mogućnost dati prilog određivanju potencijalno seizmički nestabilnih terena. Usko povezano sa ovim jeste i mogućnost doprinosa selekciji rudno perspektivnih terena, nosioca rudnih ležišta ne samo sa sadržajem feromagnetičnih minerala već i bez njih (sulfida i dr.). Odredba vulkanskih aparata može proisteći iz činjenice da odnos između lava i piroklastičnih produkata znatno raste sa približavanjem izlivnom kanalu, zbog čega naravno u istom pravcu raste i efektivno magnetisanje vulkanogene serije (A. Rivoš, G. Šejnberg 1964). Utvrđivanju granica rasprostranjenja i geotektonske pripadnosti Vardarske zone doprinos na bazi aeromagnetskih podataka je moguće ostvariti polazeći od shvatanja da njenu tektonogenetsku okosnicu čine dubinski razlomi sa bazitima.

Iz prednjeg proističe da se u rešavanju postavljenih aeromagnetskih zadataka geofizička problematika odnosi na pitanja i kvalitativne i kvantitativne interpretacije.

Kvalitativna interpretacija

Osnovno pitanje tretirano kroz kvalitativnu (često u literaturi nazivanom »geološkom«) interpretaciju aeromagnetskih podataka jeste utvrđivanje koja je vrsta stene uzročnik anomalija magnetskog polja. Na osnovu prostranstva anomalija moguće je odrediti približne granice dotičnog litološkog člana kao i postojanje razlomnih struktura. Fizičko-matematički osnov na kome počiva ova faza interpretacije nalazi se u izrazu koji povezuje magnetska svojstva stena i intenzitet magnetskih anomalija. Ustvari, za svaki poseban slučaj forme magnetskog tela moguće je izvesti odgovarajuće matematičke relacije. Za grubu procenu intenziteta anomalija iznad masiva određene vrste stena i uopšte ocene mogućnosti njenog magnetskog uticaja može se koristiti formula za tela »beskonačnog« prostranstva, kakvim se često mogu aproksimirati uzročnici anomalija na

osnovu kojih se rešava odgovarajuća strukturna problematika (pojave bazita, magmatita i drugih geoloških formacija sa sadržajem feromagnetičnih minerala). Formula glasi $\Delta T = 2\pi J$ gde J predstavlja intenzitet magnetizacije uzročnika.

Kvantitativna interpretacija

Kvantitativnom interpretacijom magnetnih anomalija određuju se elementi uzročnika kao što su dubina, debljina, vertikalno rasprostranjenje i magnetizacija. Procesi u ovoj interpretaciji su znatno složeniji nego kod kvalitativne interpretacije.

Pri kvantitativnoj interpretaciji aeromagnetskih podataka, odnosno anomalija totalnog intenziteta Zemljinog magnetskog polja *(ΔT)*, nailazi se na posebne teškoće koje se ogledaju u činjenici da ΔT nema osobine potencijalnih funkcija, ne zadovoljava Laplasovu jednačinu.

Uz određene aproksimacije umesto analitičkih izraza za ΔT moguće je koristiti relacije za zavisnost intenziteta vertikalne komponente *(Zmp)* ili izraze za ΔT izražene preko Z_a i H_a intenziteta. Prvi slučaj primenljiv je samo za interpretaciju anomalija na područjima viših geomagnetskih širina ($i > 65°$), gde je moguće smatrati da je vektor magnetskog polja skoro vertikalan. U tom slučaju pri kvantitativnoj interpretaciji ΔT direktno se primenjaju postupci razrađeni za interpretaciju anomalija vertikalne komponente. U drugom, pri interpretaciji preko analitičkih izraza za ΔT razrađuju se posebne metode kvantitativne interpretacije. Pri manjim inklinacijama ($i < 45°$) praksa često iziskuje prevođenje aeromagnetskih anomalija na vertikalno namagnetisanje, sračunavanje pseudogravimetrijskih anomalija, ili se zahtevaju druga preračunavanja. Strogo uzevši preračunavanje anomalija ΔT (npr. analitičko produženje polja na različite nivoe, sračunavanje izvoda itd.) nisu moguća pošto, kako je pomenuto, parametar ΔT u opštem vidu ne zadovoljava Laplasovu jednačinu. Preračunavanja su moguća samo za relativno niže intenzitete anomalija ($\Delta T < 10^4$ gama), kada ΔT približno zadovoljava uslove potencijalnih funkcija. Za računanje određenih elemenata uzročnika na osnovu anomalija ΔT primenu su našle i neke empiričke relacije proistekle kroz analizu karakterističnih elemenata krive ΔT sa poznatim (preko bušenja, seizmike) podacima o zaleganju i kroz rezultate ispitivanja na modelima.

Postojeće metode mogu se razvrstati u nekoliko osnovnih grupa: analitičke, grafičke, metoda »izvoda« i metode integraljenja. Naravno, postoje i metode kombinovanog karaktera (npr. analitičko-grafičke) koje se zasnivaju na korišćenju operacija svojstvenih za dve ili više osnovnih grupa interpretacije. Osim toga neke od metoda iz pojedinih grupa može karakterisati korišćenje podataka sa različitih nivoa (dobijenih direktnim merenjima ili preko analitičkog produženja magnetskog polja na više i niže poluprostranstvo), u kom slučaju se postupci računanja elemenata uzročnika katkada označavaju kao posebna grupa — metode po prostranstvu anomalnog polja u prostoru.

Analitičke metode. Suština kvantitativne interpretacije magnetskih anomalija primenom ovih metoda se zasniva na sastavljanju, na osnovu analitičkih izraza za magnetska polja izazvana telima proste geometrijske

forme, sistema jednačina koje vezuju apscise nekih karakterističnih tačaka i vrednosti intenziteta magnetskog polja u tim tačkama sa nekim od elemenata uzročnika (dubine, debljine). Iz sistema jednačina dobijaju se relacije za računanje elemenata koje pretpostavljaju korišćenje onih parametara magnetskog polja koji mogu biti lako određeni na planu i profilu (dijagramu polja) i koji omogućavaju dobijanje jednostavnih, bez teškoća rešivih matematičkih odnosa između dotičnog parametra i određenog elementa uzročnika. Takvi parametri su ekstremne vrednosti polja (ΔZ, ΔH, ΔT), apscise ekstremnih vrednosti, apscise prevojnih tačaka na krivama, apscise tačaka gde je vrednost polja jednaka nuli itd.

U mnogim slučajevima iznalaženje elemenata uzročnika primenom analitičkih metoda je znatno otežano, jer treba rešavati algebarske jednačine višeg stepena ili veoma složene transcendentne funkcije. Najuspešnija primena analitičkih metoda interpretacije jeste onda kada je forma uzročnika zaista bliska geometrijski pravilnom i jednostavnom telu sa kojim se aproksimira, a to znači u slučajevima kada anomalno polje nije složeno, kada je izazvano samo jednim — izolovanim uzročnikom. Greška u izboru modela (forme) tela sa kojim se uzročnik aproksimira, tj. u izboru odgovarajućih formula za sračunavanje, povlači za sobom grube greške u određivanju elemenata uzročnika. Pri izboru formula poželjno je koristiti one u kojima apscise karakterističnih tačaka imaju niže stepene i da apscise odgovaraju vrednostima anomalnih polja u kojima je gradijent najveći. Za uspešnu primenu analitičkih metoda bitan uticaj ima tačnost određivanja apscisa karakterističnih tačaka i izbor nivoa normalnog polja. Ocenjuje se da srednja relativna greška u određivanju elemenata zaleganja uzročnika primenom ovih metoda iznosi 10—30%.

Grafičke metode. Primena ovih metoda interpretacije zasniva se bilo na poređenju merenih sa teoretskim krivama anomalnih polja geometrijski jednostavnih tela, bilo na grafičkom određivanju parametara preko kojih je moguće direktno ili indirektno računati elemente uzročnika. Među grafičkim metodama mogu se izdvojiti uglavnom sledeće: uporedba merenih i teoretskih krivih, metode »tangenti«, metode preseka vektora i metoda izolinija.

Metoda uporedbe merenih sa teoretskim krivama sastoji se u poistovećenju elemenata uzročnika određene forme sa odgovarajućim elementima na bazi kojih je dobijena merenoj saglasna teoretska kriva. Teoretske krive mogu biti sračunate preko analitičkih izraza ili dobijene ispitivanjem magnetskih polja modela, što je primenljivo za geometrijski jednostavna tela. Familije teoretskih krivih nacrtane u odgovarajućoj razmeri pokazuju intenzitet polja duž profila pri različitim vrednostima jednog od parametara koji karakteriše prostorni položaj uzročnika. Za jedinicu dužine uzima se obično dubina gornjeg kraja uzročnika, dubina do centra uzročnika ili rastojanje bilo kojih karakterističnih tačaka krive. Primena ove metode uslovljava relativno malu osetljivost na slučajne i sistematske greške. Za uspešnu primenu većine »paljetki« uslov je prethodna odredba forme uzročnika anomalije i da polje nije složeno. Srednja relativna greška pri sračunavanju elemenata uzročnika iznosi 5—20%.

Primena metoda »tangenti« sastoji se u određivanju apscisa presečnih tački tangenti, povučenih u karakterističnim tačkama krivih ΔT (Z, H), i korišćenju empiričkih formula kojima je izražena međusobna zavisnost

apscisa tačaka preseka i dubine uzročnika. Prvobitna uspešna primena ovih metoda bila je vezana jedino za slučajeve vertikalnih i subvertikalnih slojeva namagnetisanih po osi, koji imaju veliko rasprostranjenje u dubinu i čija je debljina jednaka dvostrukoj dubini. Međutim, uvođenjem određenih koeficijenata (vrednost zavisna od odnosa širine sloja i dubine, od forme tela) proširena je kasnije primena i na druge slučajeve. Ipak, ostaje činjenica da se ovim metodama koje su našle široku primenu pri interpretaciji podataka aeromagnetskih ispitivanja, dobijaju najčešće orijentacioni podaci o dubini uzročnika. U najpovoljnijim slučajevima greška određivanja dubine je oko 10%, inače može iznositi 30% pa i više.

Metoda preseka vektora zasniva se na tome što se pravci totalnog anomalnog polja, koje je izazvano relativno tankim slojem (vertikalnim, nagnutim) ili stubom shode u magnetski pol, tj. blizu gornjeg kraja uzročnika. Za njenu primenu u aeromagnetizmu neophodno je prethodno sračunati horizontalnu komponentu anomalijskog polja (H_a) na osnovu vrednosti ΔT koje se u napred navedenim slučajevima mogu približno smatrati jednakim Z_a pri kosom namagnetisanju. Karakteristika metode je velika osetljivost na slučajne greške i u većini slučajeva mala osetljivost na sistematske greške. Srednja relativna greška u računanju dubine je 10—20%.

Metoda izolinija samo po finalnoj konstrukciji za iznalaženje dubine uzročnika pripada grafičkim metodama. Inače, za njenu primenu nužno je preračunavanje polja na niže nivoe. Na osnovu izgleda magnetnog polja u vertikalnoj ravni, po tendenciji zbližavanja izolinija određuje se dubina uzročnika. Ova metoda je primenljiva za slučajeve kada su uzročnici forme slojeva relativno male debljine ili se pojavljuju u vidu vertikalnih stubova.

Metode izvoda našle su veću primenu u slučajevima složenih anomalnih polja, izazvanih većim brojem međusobno bliskih uzročnika različitih formi, dimenzija, dubine i magnetizacije, tj. u slučajevima kada je analitičkim i grafičkim metodama interpretacija najčešće nemoguća. Primenom metoda izvoda, računanjem prvih i drugih izvoda $\Delta T\ (Z, H)$, moguće je složene anomalije rastaviti na niz jednostavnih, koje odgovaraju pojedinim uzročnicima. Što je red izvoda viši tim brže intenzitet polja opada sa udaljenjem od uzročnika, tako da se time postiže relativno smanjenje uticaja udaljenijih (po vertikali i horizontali) uzročnika. Primena ovih metoda iziskuje veliku tačnost izvornog materijala. Ove metode imaju veliku prednost u odnosu na mnoge metode interpretacije, jer odredba elemenata zaleganja uzročnika ne zavisi od izbora nivoa normalnog polja. Kod ovih metoda izdvajaju se dve osnovne: metoda gradijenata (prvi horizontalni ili vertikalni izvod ΔT, odnosno ΔZ ili ΔH) i metoda viših izvoda kod koje se za odredbu dubine uzročnika koristi bilo $\frac{\partial^2 (\Delta T)}{\partial x \partial z}$ bilo drugi vertikalni izvod $\frac{\partial^2 (\Delta T)}{\partial z^2}$ ili izrazi za polja Z i H.

Metoda gradijenata najuspešnije se primenjuje u slučajevima ako je anomalija izazvana slojem. Kada je debljina sloja više puta veća od dubine uzročnika, moguće je primeniti metodu horizontalnog gradijenta. Ako su debljina i dubina približne vrednosti onda se za kvantitativnu interpretaciju koristi vertikalni gradijent. Uvođenje u praksu aeromagnetskih ispi-

tivanja gradijentometara visoke tačnosti omogućilo je da se uporedo sa ΔT mere jedan ili oba gradijenta, tako da se izbegavaju greške koje nastaju preračunavanjem ΔT u vrednosti gradijenata, što obezbeđuje veću tačnost računanja elemenata uzročnika.

Metoda viših izvoda uspešno se može primeniti u slučajevima složenih anomalija i to prvenstveno kada uzročnik čije elemente određujemo ima formu sloja relativno male debljine. Dakle, za slučaj kada metoda gradijenata ne daje zadovoljavajuće rezultate.

Metode integraljenja. Za računanje elemenata zaleganja uzročnika primenom ovih metoda koristi se površina zahvaćena krivom ΔT anomalnog polja i apscisom, čime se postižu određene prednosti nad metodama kod kojih se koriste diskretne vrednosti. Prednost se prvenstveno ogleda u relativno maloj osetljivosti na greške merenja, uticaj slučajnih greški se svodi na najmanju meru. Negativna strana je visoka osetljivost na sistematske greške, velika zavisnost od pravilnog izbora nivoa normalnog polja. Primenljivost metoda integraljenja je ograničena za slučajeve vertikalnog magnetisanja uzročnika anomalije. Srednja relativna greška u odredbi dubine iznosi 5—20%.

U novije vreme pri interpretaciji anomalija magnetskog polja koriste se i metode spektralne analize. Te metode su zasnovane na teoriji funkcije kompleksne promenljive. Primenljive su samo za dvodimenzionalne uzročnike, što je uslovljeno specifičnom osobinom funkcije u kompleksnoj ravni.

Za olakšanu interpretaciju složenih anomalnih polja, naročito polja »mozaičkog« karaktera — sa anomalijama oba znaka (oblasti sa nižim geografskim širinama, pojas ekvatora), potrebno je prethodno izvršiti transformaciju merenog anomalnog polja, npr. u karte pseudogravimetrijskih anomalija ili II vertikalnih izvoda, ili transformisanjem na ekvivalentno polje izazvano vertikalnom magnetizacijom i dr. Zatim se novodobijene, izvedene aeromagnetske karte podvrgavaju interpretaciji, primenom relativno jednostavnih metoda kvantitativne interpretacije.

Pri interpretaciji anomalija magnetskog polja sa područja Unutrašnjih Dinarida primenjivane su analitičke, grafičke i to pretežno metode »tangenti« (J. Gračeva, V. Pjatnickog, J. Petersa) i metode »izvoda« po postupku A. Logačeva u slučajevima anomalija registrovanih sa visokoosetljivim aeromagnetometrom. Primenom ovih metoda određivana je dubina gornjeg kraja ili središta uzročnika. Kao konačni rezultat za sračunate elemente usvojene su srednje vrednosti dobijene različitim postupcima interpretacije.

Metoda određivanja dubine donjeg kraja vertikalnog sloja

Mada u praksi interpretacije anomalija magnetskog polja postoje mnogobrojne metode, ipak, može se konstatovati da postojeća rešenja data u literaturi nisu definitivna i da su u pravcu razvoja interpretacionih metoda neophodna dalja izučavanja, naročito što se tiče odredbe dubine donjeg kraja uzročnika. Problemom određivanja dubine donje granice magnetisanih slojeva bavili su se L. Bulina 1961, A. Ljubimov 1965, S. Ivanov 1968 i 1969, V. Pavlovskij i E. Serebrajkov 1964, H. Gelfand 1969, J. Vaščilov 1968 i 1969 i N. Sim 1969. Kroz višegodišnju interpretaciju magnetskih podataka došao sam do za-

ključka o posebnom geostrukturnom značaju saznanja dubine donje granice namagnetisanih sredina i s tim u vezi razvijao sam svoja proučavanja čiji rezultat predstavlja iznalaženje novog postupka za odredbu dubine donjeg kraja uzročnika koji ima formu vertikalnog debelog sloja. Ovakva tela mogu se u geologiji prevesti na delove dubinskih razloma koji su zapunjeni bazitima ili drugim stenama više magnetske susceptibilnosti. Odredbom dubine donjeg kraja uzročnika pruža se mogućnost proučavati dubinske razlome po vertikalnom rasprostranjenju, ustanoviti verovatne korene delove magmatskih masa i dr.

Postupak koji ću nadalje prikazati odnosi se, dakle, na odredbu dubine donjeg kraja uzročnika anomalija ΔT intenziteta izazvanih vertikalnim »dvodimenzionalnim« telima, tj. slojevima. Polaznu osnovu za izvođenje jednačine za anomalije ΔT intenziteta činila je poznata opšta relacija između ΔT s jedne i vertikalne i horizontalne komponente anomalnog polja s druge strane (A. L o g a č e v, 1968).

$$\Delta T = Z_a \sin i + H_a \cos \varphi \ldots\ldots \quad (1).$$

gde je i ugao nagiba (inklinacija) vektora magnetisućeg polja — T_o, a φ ugao između vektora T_o i H_a, koji je definisan izrazom $\cos \varphi = \cos i \cos A$, gde je A ugao između x-ose i projekcije vektora magnetizacije na horizontalnu ravan. Ugao $A \pm 90°$ predstavlja azimut prostiranja ose anomalije.

Data relacija za ΔT je samo približna i primenjivana je samo za relativno male intenzitete anomalnih polja — do nekoliko hiljada gama (manje od 0,1 ersteda), izazvanih telima različite forme. S obzirom da intenziteti anomalija totalnog polja retko kada prelaze tu vrednost, prednja relacija ΔT može se smatrati važećom za najveći broj anomalija, uključujući i anomalije područja Unutrašnjih Dinarida gde se po rezultatima dosadašnjih merenja i geološkom sastavu ne očekuju veći intenziteti za koje se odgovarajuća aproksimacija ne bi mogla učiniti.

Za slučajeve homogeno namagnetisanih »dvodimenzionalnih« tela (slojeva) u kojima demagnetišuće polje ne izaziva bitnije odstupanje vektora magnetizacije od pravca vektora magnetišućeg polja, anomalije Z_a i H_a duž profila čiji je azimut A mogu se izraziti preko anomalija vertikalne Z_v i horizontalne H_v komponente magnetskog polja uslovljenog vertikalno namagnetisanim slojem:

$$Z_a = Z_v \sin i + H_v \cos i \cos A \ldots\ldots \quad (2)$$

$$H_a = H_v \sin i - Z_v \cos i \cos A \ldots\ldots \quad (3).$$

Uvodeći izraze za Z_a i H_a i zamenom $\operatorname{ctg} i' = \operatorname{ctg} i \cos A$ (i' — ugao između ose x i projekcije vektora magnetizacije na ravan $x\,o\,z$) u jednačinu (1) dobija se opšta relacija:

$$\Delta T = (\sin^2 i + \cos^2 \varphi)\,[Z_v \sin (2\,i' - \alpha) + H_v \cos (2\,i' - \alpha)] \ldots\ldots \quad (4)$$

gde je α padni ugao sloja.

U slučaju vertikalnog sloja, kada je $\alpha = \pi/2$, ova jednačina se svodi na

$$\Delta T = (\sin^2 i + \cos^2 \varphi)\,[H_v \sin 2\,i' - Z_v \cos 2\,i'] \ldots\ldots \quad (5)$$

Koristeći relaciju (5) i poznate formule za Z_v i H_v, može se izvesti jednačina za anomalije ΔT intenziteta izazvane vertikalnim po dubini ogra-

ničenim debelim slojem, slično kao što je to napred učinjeno za tanki vertikalni sloj neograničen po dubini.

U ovom slučaju Z_v i H_v izraženi su preko sledećih formula:

$$Z_v = 2J\left[\operatorname{arctg}\frac{2bh}{h^2+x^2-b^2} - \operatorname{arctg}\frac{2bH}{H^2+x^2-b^2}\right] \tag{6}$$

$$H_v = -J\left[ln\frac{h^2+(x+b)^2}{h^2+(x-b)^2} - ln\frac{H^2+(x+b)^2}{H^2+(x-b)^2}\right] \tag{7}$$

gde uz napred data objašnjenja oznaka, h i H predstavljaju dubinu gornjeg, odnosno donjeg kraja uzročnika.

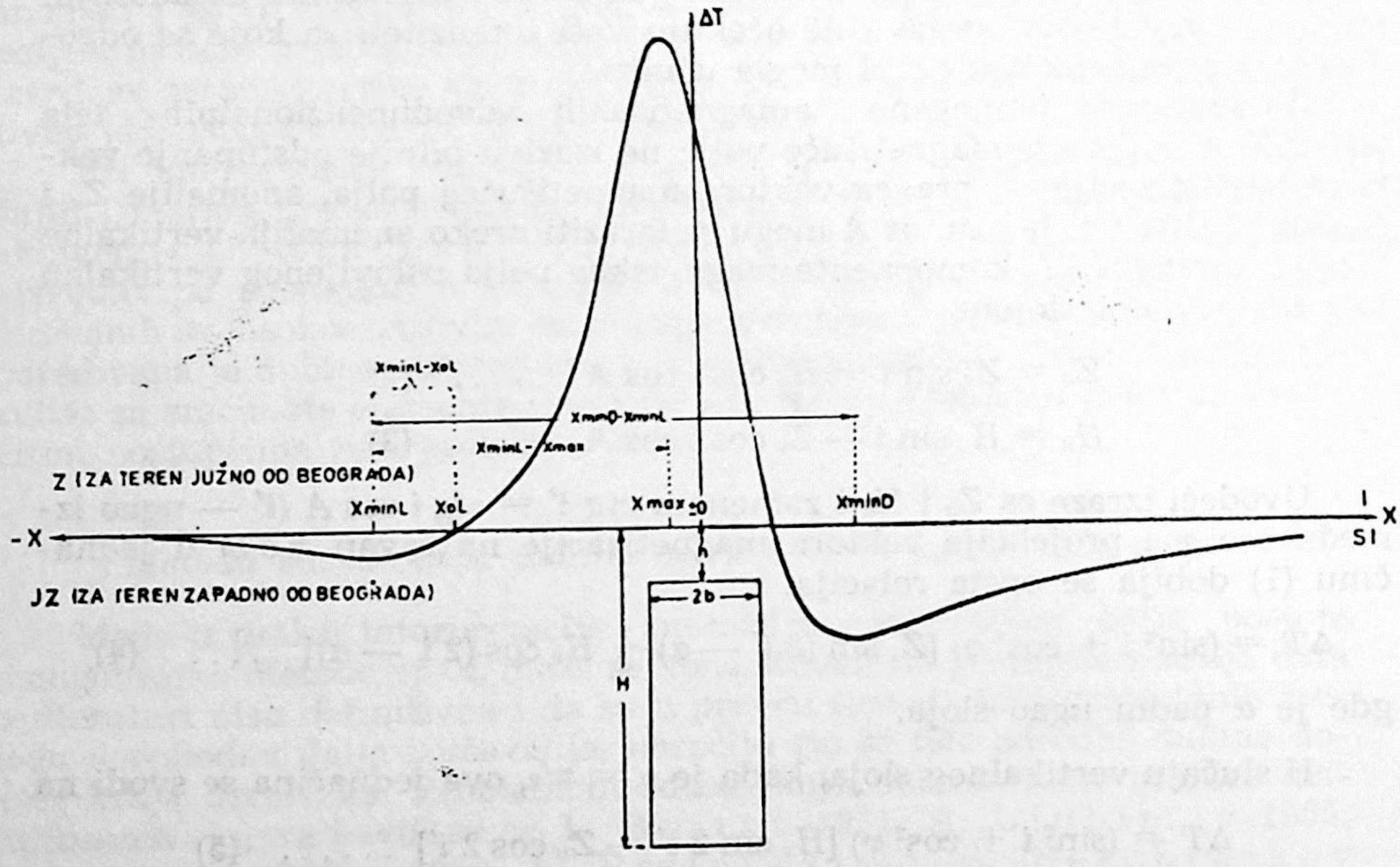
Zamenom (6) i (7) u jednačinu (5) dobijamo konačnu formulu za anomaliju ΔT intenziteta izazvanu debelim slojem, koji je po dubini ograničen:

$$\Delta T = -J(\sin^2 i' + \cos^2\varphi)\left\{2\cos 2i'\left[\operatorname{arctg}\frac{2bh}{h^2+x^2-b^2} - \operatorname{arctg}\frac{2bh}{H^2+x^2-b^2}\right] + \right.$$

$$\left. + \sin 2i'\left[ln\frac{h^2+(x+b)^2}{h^2+(x-b)^2} - ln\frac{H^2+(x+b)^2}{H^2+(x-b)^2}\right]\right\} \tag{6}$$

Odredbi dubine donjeg kraja uzročnika H prišlo se sa pretpostavkom da su dubina gornjeg kraja h i poludebljina b utvrđeni istražnim radovima (bušenjem i dr.) ili preko podataka geofizičkih ispitivanja.

Analizirajući jednačinu ΔT, došlo se do zaključka da se parametri krive ΔT kao što su X_{oL}, $X_{minL} - X_{oL}$, $X_{minD} - X_{minL}$ i $X_{minL} - X_{max}$ (v. sl. 8)

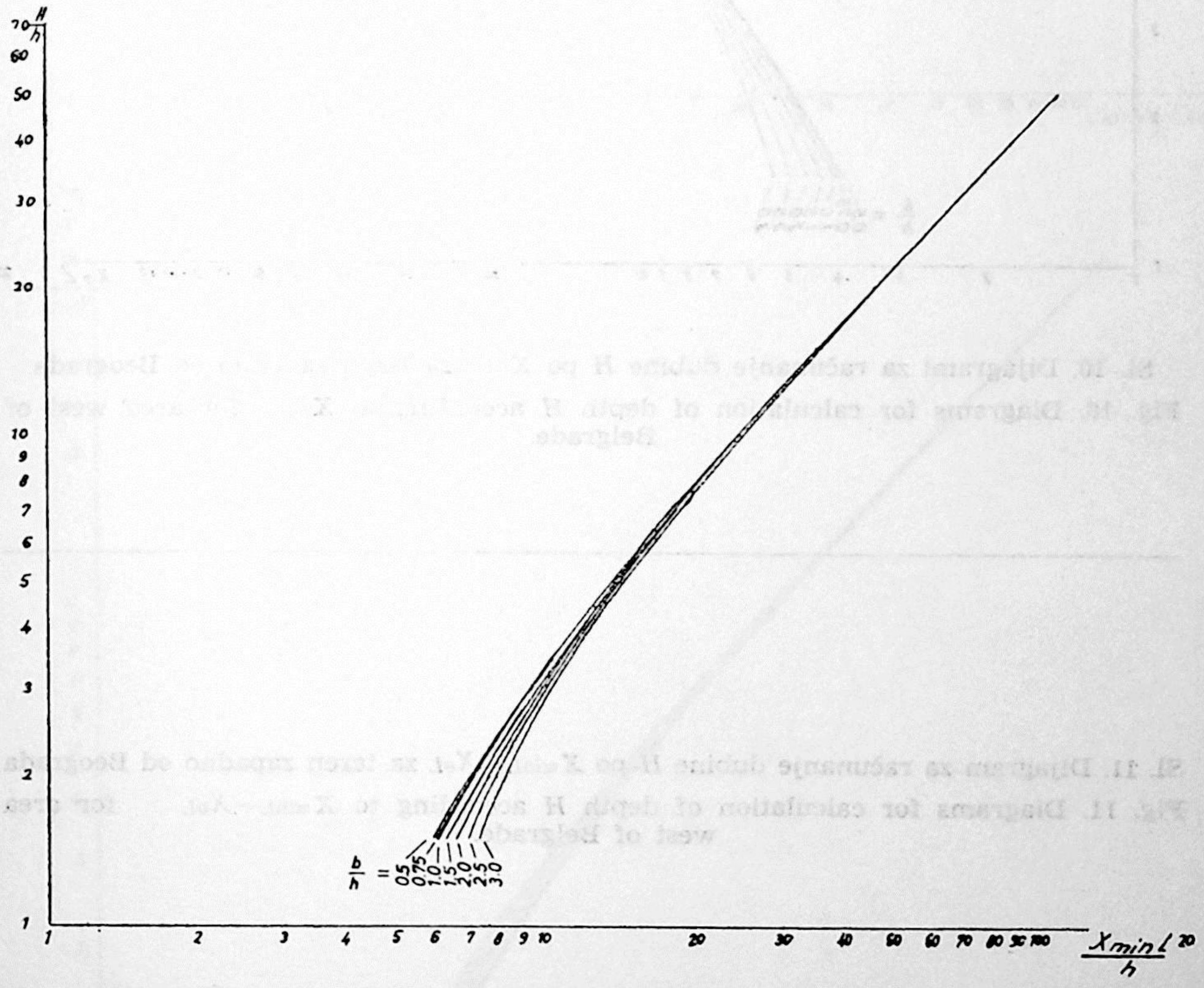


Sl. 8. Parametri krive ΔT korišćeni za računanje dubine donjeg kraja uzročnika (H)

Fig. 8. The ΔT curve parameters applied in calculating the lower limit of source (H).

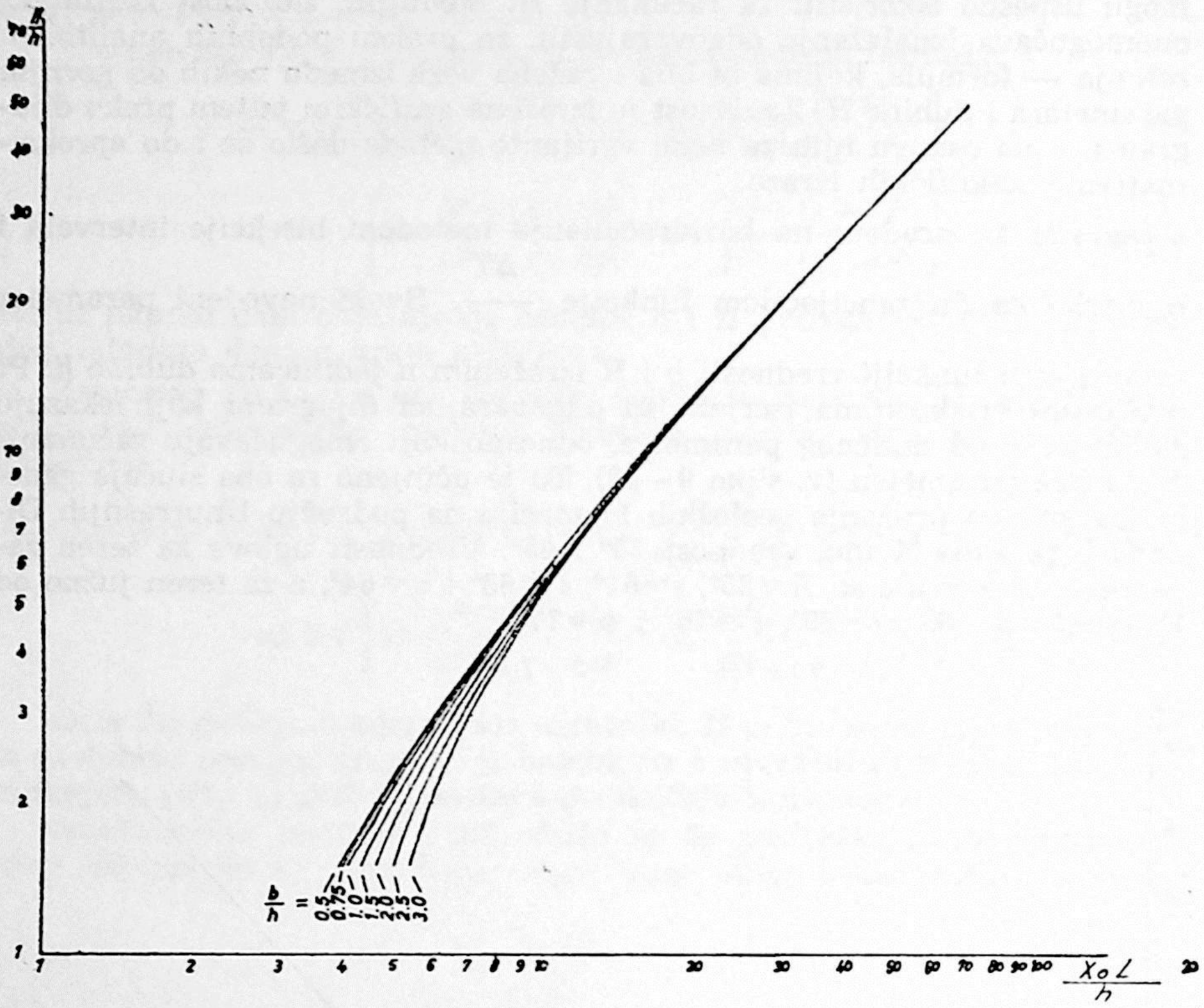
mogu uspešno iskoristiti za računanje H. Međutim, složenost izraza ΔT onemogućava iznalaženje odgovarajućih, za praksu podobnih analitičkih rešenja — formula, kojima bi bila izražena veza između nekih od gornjih parametara i dubine H. Zavisnost je izražena grafičkim putem preko dijagrama, a na osnovu njih za neke varijante metode došlo se i do aproksimativnih analitičkih izraza.

Dijagrami su urađeni na bazi računanja metodom bisekcije intervala i numeričkom diferencijacijom funkcije $\frac{\Delta T}{J}$. Svaki navedeni parametar računa se u funkciji vrednosti b i H izraženim u jedinicama dubine h. Po dobijenim vrednostima iscrtani su odgovarajući dijagrami koji iskazuju zavisnost H od dotičnog parametra, odnosno koji omogućavaju računanje H po tom parametru (v. slike 9—18). To je učinjeno za oba slučaja generalnog pravca pružanja geoloških formacija na području Unutrašnjih Dinarida, tj. kada A ima vrednost 25° i 65°. Vrednosti uglova za teren zapadno od Beograda su $A=25°$, $i=61°$, $i'=63°$ i $\varphi=64°$, a za teren južno od Beograda $A=65°$, $i=59°$, $i'=76°$ i $\varphi=77°$.



Sl. 9. Dijagrami za računanje dubine H po X_{minL} za teren zapadno od Beograda

Fig. 9. Diagrams for calculation of depth H according to X_{minL} for area west of Belgrade.



Sl. 10. Dijagrami za računanje dubine H po X_{oL} za teren zapadno od Beograda

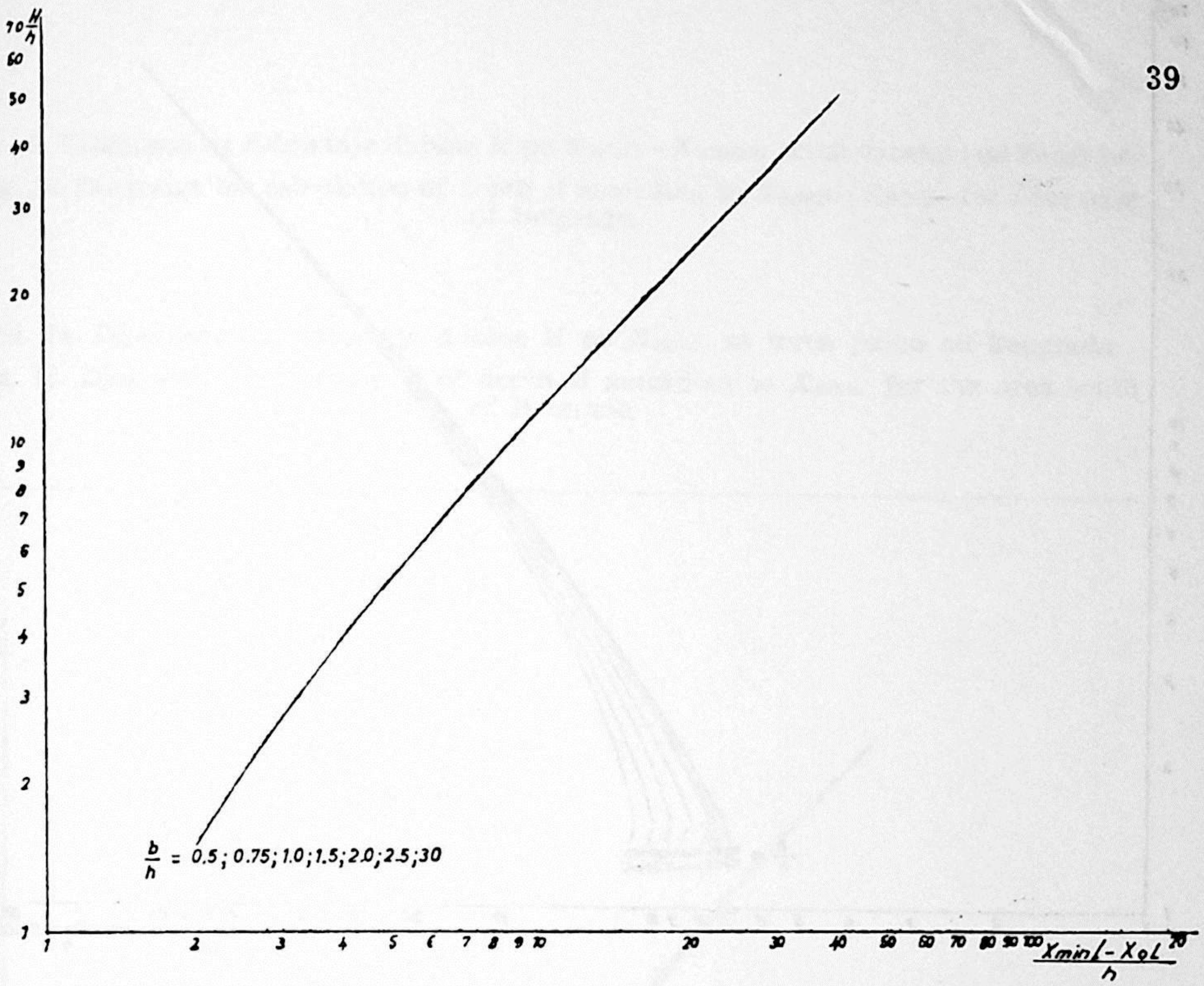
Fig. 10. Diagrams for calculation of depth H according to X_{oL} for area west of Belgrade.

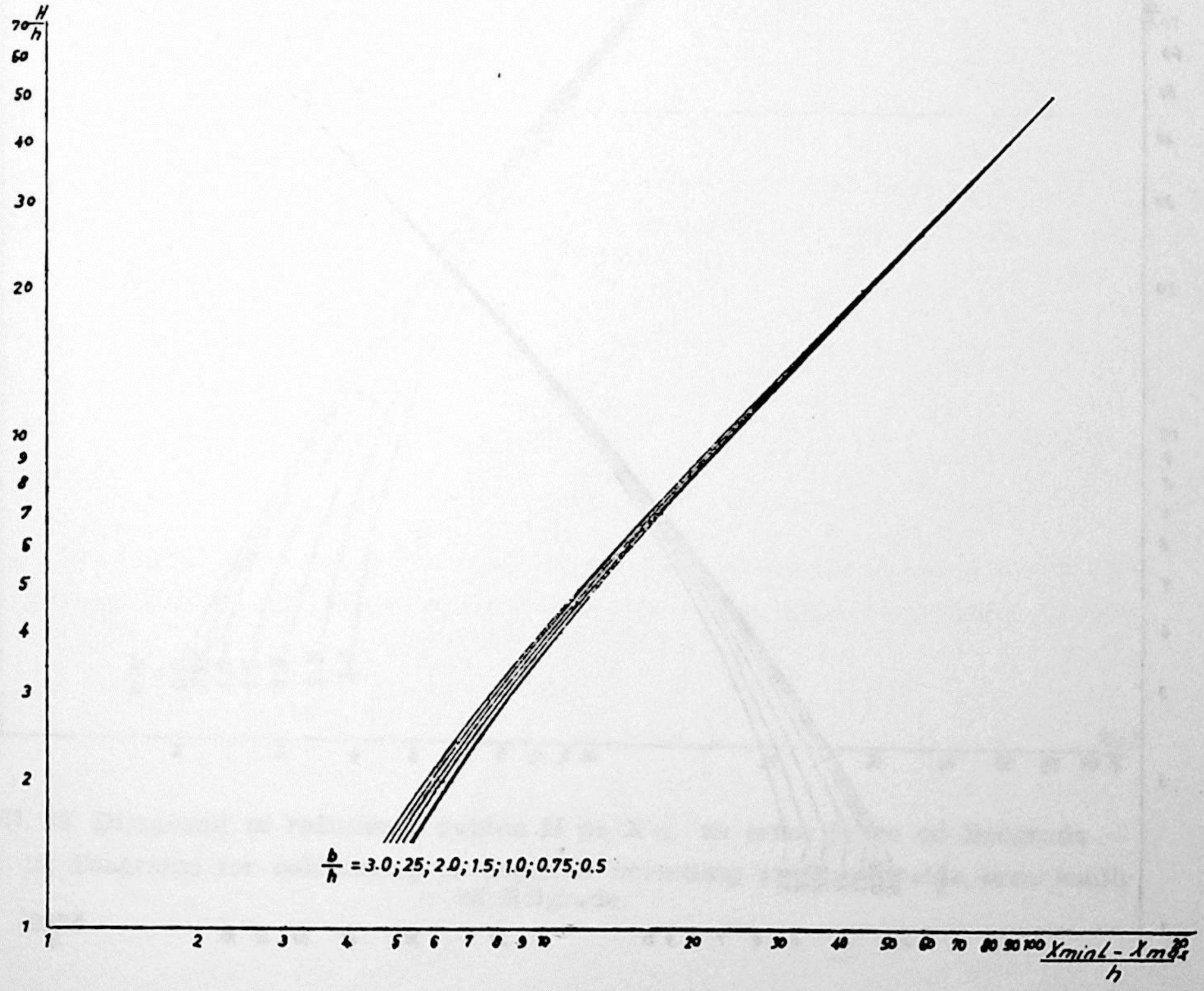
Sl. 11. Dijagram za računanje dubine H po $X_{minL} - X_{oL}$ za teren zapadno od Beograda

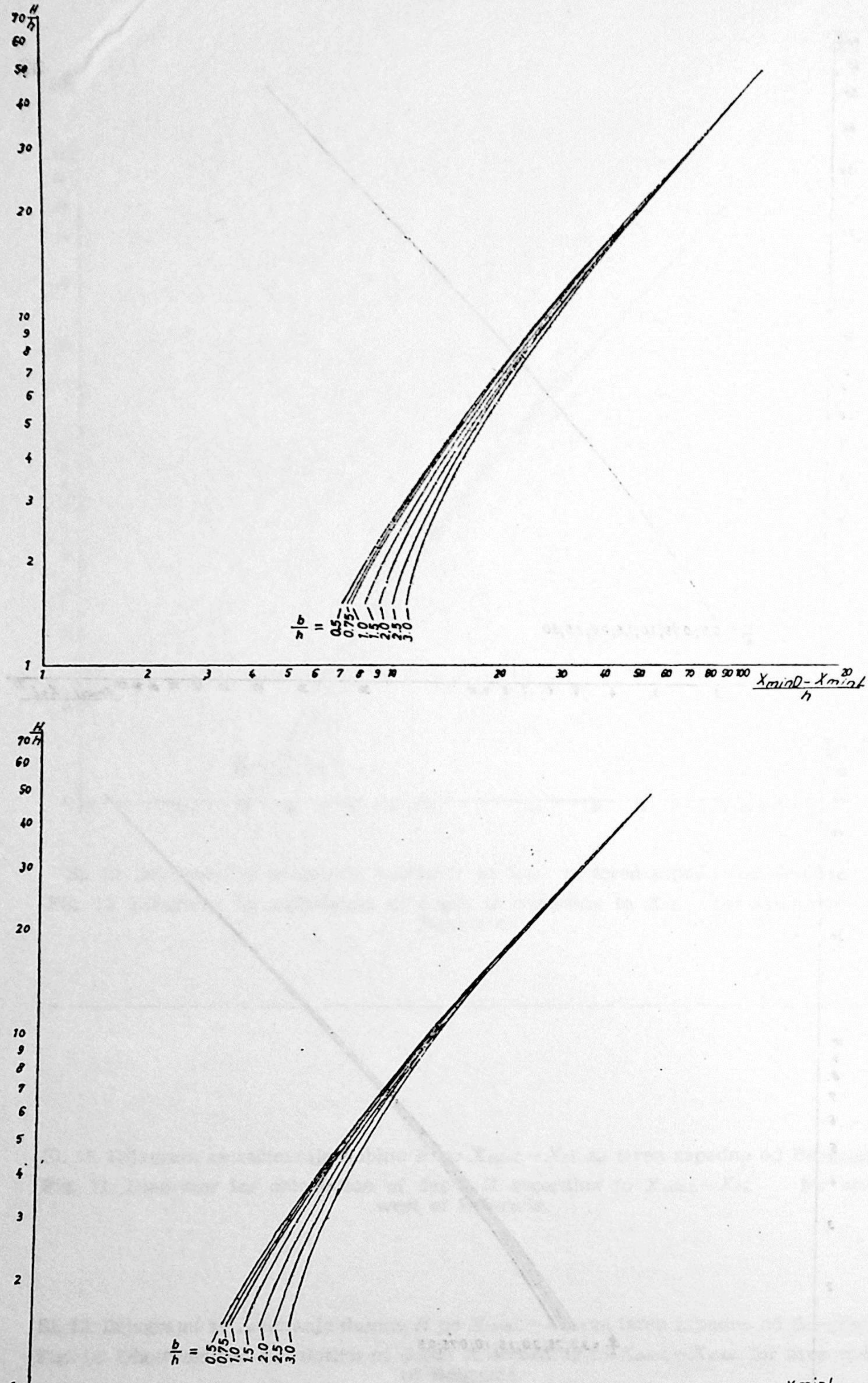
Fig. 11. Diagrams for calculation of depth H according to $X_{minL} - X_{oL}$ for area west of Belgrade.

Sl. 12. Dijagrami za računanje dubine H po $X_{minL} - X_{max}$ za teren zapadno od Beograda

Fig. 12. Diagrams for calculation of depth H according to $X_{minL} - X_{max}$ for area west of Belgrade.


H/h
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 120
Xmin L - X0 L / h
b/h = 0.5; 0.75; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 30


H/h
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 120
Xmin L - Xm0 L / h
b/h = 3.0; 25; 2.0; 1.5; 1.0; 0.75; 0.5

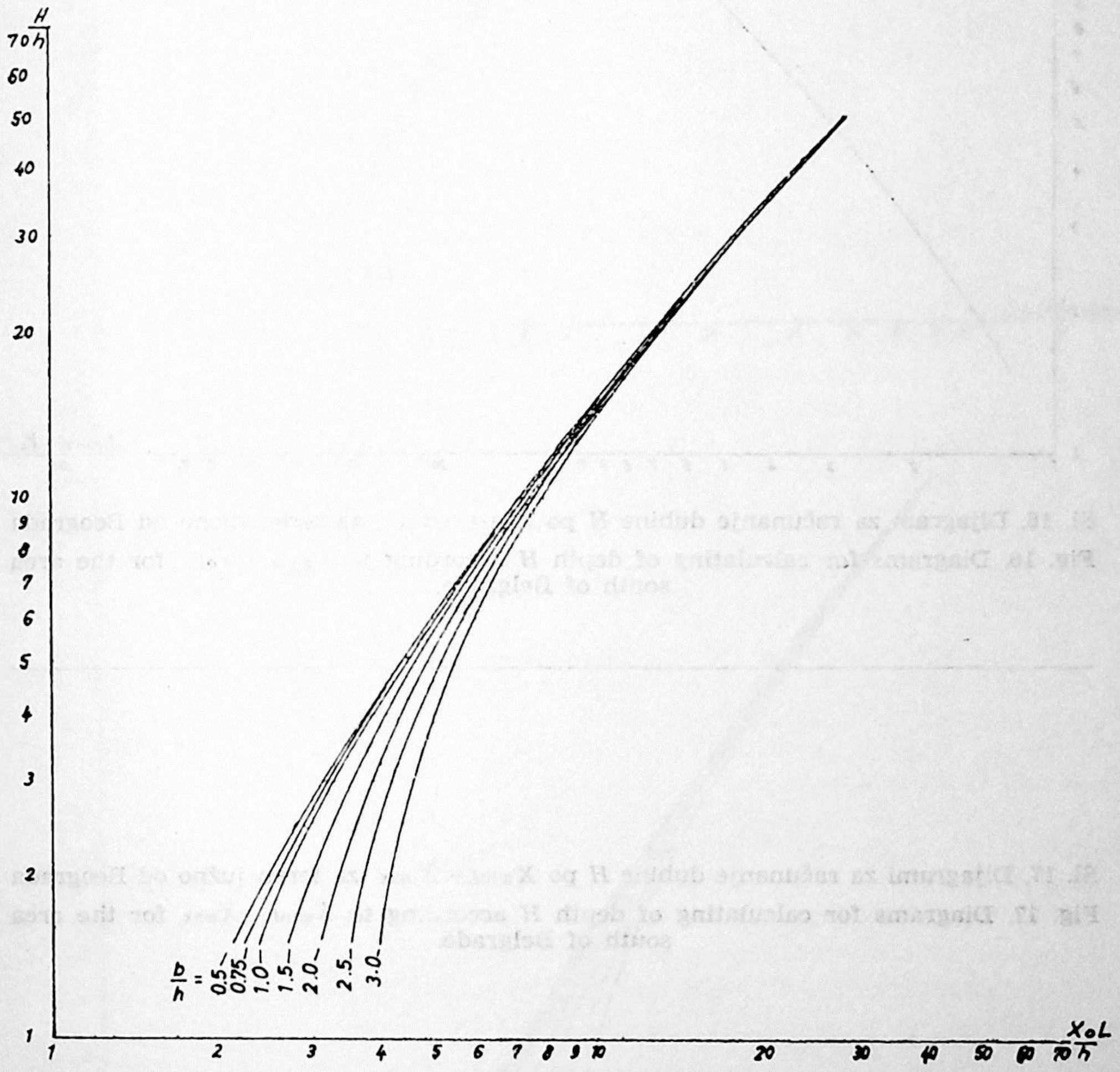

K/h
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
$\frac{x_{minD} - x_{minL}}{h}$
$\frac{b}{h}$ =
0.5
0.75
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
K/h
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70
$\frac{x_{minL}}{h}$
$\frac{b}{h}$ =
0.5
0.75
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0

Sl. 13. Dijagrami za računanje dubine H po $X_{minD}-X_{minL}$ za teren zapando od Beograda

Fig. 13. Diagrams for calculation of depth H according to $X_{minD}-X_{minL}$ for area west of Belgrade.

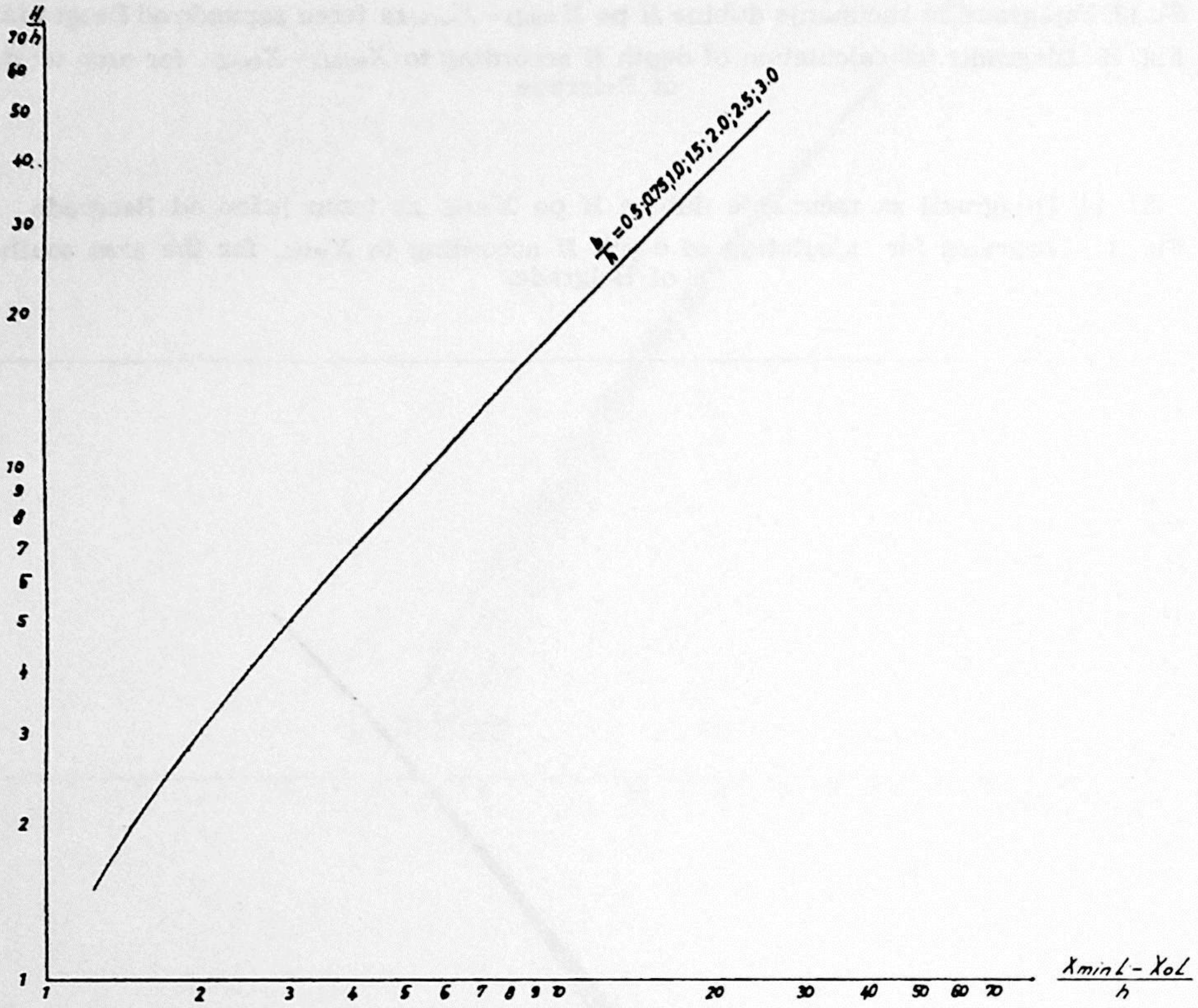
Sl. 14. Dijagrami za računanje dubine H po X_{minL} za teren južno od Beograda

Fig. 14. Diagrams for calculating of depth H according to X_{minL} for the area south of Belgrade.



Sl. 15. Dijagrami za računanje dubine H po X_{oL} za teren južno od Beograda

Fig. 15. Diagrams for calculating of depth H according to X_{oL} for the area south of Belgrade.



Sl. 16. Dijagram za računanje dubine H po $X_{minL}-X_{oL}$ za teren južno od Beograda

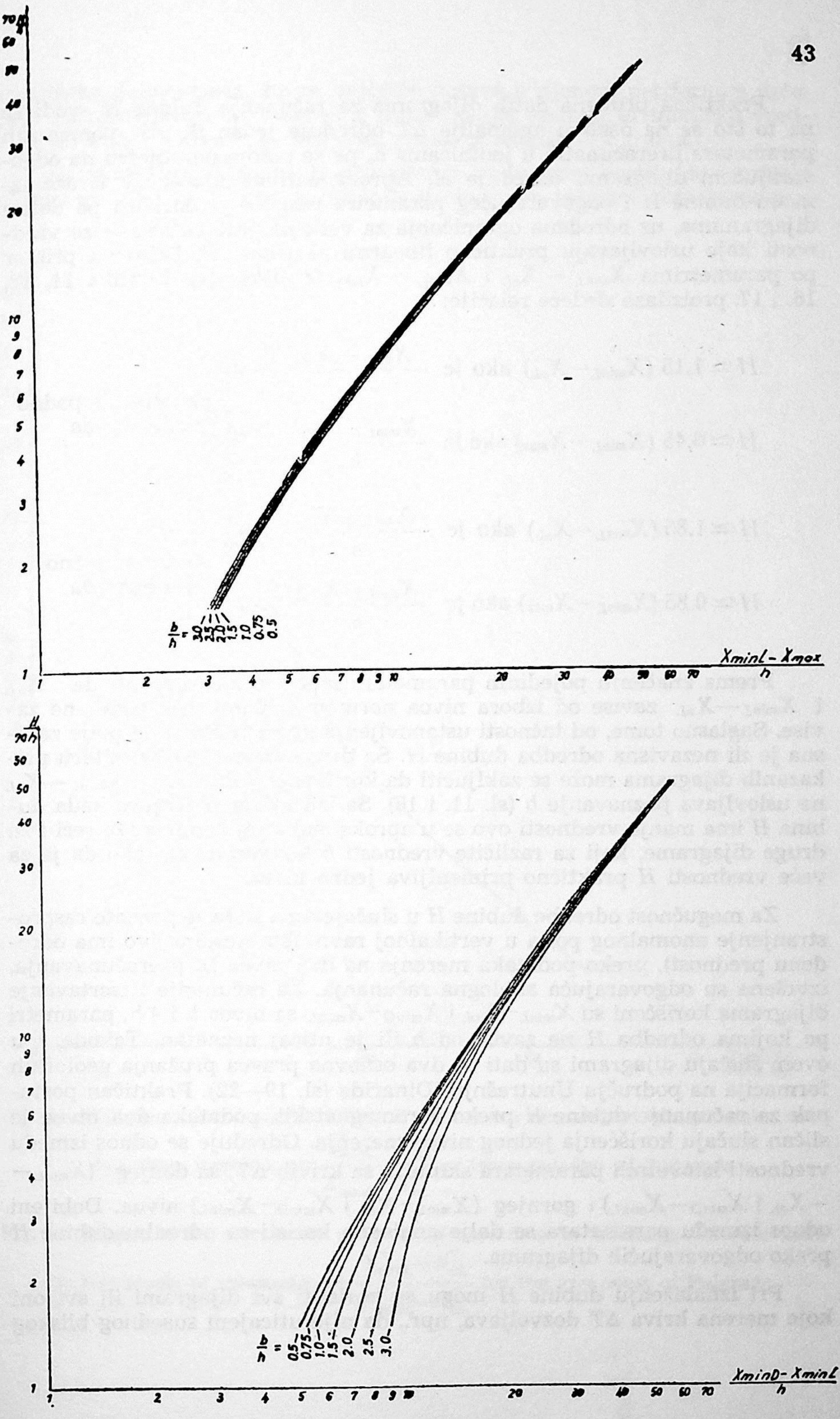
Fig. 16. Diagrams for calculating of depth H according to $X_{minL}-X_{oL}$ for the area south of Belgrade.

Sl. 17. Dijagrami za računanje dubine H po $X_{minL}-X_{max}$ za teren južno od Beograda

Fig. 17. Diagrams for calculating of depth H according to $X_{minL}-X_{max}$ for the area south of Belgrade.

Sl. 18. Dijagrami za računanje dubine H po $X_{minD}-X_{minL}$ za teren južno od Beograda

Fig. 18. Diagrams for calculating of depth H according to $X_{minD}-X_{minL}$ for the area south of Belgrade.


H
70 h
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70 h
Xmin1 - Xmax
b/h = 3.0 2.5 2.0 1.5 1.0 0.75 0.5
H
70 h
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70
XminD - XminL / h
≥ b/h = 0.5 0.75 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0

Praktična primena datih dijagrama za računanje dubine H svodi se na to što se na osnovu anomalije ΔT određuje jedan ili više pomenutih parametara preračunatih u jedinicama h, pa se potom parametru na odgovarajućem dijagramu određuje H. Aproksimativne analitičke izraze između dubine H i odgovarajućeg parametra moguće je odrediti po datim dijagramima, uz određena ograničenja za veličine parametara — za vrednosti koje uslovljavaju praktično linearnu zavisnost H. Tako na primer po parametrima $X_{\min L} - X_{oL}$ i $X_{\min L} - X_{\max}$ iz dijagrama sa slika 11, 12, 16. i 17. proizilaze sledeće relacije:

$$\left.\begin{array}{l} H \simeq 1{,}15\,(X_{\min L} - X_{oL}) \text{ ako je } \dfrac{X_{\min L} - X_{oL}}{h} > 5 \\ H \simeq 0{,}45\,(X_{\min L} - X_{\max}) \text{ ako je } \dfrac{X_{\min L} - X_{\max}}{h} > 8 \end{array}\right\} \text{za teren zapadno od Beograda}$$

$$\left.\begin{array}{l} H \simeq 1.85\,(X_{\min L} - X_{oL}) \text{ ako je } \dfrac{X_{\min L} - X_{oL}}{h} > 3 \\ H \simeq 0.85\,(X_{\min L} - X_{\max}) \text{ ako je } \dfrac{X_{\min L} - X_{\max}}{h} > 7 \end{array}\right\} \text{za teren južno od Beograda}$$

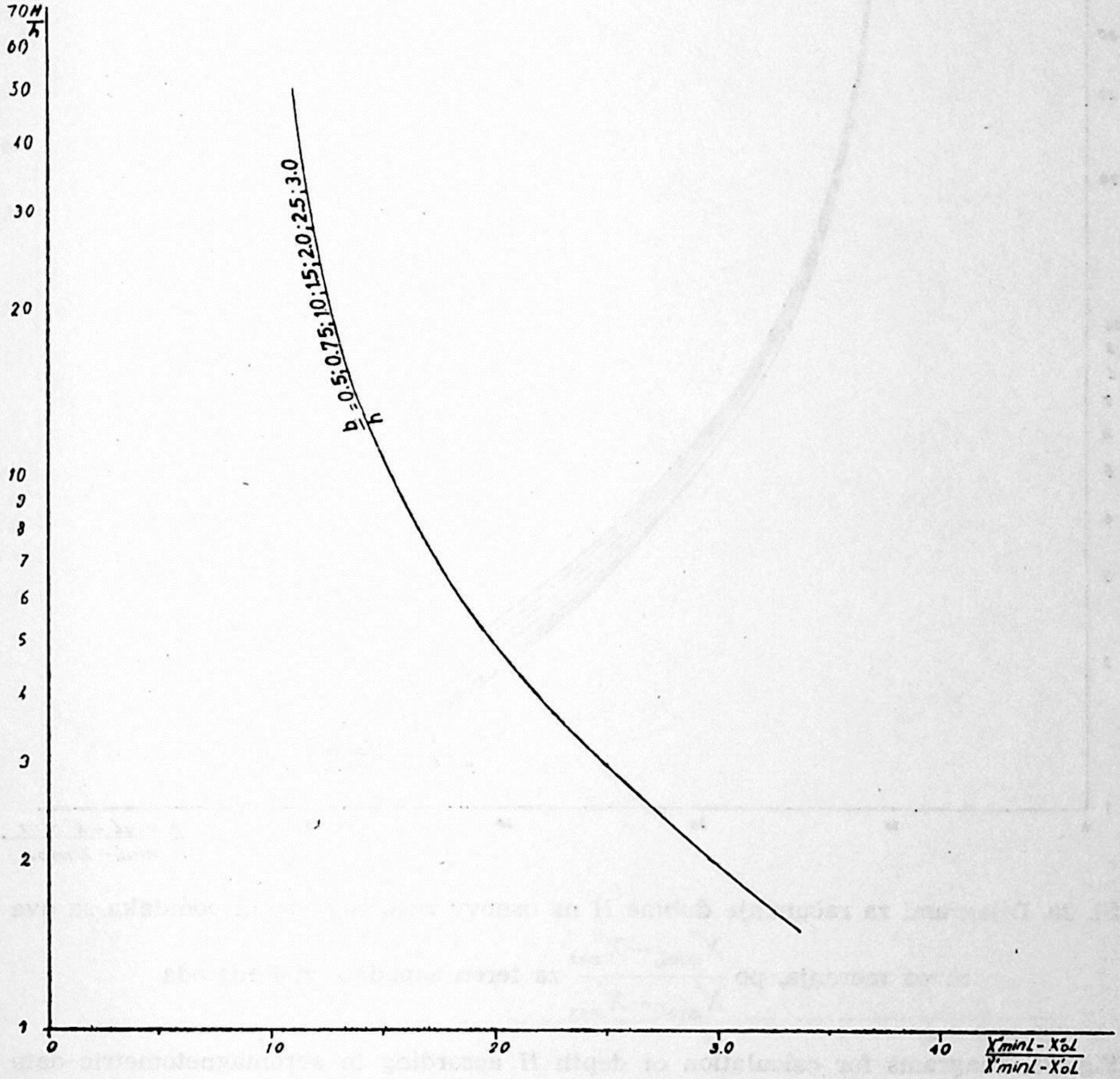
Prema značenju pojedinih parametara može se konstatovati da X_{oL} i $X_{\min L} - X_{oL}$ zavise od izbora nivoa normalnog polja, dok ostali ne zavise. Saglasno tome, od tačnosti ustanovljenja nivoa normalnog polja zavisna je ili nezavisna odredba dubine H. Sa druge strane, po karakteru prikazanih dijagrama može se zaključiti da korišćenje parametra $X_{\min L} - X_{oL}$ ne uslovljava poznavanje b (sl. 11. i 16). Sa izuzetkom slučajeva kada dubina H ima manje vrednosti ovo se u aproksimativnoj formi može reći i za druge dijagrame, koji za različite vrednosti b konvergiraju, tako da je za veće vrednosti H praktično primenljiva jedna kriva.

Za mogućnost odredbe dubine H u slučajevima kada je poznato rasprostranjenje anomalnog polja u vertikalnoj ravni (što nesumnjivo ima određenu prednost), preko podataka merenja na dva nivoa ili preračunavanja, izvršena su odgovarajuća analogna računanja. Za računanje i iscrtavanje dijagrama korišćeni su $X_{\min L} - X_{oL}$ i $X_{\min D} - X_{\min L}$ sa nivoa h i $4\,h$, parametri po kojima odredba H ne zavisi od b ili je uticaj neznatan. Takođe, i u ovom slučaju dijagrami su dati za dva osnovna pravca pružanja geoloških formacija na području Unutrašnjih Dinarida (sl. 19—22). Praktičan postupak za računanje dubine H preko aeromagnetskih podataka dva nivoa je sličan slučaju korišćenja jednog nivoa merenja. Određuje se odnos između vrednosti istovetnih parametara skinutih sa krivih ΔT, sa donjeg $(X'_{\min L} - X_{oL}$ i $X'_{\min D} - X'_{\min L})$ i gornjeg $(X''_{\min L} - X''_{oL}$ i $X''_{\min D} - X''_{\min L})$ nivoa. Dobijeni odnos između parametara se dalje analogno koristi za odredbu dubine H preko odgovarajućih dijagrama.

Pri iznalaženju dubine H mogu se koristiti svi dijagrami ili svi oni koje merena kriva ΔT dozvoljava, npr., da nije uticajem susednog bliskog

uzročnika deformisana, što se najčešće dešava u njenom perifernom delu. Kao najverovatniju vrednost za H treba usvojiti srednju aritmetičku vrednost od svih vrednosti H dobijenih preko pojedinih dijagrama.

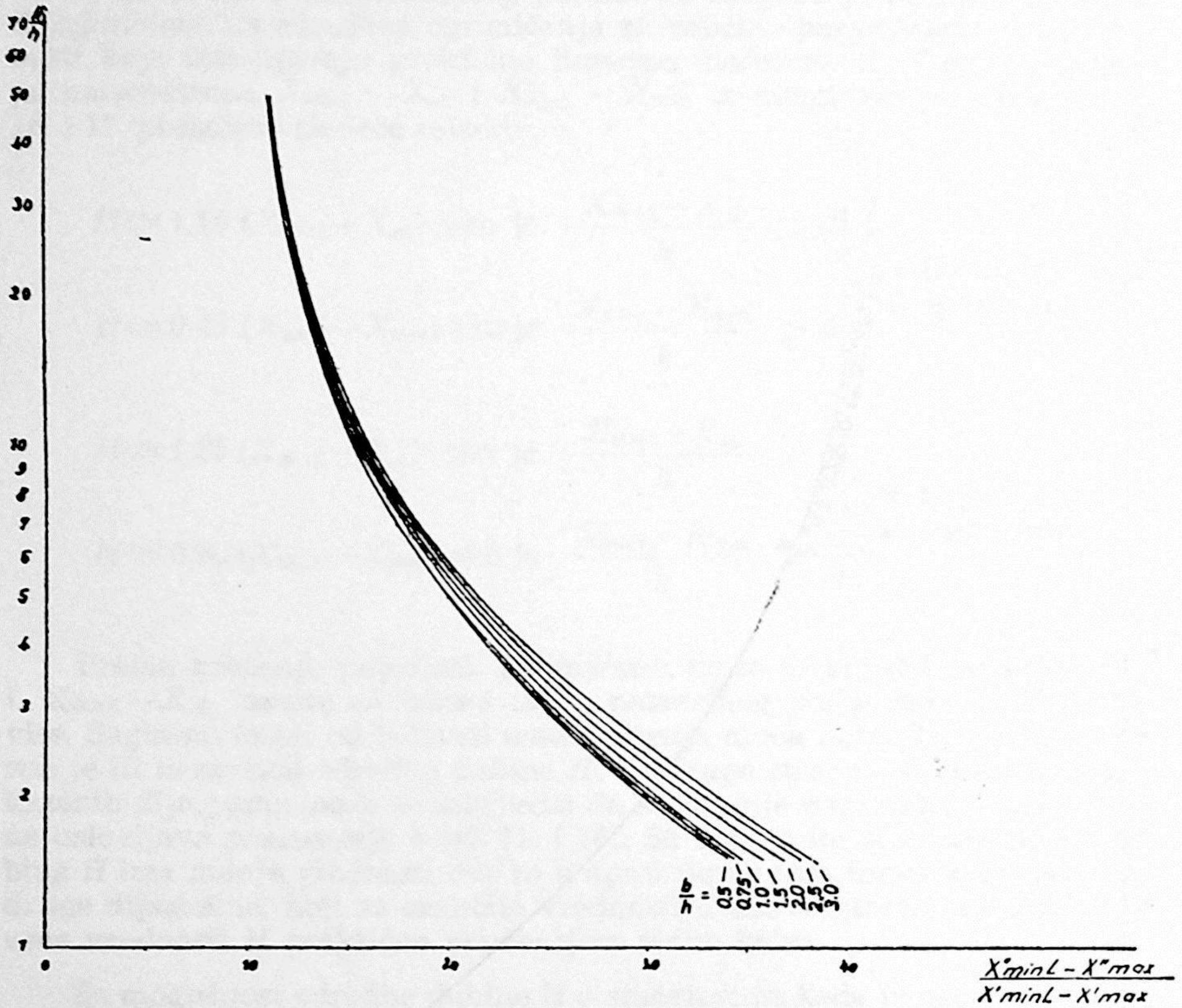
Za određivanje dubine H prikazanim postupkom koriste se teoretski dijagrami tako da tačnost računanja H odgovara tačnosti koja se postiže



Sl. 19. Dijagram za računanje dubine H na osnovu aeromagnetskih podataka sa dva nivoa merenja, po $\frac{X''_{minL}-X''_{oL}}{X'_{minL}-X'_{oL}}$ za teren zapadno od Beograda

Fig. 19. Diagrams for calculation of depth H according to aeromagnetometric data for two levels of measurement, $\frac{X''_{minL}-X''_{oL}}{X'_{minL}-X'_{oL}}$ for the area west of Belgrade.

primenom analitičkih metoda kvantitativne interpretacije. Greške u ustanovljenju položaja karakterističnih tačaka, odnosno greške u odredbi vrednosti korišćenih parametara krive ΔT mogu usloviti greške u odredbi H.

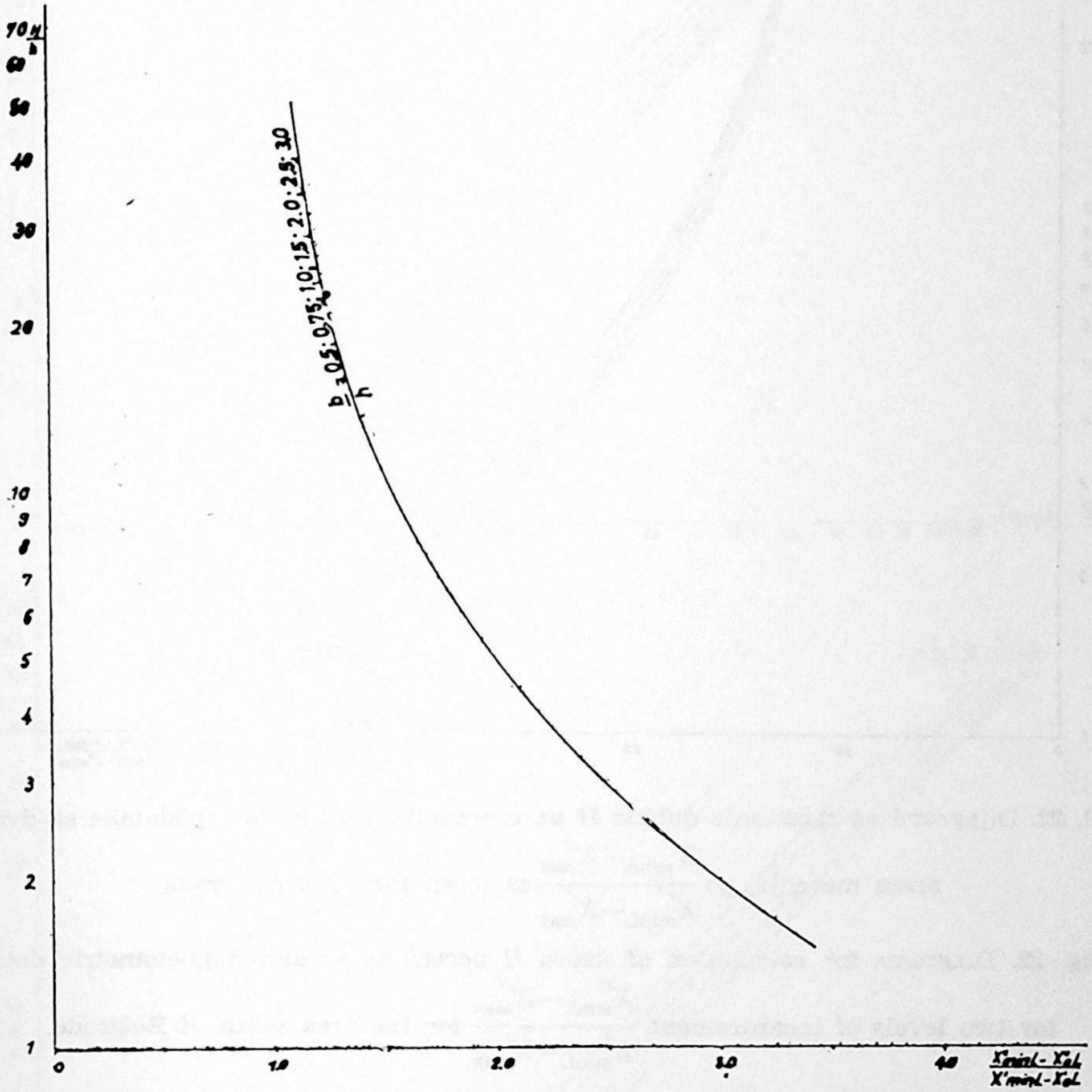


Sl. 20. Dijagrami za računanje dubine H na osnovu aeromagnetskih podataka sa dva nivoa merenja, po $\frac{X''_{minL}-X''_{max}}{X'_{minL}-X'_{max}}$ za teren zapadno od Beograda

Fig. 20. Diagrams for calculation of depth H according to aeromagnetometric data for two levels of measurement, $\frac{X''_{minL}-X''_{max}}{X'_{minL}-X'_{max}}$ for the area west of Belgrade.

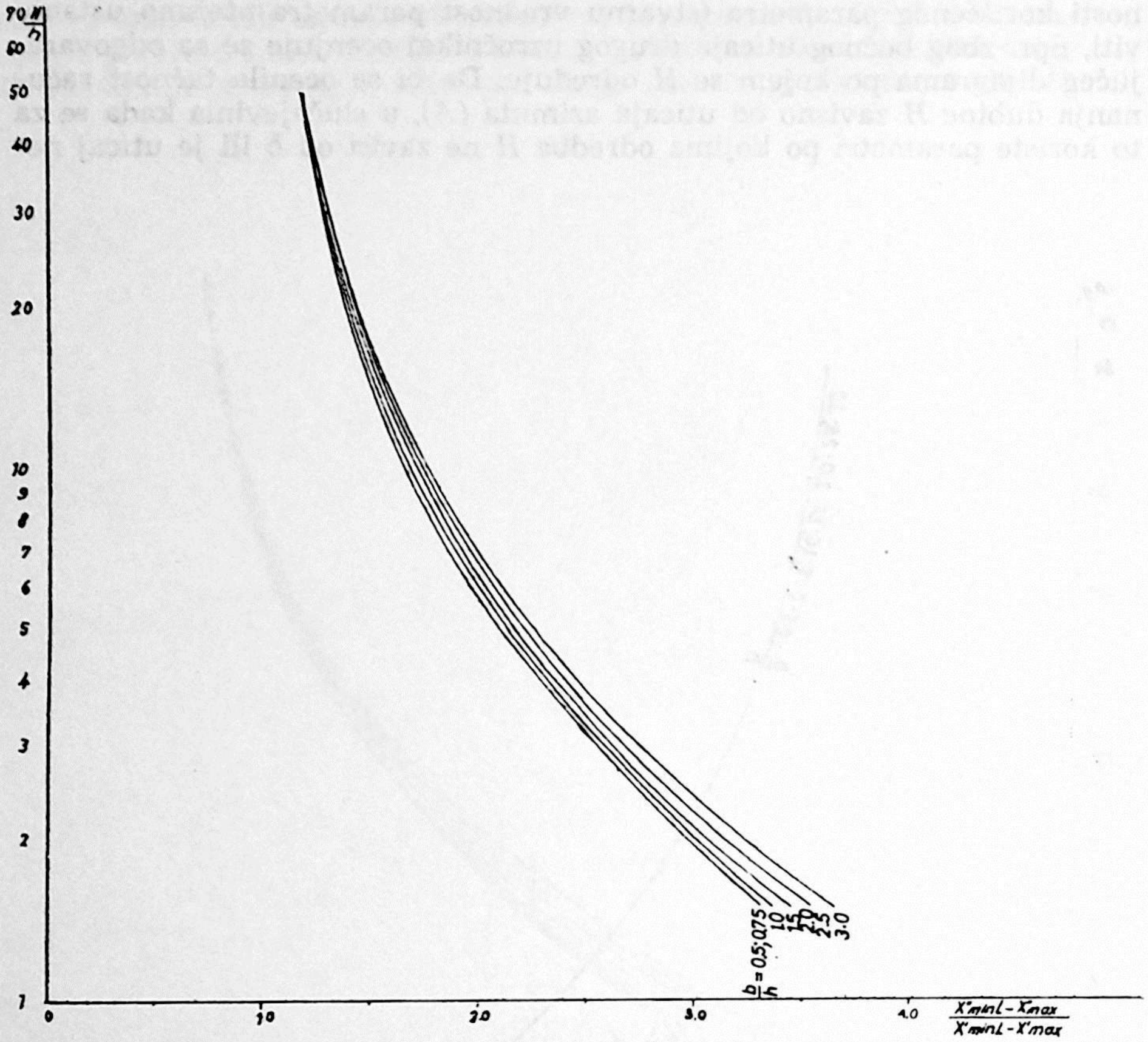
S obzirom da greška u navigaciji nije veća u proseku od 100 m, njen uticaj na odredbu dubine H je zanemarljiv, svakako u uslovima adekvatne forme uzročnika — vertikalnog »dvodimenzionalnog« debelog sloja. Inače, greška u računanju dubine H koju može usloviti eventualna greška u vred-

nosti korišćenog parametra (stvarnu vrednost parametra otežano ustanoviti, npr. zbog bočnog uticaja drugog uzročnika) ocenjuje se sa odgovarajućeg dijagrama po kojem se H određuje. Da bi se ocenila tačnost računanja dubine H zavisno od uticaja azimuta (A), u slučajevima kada se za to koriste parametri po kojima odredba H ne zavisi od b ili je uticaj ne-



Sl. 21. Dijagram za računanje dubine H na osnovu aeromagnetskih podataka sa dva nivoa merenja, po $\frac{X''_{minL} - X''_{oL}}{X'_{minL} - X'_{oL}}$ za teren južno od Beograda

Fig. 21. Diagrams for calculation of depth H according to aeromagnetometric data for two levels of measurement, $\frac{X''_{minL} - X''_{oL}}{X'_{minL} - X'_{oL}}$ for the area south of Belgrade.



Sl. 22. Dijagrami za računanje dubine *H* na osnovu aeromagnetskih podataka sa dva nivoa merenja, po $\frac{X''_{minL}-X''_{max}}{X'_{minL}-X'_{max}}$ za teren južno od Beograda

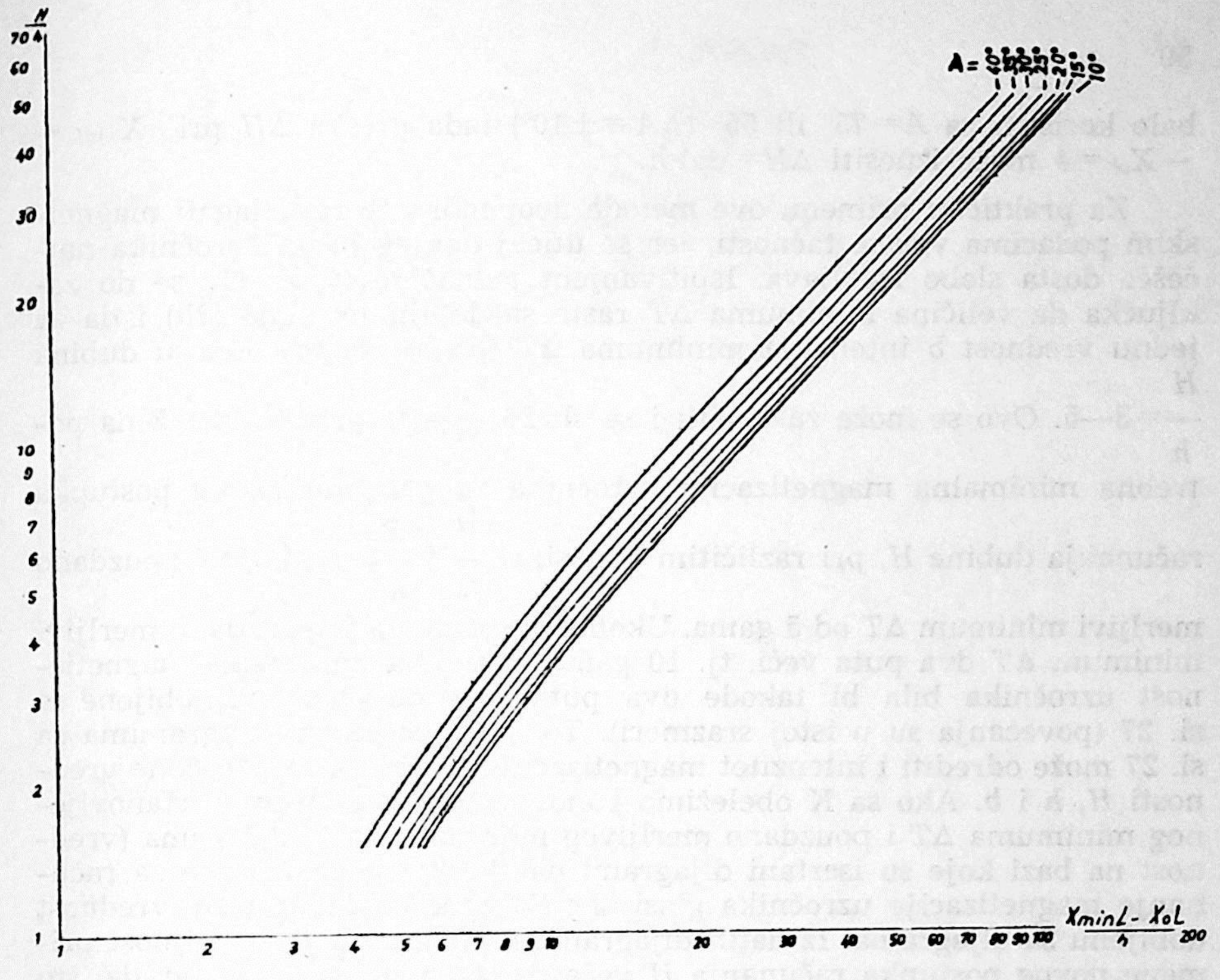
Fig. 22. Diagrams for calculation of depth *H* according to aeromagnetometric data for two levels of measurement, $\frac{X''_{minL}-X''_{max}}{X'_{minL}-X'_{max}}$ for the area south of Belgrade.

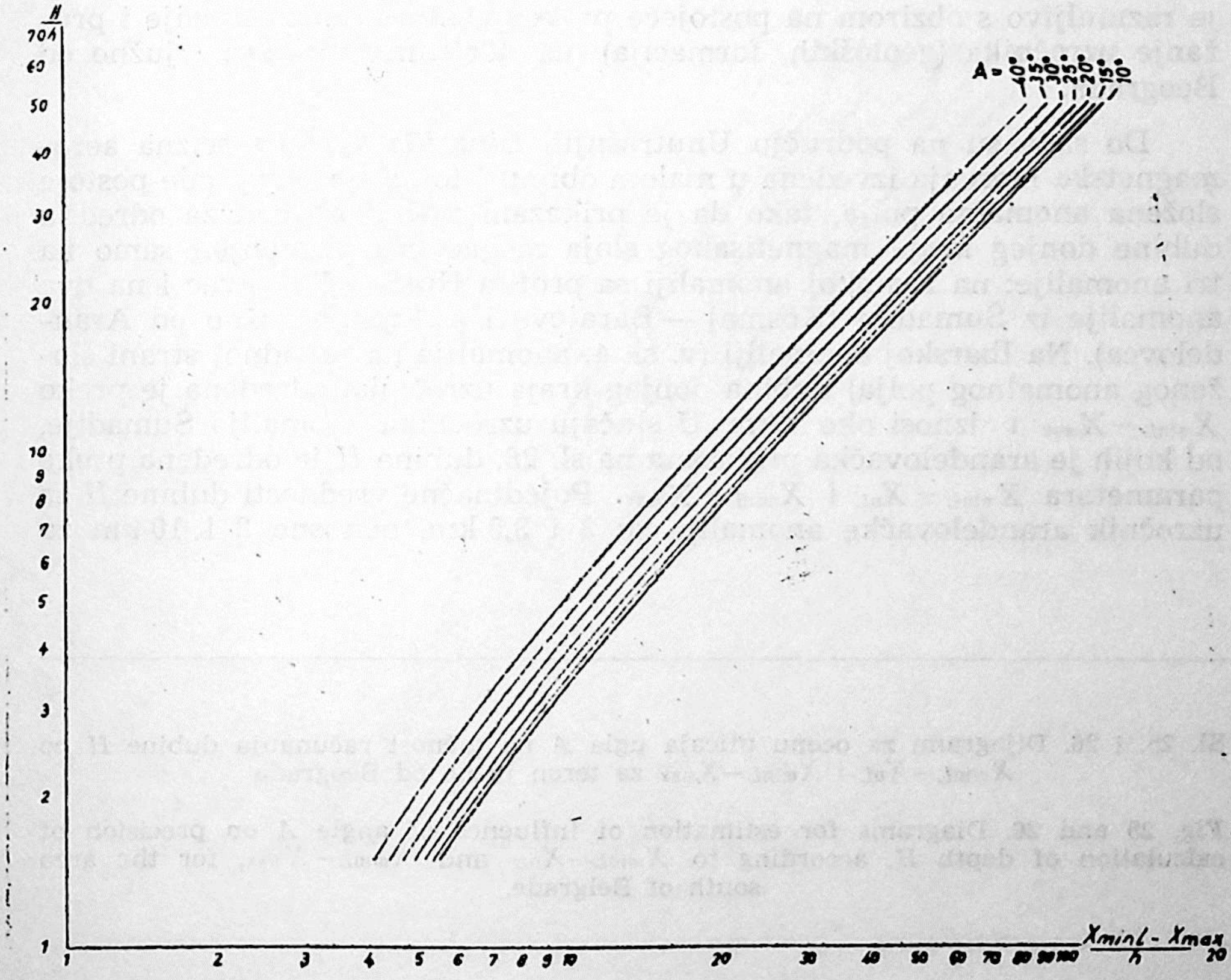
znatan, izvršena su odgovarajuća računanja i iscrtavanja dijagrama za različite uglove *A* (v. sl. 23—26). Na primer, ukoliko je za računanje dubine *H* korišćen dijagram preko parametra $X_{minL} - X_{oL}$ za $A=65°$ a tre-

---

Sl. 23. i 24. Dijagrami za ocenu uticaja ugla *A* na tačnost računanja dubine *H* po $X_{minL}-X_{oL}$ i $X_{minL}-X_{max}$ za teren zapadno od Beograda

Fig. 23 and 24. Diagrams for estimation of influence of angle *A* on precision of calculation of depth *H*, according to $X_{minL}-X_{oL}$ and $X_{minL}-X_{max}$, for the area west of Belgrade.


N/h
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
A = 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40°
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 200
Xmin L - Xo L / h


N/h
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
A = 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40°
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 200
Xmin L - Xmax / h

balo koristiti za $A=75°$ ili $55°$ ($\Delta A=\pm 10°$) tada greška ΔH pri $X_{minL}-X_{oL}=4$ može iznositi $\Delta H=\pm 1\,h$.

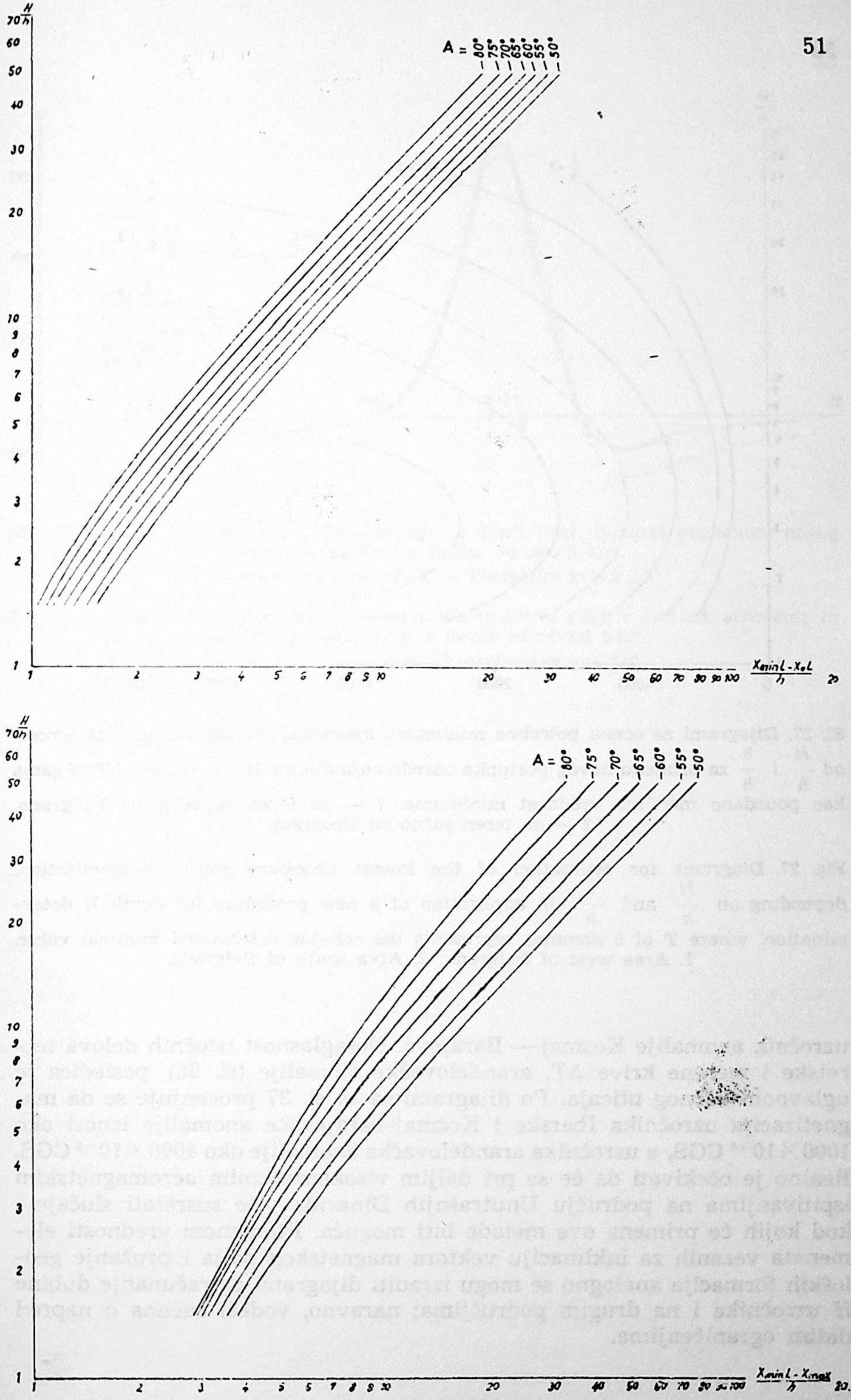
Za praktičnu primenu ove metode neophodno je raspolagati magnetskim podacima visoke tačnosti, jer se uticaj donjeg kraja uzročnika najčešće dosta slabo ispoljava. Ispitivanjem jednačine (6) dolazi se do zaključka da veličina minimuma ΔT raste sa debljinom sloja ($2b$) i da za jednu vrednost b intenzitet minimuma ΔT je najveći pri odnosu dubina $\frac{H}{h}=3—5$. Ovo se može zaključiti i sa sl. 27, gde je grafički izražena potrebna minimalna magnetizacija uzročnika za primenu novog postupka računanja dubine H, pri različitim odnosima $\frac{H}{h}$ i $\frac{b}{h}$, usvajajući pouzdano merljivi minimum ΔT od 5 gama. Ukoliko se uzme da je pouzdano merljivi minimum ΔT dva puta veći, tj. 10 gama, potrebna minimalna magnetičnost uzročnika bila bi takođe dva puta veća od vrednosti dobijene sa sl. 27 (povećanja su u istoj srazmeri). To znači da se po dijagramima sa sl. 27 može odrediti i intenzitet magnetizacije uzročnika za određene vrednosti H, h i b. Ako sa K obeležimo odnos između merenjima ustanovljenog minimuma ΔT i pouzdano merljivog minimuma ΔT od 5 gama (vrednost na bazi koje su iscrtani dijagrami na sl. 27), onda formula za računanje magnetizacije uzročnika glasi: $J=KJ_d$ gde J_d predstavlja vrednost dobijenu sa dijagrama. Iz datih dijagrama proizilazi da je povoljnost primene novog postupka računanja H veća za teren južno od Beograda, što je razumljivo s obzirom na postojeće pravce vektora magnetizacije i pružanje uzročnika (geoloških formacija) na terenima zapadno i južno od Beograda.

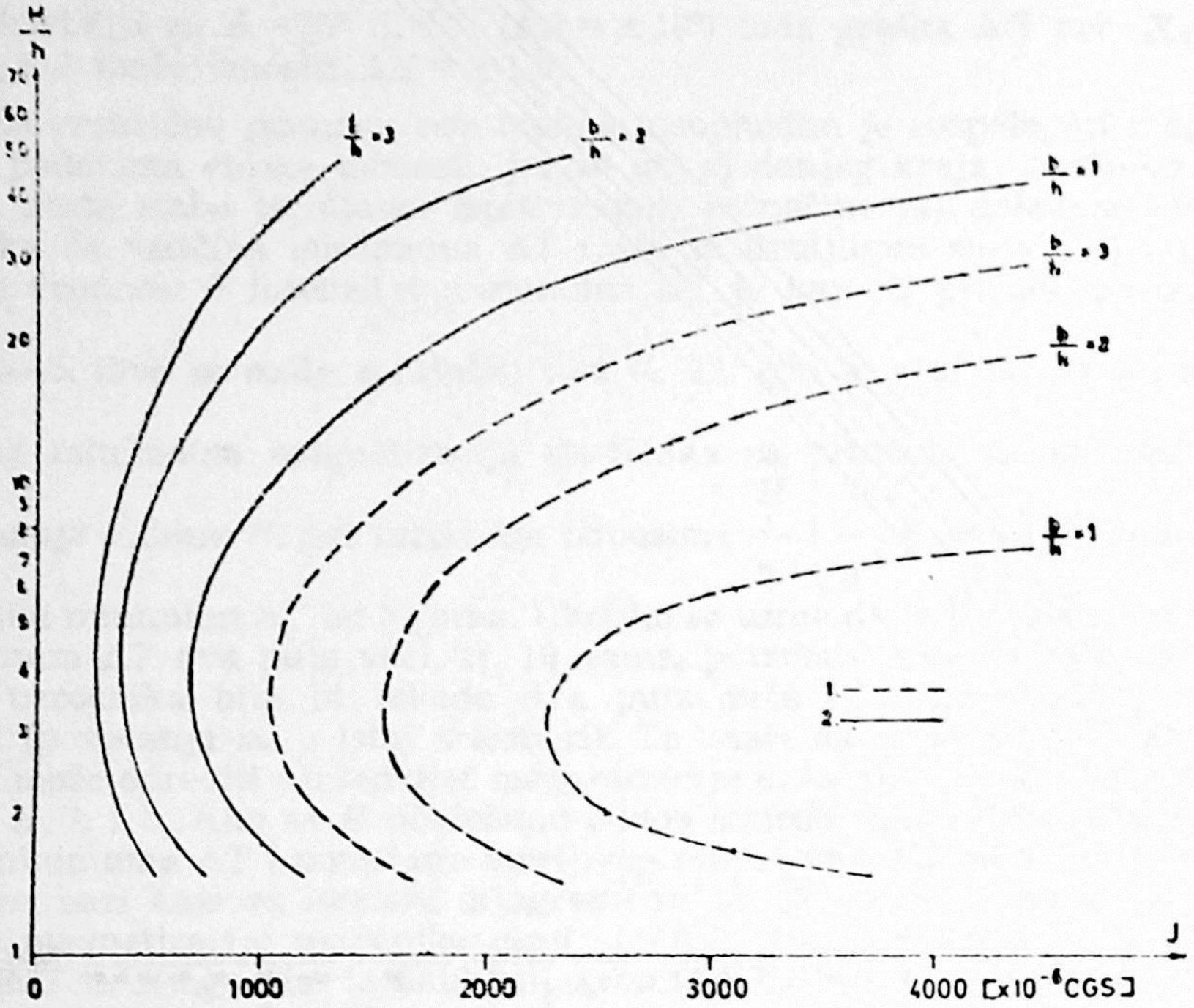
Do sada su na području Unutrašnjih Dinarida visokoprecizna aeromagnetska merenja izvedena u malom obimu i to na terenima gde postoje složena anomalna polja, tako da je prikazani novi postupak za odredbu dubine donjeg kraja magnetisanog sloja mogao biti primenjen samo na tri anomalije: na Ibarskoj anomaliji sa profila Hum — Kruševac i na dve anomalije iz Šumadije (Kosmaj — Barajevo i anomalija južno od Aranđelovca). Na Ibarskoj anomaliji (v. sl. 4, anomalija na zapadnoj strani složenog anomalnog polja) dubina donjeg kraja uzročnika određena je preko $X_{minL}-X_{max}$ i iznosi oko 7 km. U slučaju uzročnika anomalija Šumadije, od kojih je aranđelovačka prikazana na sl. 28, dubina H je određena preko parametara $X_{minL}-X_{oL}$ i $X_{minL}-X_{max}$. Pojedinačne vrednosti dubine H za uzročnik aranđelovačke anomalije su 3 i 3,5 km, odnosno 8 i 10 km za

---

Sl. 25. i 26. Dijagrami za ocenu uticaja ugla A na tačnost računanja dubine H po $X_{minL}-X_{oL}$ i $X_{minL}-X_{max}$ za teren južno od Beograda

Fig. 25 and 26. Diagrams for estimation of influence of angle A on precision of calculation of depth H, according to $X_{minL}-X_{oL}$ and $X_{minL}-X_{max}$, for the area south of Belgrade.

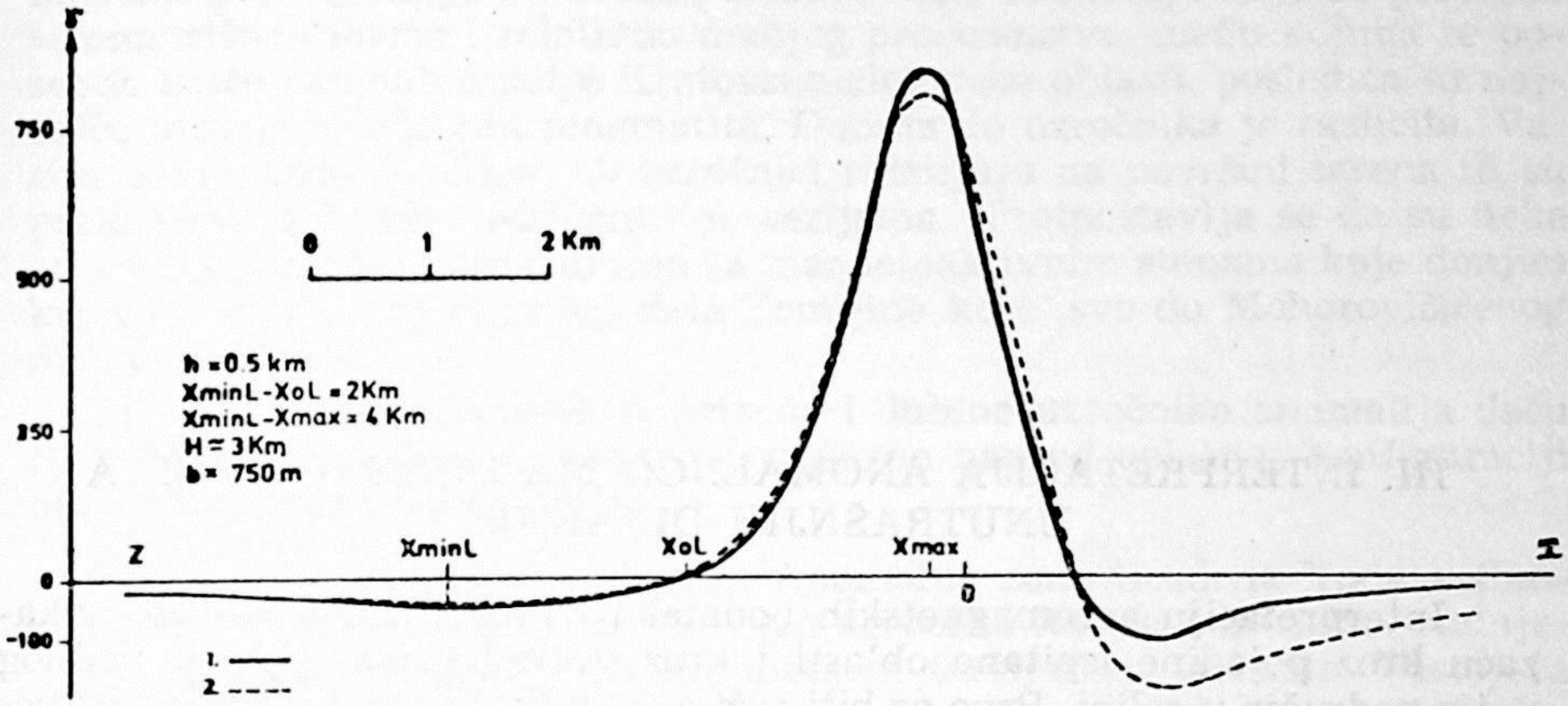

H/h
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
A = 80° 75° 70° 65° 60° 55° 50°
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Xmin L - X0 L / l1
H/h
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
A = -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50°
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Xmin L - Xmax / h
20.



Sl. 27. Dijagrami za ocenu potrebne minimalne magnetizacije uzročnika, u zavisnosti od $\frac{H}{h}$ i $\frac{b}{h}$ za primenu novog postupka određivanja dubine H, usvajajući $\Delta T = 5$ gama kao pouzdano merljivu vrednost minimuma. 1 — za teren zapadno od Beograda, 2 — za teren južno od Beograda

Fig. 27. Diagrams for estimation of the lowest necessary source magnetization, depending on $\frac{H}{h}$ and $\frac{b}{h}$, in application of a new procedure for depth H determination, where T of 5 gammas represents the reliable determined minimal value. 1. Area west of Belgrade; 2. Area south of Belgrade.

uzročnik anomalije Kosmaj — Barajevo. Nesaglasnost istočnih delova teoretske i merene krive ΔT, aranđelovačke aiomalije (sl. 28), posledica je uglavnom bočnog uticaja. Po dijagramima sa sl. 27 procenjuje se da magnetizacija uzročnika Ibarske i Kosmaj-barajevske anomalije iznosi oko 1000×10^{-6} CGS, a uzročnika aranđelovačke anomalije oko 4000×10^{-6} CGS. Realno je očekivati da će se pri daljim visokopreciznim aeromagnetskim ispitivanjima na području Unutrašnjih Dinarida više susretati slučajevi kod kojih će primena ove metode biti moguća. Promenom vrednosti elemenata vezanih za inklinaciju vektora magnetskog polja i pružanje geoloških formacija analogno se mogu izraditi dijagrami za računanje dubine H uzročnika i na drugim područjima; naravno, vodeći računa o napred datim ograničenjima.



Sl. 28. Anomalija izazvana uzročnikom čiji se donji kraj, računat primenom novog postupka, nalazi na dubini od oko 3 km.

1 — Merena kriva ΔT; 2 — Teoretska kriva ΔT

Fig. 28. The anomaly produced by a source which lower part is located, according to the new procedure, at a depth of about 3 km.

1. Measured curve; 2. Theoretical curve ΔT.

III. INTERPRETACIJA ANOMALNOG MAGNETSKOG POLJA UNUTRAŠNJIH DINARIDA

Interpretaciju aeromagnetskih podataka Unutrašnjih Dinarida prikazaću kroz pojedine ispitane oblasti i kroz geološko značenje anomalnog polja područja u celini. Prvo će biti reči o litološkoj prirodi i dubini uzročnika anomalija a zatim o tektonskim, magmatskim i metalogenetskim implikacijama anomalnog polja, uključujući i njihovo šire značenje u kontekstu nekih drugih geološko-geofizičkih podataka područja Unutrašnjih Dinarida i susednih regiona.

LITOLOŠKA PRIRODA I DUBINA UZROČNIKA ANOMALIJA

Odredba litološke prirode uzročnika ustanovljene konfiguracije anomalnog magnetskog polja Unutrašnjih Dinarida zasnovana je na podacima delimične provere anomalija, na poznavanju litološkog sastava terena i na raspoloživim podacima o magnetskim svojstvima pojedinih litoloških članova koji učestvuju u geološkoj građi terena. Dubine prekrivenih uzročnika određene su primenom različitih metoda interpretacije. Sračunate dubine su orijentacionog karaktera, jer anomalije su pretežno složene, izazvane su integralnim uticajem različitih litoloških uzročnika ili jednom istom vrstom stene ali sa različitim hipsometrijskim nivoom u pojedinim delovima (blokovska građa). Uzročnici se mogu samo grubo aproksimirati prostim formama za koje su razrađeni postojeći postupci interpretacije. Razumljivo je da bi u povoljnijim uslovima za kvantitativnu interpretaciju izvučene geološke informacije iz aeromagnetskih podataka bile još brojnije i potpunije.

Na početku treba istaći da napred konstatovanu priličnu poremećenost magnetskog polja Zemlje na području Unutrašnjih Dinarida uslovljavaju uglavnom baziti (prvenstveno serpentiniti) i delimično tercijarni magmatiti, što sasvim jasno proizilazi iz uporedne analize aeromagnetskih i geoloških karata, prostorne raspodele anomalnog polja u zavisnosti od geološkog sastava u recentnom erozionom nivou i magnetskih svojstava pojedinih litoloških članova.

Markantne anomalne zone na pravcima Đevđelija — Kovačica — Slavonske planine i Studena Voda — Maljen — Topusko, najverovatnije se nastavljaju i preko aeromagnetski neispitanih delova Unutrašnjih Dinarida, izazvane su skoro isključivo bazitima — serpentinitima, peridotitima, gabrovima i dijabazima. Baziti su uslovili i diskontinuirane anomalije na pravcu Dojran — Aleksandrovac — Kragujevac, saglasno njihovom mesti-

mičnom pojavljivanju na ovom potezu. Ostale anomalije koje su pretežno »izometrične« forme i relativno manjeg prostranstva, među kojima se posebno ističe anomalno polje Kratovsko-zletovske oblasti, posledica su najčešće uticaja tercijarnih magmatita. Dubina do uzročnika je različita. Varira u intervalu 0—3 km, tj. uzročnici izdanjuju na površini terena ili su prekriveni debelim sedimentnim serijama. Pretpostavlja se da su neke anomalije izazvane strukturama sa magnetoaktivnim stenama koje donjim krajem dopiru i do najnižeg dela Zemljine kore ,sve do Mohorovičićevog diskontinuiteta.

Detaljniji prikaz litološke prirode i dubine uzročnika anomalija daću po pojedinim ispitanim oblastima, saglasno napred opisanoj konfiguraciji anomalnog magnetskog polja.

Istočna Makedonija (prilog 1). Anomalna zona Studena Voda — Skoplje uslovljena je uglavnom uticajem serpentinita (sa oolitskim orudnjenjima gvožđa ponegde) i delom uticajem tercijarnih andezita. Postojeća različita slika između severnog i južnog dela terena posledica je činjenice da su na severnom delu serpentiniti najzastupljeniji, dok na južnom dominiraju andeziti, bez određenog pravca prostiranja i sa promenljivim magnetskim karakteristikama. Kontinuitet i prostranstvo anomalija odgovara kontinuitetu i prostranstvu serpentinskih masa. To znači da serpentiniti ne zahvataju veću površinu od anomalija, ali veću od one koja je naznačena na postojećim geološkim kartama, jer su delimično prekriveni mlađim sedimentima. Raspored i prostranstvo serpentinitskih zona, odnosno anomalija, uslovljeni su tektonsko-erozionim dejstvom ili primarnim rasprostranjenjem bazične magme. Aeromagnetska karta na ovom delu terena može znatno doprineti daljem istraživanju oolitskih ležišta. (Fe, Ni, Co).

Najizrazitiju anomalnu zonu istočne Makedonije, na potezu Đevđelija — Skopska Crna Gora izazvali su skoro isključivo baziti (gabrovi, dijabazi, serpentiniti). Do ovog zaključka nije bilo teško doći za anomalične delove terena gde su na površini zastupljene ove stene (masiv Dren — Boula, Skopska Crna Gora). Međutim, na ostalom prostoru Demir Kapija — Skopska Crna Gora, gde se na površini terena nalaze praktično nemagnetični tercijarni sedimenti, pitanje odredbe litološke prirode uzročnika je prividno otežano. Imajući u vidu da utvrđeni kontinuitet anomalija iznad otkrivenih masa bazita nije narušen ni na delu između njih, nad tercijarnim sedimentima, i da na nekim lokalitetima bazita izdanjuju na površini terena (Sušica, Serta), uticaju bazita pripisao sam (S. V u k a š i n o v i ć, 1963, 1966) i ostali deo anomalne zone Đevđelija — Skopska Crna Gora, ne isključujući i manji uticaj tercijarnih vulkanita. Dakle, interpretacijom aeromagnetskih podataka proistekao je zaključak da na potezu Đevđelija — Skopska Crna Gora baziti obrazuju kontinualnu zonu koja čini podlogu tercijarnim sedimentima. Za neke lokalitete sračunate su dubine bazita, odnosno debljine tercijarnog pokrivača iznad njih. Kao što se sa priloga vidi sračunate dubine dosta variraju, najveća dubina iznosi 1650 m. Napominjem da je kontinuitet bazita ispod tercijarnih sedimenata potvrđen kasnije (1966. god., dokumentacija »Naftagasa« — N. Sad) bušenjem i to saglasno dubini koja je kvantitativnom interpretacijom određena (kod Sv. Nikole sračunata dubina bazita iznosi 1350 m, dok je nedaleko bušenjem utvrđen gabro na dubini 1220 m).

Anomalije na pravcu Valandovo — Konče — Damjan izazvane su površinskim uzročnicima — bazitima (peridotitima, serpentinitima) na južnom delu zone i andezitima i magnetitskim orudnjenjem u rejonu Damjana. Delove anomalne zone prema Štipu uslovio je obodni pojas »Štipskog granita«, a deo prema Bučimu amfiboliti. Svi uzročnici su otkriveni na površini terena na kome su registrovane anomalije, tako da je njihova litološka priroda sasvim izvesna.

Zona diskontinuiranih anomalija na pravcu Dojran — Pantelej posledica je uticaja metamorfisanih gabrova i hloritsko-epidotski-amfibolskih škriljaca sa impregnacijama magnetita, uzročnika koji su otkriveni u recentnom erozionom nivou, na prostoru saglasno prostranstvu odgovarajućih anomalija.

Kratovsko-zletovsko anomalno područje (v. prilog 2) uslovili su uglavnom tercijarni vulkaniti (ignimbriti i andezito-daciti, čiji ispitivani primerci imaju prosečne vrednosti remanentne — J_r i indukovane — J_i magnetizacije oko 2000, odnosno 1700×10^{-6} CGS), posebno prostor Rajčani — Zletovo — Dobrevo — Oblovska Čuka na kome se prostire markantna anomalija pozitivnog znaka. Za sada se jedino pouzdano zna da su pored vulkanita postojanju anomalnog polja doprineli i gabrovi u rejonu Sv. Panteleja, gde su otkriveni na površini terena. Ima izgleda da su baziti bar delom uslovili anomalije i na pravcima Zubovica — Crni Vrh — Vrbica i Asanica — Kostomor — Lezovo. Na ovakav zaključak navodi određena, na veću dužinu izražena linijska forma ovih anomalnih zona koje se izvan Kratovsko-zletovske oblasti u pravcu SZ i JI nadovezuju na anomalije izazvane ovim stenama, što je posebno jasno izraženo kod druge zone prema Pčinji i Skopskoj Crnoj Gori, rejonima gde su na površini otkriveni serpentiniti.

Priština-kumanovska oblast (prilog 3). Markantna kontinualna anomalna zona na pravcu Skopska Crna Gora — Mramor posledica je uticaja bazita (serpentinita, gabrova, dijabaza) i delom trahitoleucita u rejonu Binačke Morave gde se pojavljuje »mozaičko« anomalno polje. Sve ove magnetične stene nalaze se na površini terena, po prostranstvu generalno koincidiraju sa anomalijama, može se očekivati njihova neznatna prekrivenost (obodnih delova).

Anomalije na pravcu Trbovce — G. Brnjica izazvane su serpentinitima i neizmenjenim vulkanitima (andezitima i trahileucitima), stenama koje su na ovom terenu prostorno blisko povezane. I serpentiniti i vulkaniti otkriveni su na površini terena, sa izuzetkom na delu terena Okosnice (istočno od Kišnice) gde su delimično prekriveni. Nema sumnje ovi baziti i vulkaniti sa prethodno pomenutim čine jedinstvenu regionalnu zonu magmatita koja se pruža na potezu Skopska Crna Gora — Kopaonik.

Anomalnu zonu na potezu Novo Brdo — Golemo Brdo uslovili su skoro isključivo andeziti, tj. njihovi delovi koji se odlikuju magnetičnošću. Jedino je anomaliju kod Novog Brda izazvala manja masa serpentinita. Svi uzročnici su otkriveni u recentnom erozionom nivou.

Trepča (prilog 4). Izdužena anomalna zona na potezu Zijača — Đidoma i manje promene ΔT intenziteta na istom pravcu prema Skočanskoj Čuki posledica su uticaja serpentinita i gabrova koji se na većem delu nalaze ispod tercijarne sedimentno-vulkanogene serije, na dubini oko 100 m.

Anomalije ΔT u predelu poznatih vulkanitskih masiva Majdana, Sokolice, Crnog Vrha, Kozjeg roga, Crnuše, Duhovca i Skočanske Čuke izazvane su vulkanitima, uglavnom svežim kvarclatitima (u proseku $J_r = 1600$ i $J_i = 1700 \times 10^{-6}$ CGS).

Mestimične promene ΔT na severnom i severoistočnom delu aerogeofizički ispitanog terena, rejonu Bajgore i Bunoglava, izazvane su magnetičnijim partijama dijabaza koji pretežno izgrađuju ove delove terena. Litološka priroda uzročnika ostalih anomalija odgovara vrsti stena koja je na dotičnom mestu naznačena na geološkoj karti (pretežno probojima i izlivima vulkanita).

Interesantno je napomenuti da je prilikom ranije (1961. god.) interpretacije anomalne zone u predelu Skočanska Čuka — Mirače postojala dilema u odredbi uzročnika, jer je prostranstvo anomalije izrazitog intenziteta daleko prevazilazilo granice rasprostranjenja kvarclatita naznačene na karti. Ipak, oslanjajući se na usputno prikupljene podatke aeroradiometrijskih ispitivanja zaključeno je da kvarclatiti moraju imati veće rasprostranjenje, približno jednako prostranstvu magnetske anomalije i anomalije gama radioaktivnosti, a što je rezultatima kasnijih istraživanja potvrđeno (M. Kandić i dr. 1970).

Kopaonik — Željin. Anomalno magnetsko polje uslovljavaju uglavnom serpentiniti, a samo delimično obodni delovi granodiorita i kontaktno izmenjeni škriljci, sa impregnacijama magnetita. Na Suvom rudištu i Suvoj Rudi izrazite lokalne anomalije ΔT intenziteta izazvale su skarnovske magnetitske rude gvožđa.

Šumadija (prilog 5). Shvatanje o verovatnim uzročnicima magnetskih anomalija Šumadije i njihovim dubinama izložiću po pojedinim napred izdvojenim delovima koji se karakterišu određenom konfiguracijom anomalnog polja (zapadni, srednji i istočni).

Na zapadnom delu anomalno polje uslovljavaju serpentiniti, vulkaniti, intruzivne stene i kristalasti škriljci.

Prostranu anomalnu zonu na pravcu Kotlenik — r. Čemernica izazvali su serpentiniti, s tim što su na području Kotlenika i vulkaniti dali svoj doprinos, koji se teško može odvojiti i tako zasebno analizirati. Serpentiniti su mahom prekriveni neogenim sedimentima. Rasedima su izdeljeni u blokove koji zauzimaju različite hipsometrijske nivoe. Radi složenosti magnetskog polja sračunate su samo dve dubine serpentinita ispod neogenih sedimenata; one iznose 1200 i 1300 m.

Anomalije na terenu Borača posledica su uticaja vulkanita, delimično i reversno namagnetisanih. Magnetični su samo pojedini manji delovi vulkanitskih masa pa otuda pojava »mozaičkog« anomalnog polja na prostoru vulkanita.

Relativno uska anomalna zona na pravcu Rajac — Rudnik u zapadnom delu izazvana je serpentinitima, koji dalje prema zapadu zauzimaju sve veće prostranstvo na površini terena. Njen dalji nastavak prema istoku, središnji deo, verovatno uslovljavaju vulkaniti, locirani u produžetku strukture sa serpentinitima. Istočni deo anomalne zone, Rudničku anomaliju, koja u osnovi ima drugi pravac pružanja, SZ—JI, izazvali su bez sumnje magmatiti. Ne bih je vezao za vulkanite tipa utvrđenih na površini terena s obzirom na sledeće činjenice: 1. sračunata dubina uzročnika je oko 500 m, 2. rudnička anomalija je pomerena u odnosu na otkrivene vul-

kanite za oko 2 km što je više nego što to inače uslovljava inklinacija vektora magnetizacije i 3. magnetska svojstva vulkanita utvrđenih na površini terena Šumadije su najčešće slabo izražena, nad njima anomalije nisu prisutne ili su razbijene (»mozaičko« anomalno polje). Pri sadašnjem stepenu poznavanja, bez raspoloživih brojnijih podataka o magnetskim osobinama stena, najrealnije je anomaliju vezati za uticaj neke na subvulkanskom ili hipoabisalnom nivou utisnute mase magmatita, koja bi se nalazila ispod recentnog erozionog nivoa. Teško je reći da li bi ovi magmatiti u osnovi bili vulkaniti posebnih karakteristika u odnosu na one na površini zastupljene ili bi pak u pitanju bili granitoidi u prilog čemu bi išli neki podaci geoloških istraživanja — kontaktne manifestacije i žični pratioci. Ipak, relativno malo prostranstvo anomalije, odnosno uzročnika i neki drugi elementi o kojima će nadalje biti reči, navode na veću verovatnoću u korist vulkanita čiji bi se sastav bar donekle razlikovao od onih utvrđenih na površini terena. Za ove neotkrivene magmate mogli bi se genetski vezati alteracioni i mineralizacioni procesi u Rudničkom području.

Vrlo verovatno da su slični, po sastavu i nivou, magmatiti izazvali anomaliju kod Živkovaca, na čijem prostranstvu po geološkoj karti nisu zastupljene magnetične stene. Ovakav zaključak o litološkoj prirodi uzročnika, čija je dubina oko 500 m, izvodim polazeći od shvatanja da se anomalija nalazi na istoj strukturnoj zoni kao Kotlenička i Rudnička, duž koje je dolazilo do magmatske aktivnosti, naročito na njenom preseku sa poprečnim dislokacijama.

Po geotektonskom položaju, intenzitetu i formi isti litološki uzročnik kao na Rudniku i Živkovcima mogao bi se pripisati i anomaliji u rejonu Venčana. Međutim, anomalija je registrovana direktno iznad otkrivenih vulkanita. Po magnetogramima ΔT sagledava se postojanje uske zone niske susceptibilnosti unutar magnetične mase i proizilazi da magnetična masa izlazi na površinu terena ili se njen gornji kraj nalazi neposredno ispod površine, na maksimalnoj dubini od 200 m. Dakle, u ovom slučaju ima izgleda da se relativno izrazitije magnetičnija vulkanitska masa nalazi na samoj površini terena. Ostaje otvoreno pitanje zašto bi izrazitije magnetični bili samo vulkaniti centralnog pojasa otkrivene mase vulkanita. Dok se ne prikupe brojniji podaci o magnetskim svojstvima magmatita, kada će sigurno mnoge dileme biti otklonjene, ipak izgleda verovatnije da je prisustvo izrazitije magnetisanih magmatita na pravcu Kotlenik — Rudnik — Živkovci — Venčani u vezi posebne i to vrlo verovatno kasnije faze magmatske aktivnosti u odnosu na onu koja je dala na površini terena slabije ili praktično nemagnetične vulkanite; pretpostavljam da se pomenuta strukturna zona na potezu Kotlenik — Rudnik — Živkovci produžava na sever do Venčana, gde se direktno ispoljava preko zone niske magnetičnosti unutar magnetične mase vulkanita, kao hidrotermalno izmenjena zona. Osnovnu orijentaciju površinskih vulkanita u rejonu Venčana i široj okolini u pravcu I—Z uslovljavaju poprečne strukture duž kojih je, u širem domenu presecišta sa razlomom na pravcu Kotlenik — Venčani, takođe dolazilo do izlivanja vulkanita.

Delimično sagledani parametri uzročnika anomalije u rejonu Venčana uticali su velikim delom da tretirane magnetične magmatite Rudnika i Živkovaca identifikujemo pre kao vulkanite nego kao granitoidne stene. U svakom slučaju ima opravdanja pretpostavci da se u rejonu relativno izrazitije magnetičnih magmatita nalaze vulkanitski koreni, saglasno po-

stavci da efektivno namagnetisanje raste sa približavanjem korenom delu vulkanita (A. Rivoš, G. Šejnberg, 1964).

Ostale anomalije na zapadnom delu Šumadije (područje Lazarevac — Brajkovac i dr.) nemaju neki veći značaj sa strukturnog aspekta. Posledica su uglavnom magnetske heterogenosti u kristalastoj seriji i uticaja manjih masa relativno magnetičnih vulkanita.

Na središnjem delu anomalije magnetskog polja izazvane su serpentinitima i granitoidnim stenama.

Jasno izraženu anomalnu zonu linijske forme na pravcu Gledić — Stragari — Kosmaj — Avala uslovili su serpentiniti, koji su na najvećem delu prekriveni sedimentima krede i neogena; na površini terena otkriveni su u vidu relativno manjih masa i to kod Stragara, Lipovice, Kosmaja i Avale. Kontinuitet serpentinita od Gledića do Avale i dalje na sever nesumnjivo proističe iz kontinuiteta anomalne zone pozitivnog znaka. Uopšte, može se reći da prostranstvo i intenzitet anomalnog magnetskog polja na središnjem delu Šumadije odražava zastupljenost i hipsometrijski nivo serpentinita. Za dva lokaliteta sračunate su dubine do prekrivenih serpentinita; one iznose 400 m na Glediću i 2300 m — rejonu Ralje. Primenom napred prikazanog postupka, sračunao sam da dubina donjeg kraja serpentinitske mase južno od Aranđelovca iznosi oko 3 km.

Geološka priroda uzročnika anomalne zone na području Kosmaj — Barajevo najverovatnije odgovara granitoidnom plutonitu, čije apikalne delove predstavljaju izdanci monconitskog granita Kosmaja (Rogača). S. Luković 1955. je granite Rogača okarakterisao kao apofize jednog dubljeg intruzivnog tela većih dimenzija. Razlog da anomalnu zonu vežem za uticaj plutonita nalazim u sledećim činjenicama: 1. Intenzitet magnetizacije uzročnika anomalije odgovara magnetskim svojstvima granita Rogača (remanentna magnetizacija 100×10^{-6} a indukovana 700×10^{-6} CGS); 2. maksimum anomalne zone se poklapa položajno sa izdancima granita; 3. sedimenti (krede i neogena) i vulkaniti sa područja anomalne zone su praktično nemagnetični; 4. prostranstvo i oblik anomalne zone ukazuju da bi prostorni elementi uzročnika mogli odgovarati plutonitu i 5. na više lokaliteta u području anomalije zapažene su kontaktno izmenjene stene i pojave žičnih ekvivalenata granitoidne magme. Dubina plutonita raste od Rogača prema Barajevu gde iznosi oko 2 km, s tim što je u predelu severozapadno od Guberevca prilično ujednačena. U rejonu ekstremnih vrednosti ΔT plutonit ima apikalne delove. Sračunata dubina 1,5 km na ekstremu kod Stojnika odnosi se na dubinu do osnovne mase uzročnika. Sračunata dubina donje granice osnovne mase plutonita iznosi oko 9 km. Prosečna širina plutonita — uzročnika anomalne zone Kosmaj — Barajevo iznosi oko 7 km. Po anomalnom polju ΔT ocenjuje se da je magnetizacija plutonita oko 1000×10^{-6} CGS.

Na istočnom delu anomalno magnetsko polje uslovljavaju magnetoaktivne stene kristalinika: gabrovi, dijabazi i uglavnom pojedine partije amfibolita i gnajseva koji u sebi sadrže i feromagnetične minerale. Litološka priroda uzročnika anomalija pretežno se da sagledati i po postojećim geološkim kartama. Od uzročnika ovih anomalija poseban strukturni značaj imaju baziti na pravcu Milutovac — Kragujevac o čemu će biti reči u narednom poglavlju. Neizvesnost u pogledu prirode uzročnika prividno se pojavljuje za anomalije severno od r. Rače (anomalna zona Smederevska Palanka — Smederevo), na čijem čitavom rasprostranjenju površinski

deo terena izgrađuju isključivo neogeni i kvartarni sedimenti, praktično nemagnetične stene. S obzirom na opšte strukturne karakteristike šireg regiona i činjenicu da teren severno od Rače predstavlja prekriven, potonuli deo Srpsko-makedonske mase, proizilazi da je anomalno polje uslovljeno superponovanim uticajem magnetičnih stena kristalinika. Dubina uzročnika približno varira od 1,0 do 1,6 km. Mada se na osnovu nekih geofizičkih podataka pretpostavlja (J. Petrović 1963) da je na terenu nešto severnije dubina paleoreljefa oko 500 m, ipak smatram da sračunate dubine približno odgovaraju dubinama paleoreljefa, odnosno da magnetno-aktivne stene izlaze na površinu paleoreljefa ili se nalaze neposredno ispod nje.

SZ Srbija (prilog 6). Opštu konfiguraciju anomalnog magnetskog polja, prostranstvo regionalnih, po intenzitetu slabih anomalnih polja pozitivnog i negativnog znaka i raspored pojedinih anomalija i anomalnih zona većeg intenziteta velikim delom uslovljava opšti raspored i nivo magmatskih i preneogenih sedimentnih stena. Iznad basena sa sedimentnim formacijama magnetsko polje je, najčešće, skoro normalno, sa pojedinačnim izuzecima u Mačvi i u rejonu Brđanskog kraja gde su anomalije uslovljene lokalnim litološkim sastavom, koji se razlikuje od okolnih nemagnetičnih neogenih sedimenata i paleozojskih glinenih škriljaca; ovi sedimenti i škriljci, sudeći po anomalnom polju, u ispitanoj oblasti imaju veliko prostranstvo.

Anomalni pojas Zvornik — Maljen uslovljavaju uglavnom baziti (dijabazi, gabrovi i serpentiniti). Na delu Boranje anomalije su izazvala i skarnovska magnetitska ležišta, zatim stene kontaktnog pojasa granodiorita i manjim delom miocenski vulkaniti (andeziti). Anomalijska zona ΔT izazvana bazitima lako se može identifikovati po geološkoj karti, po prostranstvu odgovarajućih stena — uzročnici su na površini terena.

Anomalnu zonu na pravcu Vlašić — r. Ljig nesumnjivo delom uslovljavaju paleozojski škriljci otkriveni u recentnom erozionom nivou. Pojedini maksimumi potiču od uticaja podpovršinskih (dubine više stotina metara) magnetičnijih blokova čija litološka priroda najverovatnije odgovara delu kristalastih škriljaca povećane magnetičnosti (delimično orudnjenim gvožđem?), ali ne može se sasvim isključiti ni magmatska priroda uzročnika. Isti zaključak može se odnositi i za pozitivno polje severno od Krupnja. Dalji delovi prividno iste anomalne zone na Ceru izazvane su verovatno uglavnom kontaktnim omotačem granitoidnog masiva, dok je pitanje uzročnika (dubine oko 1 km) anomalija Tršić — Jadarska Lešnica i Prnjavor dosta neizvesno. Prema nekim elementima, o kojima će biti reči nadalje, ima izgleda da su po sredi tercijarni magmatiti, po sastavu možda slični granitoidima Boranje i andezitima Podrinja. Istu konstataciju o litološkoj prirodi uzročnika, čija je osnovna masa na dubini takođe oko 1 km (jedan manji deo dopire blizu površine terena), ima opravdanja izreći i za anomaliju u rejonu Bogatića, koja se očito ne može povezati sa drugim anomalijama na pravcu Cer — Vlašić.

Anomalijama u rejonu Pričinovića, Šapca i Brđanskog kraja posebno je teško sa većim stepenom verovatnoće predvideti litološku prirodu uzročnika, pošto su izolovane i ne mogu se povezati sa određenim regionalnim geološkim strukturama. S obzirom da su kvartarni i neogeni sedimenti praktično nemagnetični, opravdano je kao uzročnika očekivati ma-

nje proboje magmatita ili paleozojske škriljce paleoreljefa koji bi se odlikovali nešto većom magnetskom susceptibilnošću. Kvantitativnom interpretacijom ustanovljeno je da su dubine uzročnika kod Pričinovića 400 m (do središta mase) i Brđanskog kraja 650 m.

Regionalni porast polja ΔT zapadno od Sremske Mitrovice uslovljava uzročnik koji se većim delom ili potpuno nalazi izvan granica aeromagnetski ispitanog terena. Prema opštem poznavanju geološke građe šireg područja, pretpostavljam da litološka priroda uzročnika najverovatnije odgovara bazitima.

Fruška Gora. Provera anomalija na ovom terenu nije uopšte vršena. Prema poznatom litološkom sastavu i opštem poznavanju magnetskih svojstava stena proizilazi da osnovni uzročnik anomalnom polju predstavljaju serpentiniti, koji kao i anomalije imaju generalni pravac pružanja skoro zapad—istok. Postojećoj konfiguraciji anomalnog polja doprineli su najverovatnije i vulkaniti — trahiti. Ima izgleda da su na pojedinim delovima škriljci u određenom stepenu obogaćeni magnetitom te da su kao takvi takođe izazvali anomalije.

Aeromagnetski profili

Vrbanja — Črnkovci (sl. 2). Složena anomalija Bosanske Krajine predstavlja superponovani uticaj više uzročnika, što se jasno zapaža po dijagramima ΔT oba nivoa merenja. Po razlici vrednosti ΔT na dijagramima, odnosno po dijagramu vertikalnog gradijenta, proizilazi da anomalno magnetsko polje uslovljavaju magnetnoaktivna tela koja su ograničena neposredno na površinu terena i uzročnici koji imaju veliko dubinsko rasprostranjenje. Prisustvo na površini terena serpentinita kao visoko magnetičnih stena i delimično magnetičnih dijabaza upućuje na zaključak da su ove stene uzročnici anomalnog magnetskog polja. Manja magnetična tela dijabaza uslovili su JZ deo anomalije Bosanske Krajine, dok su serpentiniti raspoređeni na površini terena i lokalizovani u dve dubinske zone izazvali najveći deo anomalije — izraženi su sa dva veća maksimuma na dijagramima ΔT oba nivoa.

Relativno prostrano povišenje ΔT intenziteta između Save i Londže prouzrokovalo je više uzročnika različitih po prostranstvu i položaju u odnosu na površinu terena. Sudeći po geološkom sastavu šireg područja Slavonskih planina, proizilazi da se uzročnici mogu identifikovati sa kristalastim stenama, magmatitima i serpentinitima, čiji je sumarni uticaj doprineo povećanju ΔT intenziteta između Save i Londže. Isto litološko značenje vezujem i za promene ΔT severoistočno od Londže, s tim što određena razlika proističe od stepena udaljenja magnetičnih stena u odnosu na merni nivo merenja, a što se morfološki ogleda u postojanju Dravskog rova i horstovskih planina Slavonije.

Javor — Srbobran (sl. 3). Izlažući o uzročnicima anomalnog polja SZ Srbije, iskazana je i litološka priroda Boranjske anomalije. Ovde ćemo samo istaći da ova anomalija predstavlja sumarni uticaj magmatskih stena sa magnetitskim orudnjenjima, s tim što bi donekle naglašeni dubinski karakter uzročnika anomalije poticao od bazita, koji imaju veće rasprostranjenje u dubini.

Fruškogorsko anomalno polje ispoljava se preko dve međusobno bliske anomalije. Za anomaliju neposredno iznad Fruške Gore napred je rečeno da njen osnovni uzročnik predstavljaju serpentiniti. Druga anomalija izazvana je uzročnikom koji je prekriven neogenim sedimentima debljine oko 1,1 km. Prema mom shvatanju geološke građe šireg regiona, litološka priroda i ove anomalije odgovara serpentinitima.

Srbobranska anomalija izazvana je prekrivenim uzročnikom, čija dubina iznosi oko 2 km ispod neogenih sedimenata. Litološka priroda uzročnika najverovatnije odgovara magmatitima — bazitima i drugim magmatskim stenama.

Hum — Kruševac (sl. 4). Složena kopaonička anomalija izazvana je najvećim delom serpentinitima. Dijagrami ΔT oba nivoa merenja i vertikalnog gradijenta ukazuju na relativno manje uzročnike iz površinskog dela terena i na uzročnike sa ili bez izdanaka, ali koji imaju veliko vertikalno rasprostranjenje. U prvom slučaju u pitanju su magnetičniji delovi magmatskih stena i površinske, kraljušaste mase serpentinita, a u drugom uglavnom serpentiniti. Serpentiniti su u osnovi locirani u dve zone: u pojasu Ibra i duž istočnog oboda granodioritskog masiva, SI od negativnog dela anomalije uslovljenog pravcem i nagibom vektora magnetizacije osnovne mase kompleksa magnetnoaktivnih stena Kopaonika. Prema proračunu dubina donjeg kraja serpentinske mase locirane zapadno od Ibra iznosi oko 7 km; susceptibilnost je oko 1000×10^{-6} CGS, što znači da su ovi serpentiniti najverovatnije alterisani.

Anomalija SI od reke Rasine, koja predstavlja zapadni deo kruševačkog anomalnog područja, izazvana je serpentinitima i dijabazima. Ostali po prostranstvu znatniji deo anomalnog područja posledica je uticaja kristalinika Srpsko-makedonske mase, koji je delom prekriven neogenim sedimentima.

Banja Luka — Osijek (sl. 5). Dve izrazite anomalije SI od Banja Luke izazvali su uglavnom serpentiniti, locirani u dve zone čije sam SZ produžetke već pominjao kao uzročnike anomalije Bosanske Krajine na profilu Vrbanja — Črnkovci.

Anomaliju iznad Motajice uslovili su graniti sa stenama kontaktnog omotača, u kojima je u odgovarajućem stepenu prisutan i magnetit.

Oštra pozitivna anomalija na Diljsko-Krnjdinskom području po svoj prilici izazvana je od blisko površinskog intruziva. Ovakva pretpostavka bazirana je na činjenici da površinu terena sa anomalijama izgrađuju praktično nemagnetični sedimenti, dok su u širem prostoru utvrđeni i tercijarni vulkaniti koje najčešće karakteriše povišena magnetičnost.

Povišenje ΔT na fonu prostrane negativne anomalije u Dravskoj potolini (predeo Gorjani) posledica je verovatno uticaja magmatita ili reljefa kristalaste podloge. Ukoliko bi geotermski gradijent u ovom predelu bio povećan, onda bi to bio podatak koji bi više išao u prilog magmatita kao uzročnika.

GEOLOŠKE (TEKTONSKE, MAGMATSKE I METALOGENETSKE) IMPLIKACIJE ANOMALNOG POLJA

Iz ustanovljene litološke prirode i dubine uzročnika magnetskih anomalija proističu neka konkretna geološka saznanja, koja sama za sebe predstavljaju određeni doprinos poznavanju geološke građe Unutrašnjih

Dinarida. Osim toga, aeromagnetski podaci iniciraju i neka zapažanja koja u kontekstu, sintezi sa ostalim geološko-geofizičkim podacima sa područja Unutrašnjih Dinarida i susednih regiona takođe doprinose rasvetljavanju geostrukturnih odnosa na ovom prostoru. Sve ono što je za sada izvedeno kao geološko značenje aeromagnetskih podataka, odnosno kao geološke: tektonske, magmatske i metalogenetske implikacije anomalnog magnetskog polja Unutrašnjih Dinarida izloženo je u ovom poglavlju.

Izneta shvatanja u ovom poglavlju zasnovana su na odgovarajućem faktografskom materijalu. Međutim, shvatanja nose i određeni stepen subjektivnosti koja se s obzirom na prirodu tretirane problematike nije mogla izbeći, prvenstveno po pitanju geotektonske rejonizacije međugraničnog prostora Dinarida, Panonida i Srpsko-makedonske mase.

Razlomne strukture, magmatiti i rudna ležišta

Prema napred prikazanom shvatanju litološke prirode i dubine uzročnika proizilazi da anomalno magnetsko polje Unutrašnjih Dinarida uslovljavaju uglavnom strukture površinskog dela Zemljine kore, od kojih neke pretpostavljam imaju i veliko dubinsko rasprostranjenje, dosežući i do gornjeg omotača.

Na bazi aeromagnetskih podataka mogli su se izvući konkretni zaključci po nekim pitanjima koja se odnose na razlomne strukture, magmatite i rudna ležišta. Uglavnom, radi se o identifikaciji i prostranstvu dubinskih razloma i drugim značajnijim razlomima, indiciranju verovatno postojećih prekrivenih intruziva, odredbi vulkanskih aparata, otkrivanju skrivenih rudnih ležišta i selekciji rudno-potencijalnih terena i perspektivnih rejona. U vezi sa tretiranjem ove problematike proistekla su određena zapažanja koja se tiču geotektonskog položaja magmatita i rudnih ležišta.

Uopšte posmatrano, može se reći da razlomne strukture, posebno dubinski razlomi, magmatiti i rudna ležišta predstavljaju najinteresantniju i najznačajniju problematiku kako fundamentalne tako isto i primenjene geologije. Saglasan sam sa shvatanjima mnogih autora da su strukture koje presecaju čitavu Zemljinu koru ili zahvataju njen znatni deo, a to su dubinski razlomi, nastali kao posledica složenih procesa odigranih u omotaču zemlje, imale veliki uticaj na geološku evoluciju pojedinih teritorija. I na području Unutrašnjih Dinarida dubinski razlomi su svojim položajem i dugotrajnom aktivnošću znatno uticali na postojeći geološki sklop terena u domenu svoga rasprostranjenja, kao i uopšte na razvoj geoloških zbivanja na teritoriji Jugoslavije u celini. Nesumnjivo, postojala je međusobna zavisnost između geotektonskih, magmatskih i metalogenetskih procesa. Dubinski razlomi su bili od presudnog značaja za magmatske i metalogenetske procese jer postoji jasna prostorna veza između magmatita i rudnih ležišta sa jedne strane i dubinskih razloma sa druge strane. Po mom shvatanju i pojave seizmizma na području Unutrašnjih Dinarida vezane su prvenstveno za dubinske razlome njegove teritorije (Skoplje, Tuzla, Bosanska Krajina) te stoga terene uz dubinske razlome, o kojima će biti nadalje reči, tretiram kao potencijalno seizmički nestabilne.

Dubinski razlomi i druge značajnije dislokacije

Ako se usvoji gledište da intenzivne ili mestimične pojave bazita duž određenih zona velikog linijskog rasprostranjenja markiraju dubinske razlome, proizilazi da se zone bazita Unutrašnjih Dinarida uzročnici markantnih magnetskih anomalija, mogu identifikovati kao dubinski razlomi. Imajući u vidu i neke druge geološke i geofizičke pokazatelje (duboko seizmičko sondiranje, gravimetrija), smatram da se na području Unutrašnjih Dinarida i njegovih graničnih predela mogu izdvojiti četiri dubinska razloma sa većom ili manjom pojavom bazita. Ističem sa bazitima jer ne može se isključiti eventualno postojanje dubinskih razloma potpuno bez bazita, koji se ne mogu magnetski ustanoviti. S obzirom na položaj koji zauzimaju, a radi olakšanog praćenja izlaganja, izdvojene dubinske razlome nazvao sam pojedinačno kao Zapadni, Centralni, Istočni i Severni (v. prilog 8). Prva tri dubinska razloma razmatrana su delimično i od strane drugih autora, suviše uopšteno, a njihova pozicija određivana je preciznije samo u pojedinim delovima. Na bazi aeromagnetskih podataka razmatrani su u celini, skoro na čitavoj dužini, odredivši im položaj sa dovoljnom tačnošću. Ovo je omogućeno zahvaljujući u prvom redu činjenici da se baziti jasno ispoljavaju na anomalnom magnetskom polju, indiciranje dubinskih razloma bilo je moguće i preko prostranih prekrivenih delova terena gde se površinskim geološkim osmatranjem ne mogu zapaziti. Naravno da dubinski razlom ne treba shvatiti kao jednu dubinsku dislokaciju sa bazitima, već kao sistem — zonu sa snopom dubinskih dislokacija koja se na anomalnom magnetskom polju može odraziti sa više individualisanih anomalija. Prostorno razilaženje pojedinih anomalija — dislokacija, koje su na jednom delu bile bliske, ukazuje u tom slučaju da one pripadaju različitim razlomima.

Z a p a d n i dubinski razlom prostire se na pravcu Studena Voda — T. Veles — Skoplje — Goleš — Raška — Maljen — Zvornik — Ozren — Kozara — Topusko. Pojava bazita u recentnom erozionom nivou na ovom dubinskom razlomu je prilično neujednačena. Na pojedinim delovima ponavljaju se prostrane serpentinitske mase (Stolovi, Maljen, Ozren), čija je površina verovatno kraljuštanjem uvećana, dok se na drugim serpentiniti pojavljuju samo u vidu manjih, izolovanih masa — »brojanica« (pojas Studena Voda — Raduša). U svakom slučaju, otkrivene pojave bazita, magnetski pa i gravimetrijski podaci registrovani preko pokrivenih delova terena, sasvim jasno ukazuju na postojanje Zapadnog dubinskog razloma. Opravdano je pretpostaviti da je ovaj razlom aktivan praktično kroz čitav period alpskog tektonomagmatskog ciklusa, naročito u tercijaru kada su na većem delu njegovog rasprostranjenja nastale velike mase kiselih magmatita. O pojedinim delovima Zapadnog dubinskog razloma pisali su J. P a m i ć 1964, M. R o k s a n d i ć 1966. i M. D i m i t r i j e v i ć 1971.

C e n t r a l n i dubinski razlom pruža se na potezu Đevđelija — Kumanovo — Priština — Brzeće (Kopaonik) — Gledići — Kosmaj — Avala — — Kovačica — Fruška Gora — Bilo gora. Skoro na čitavom prostoru praćen je bazitima. Na aeromagnetski ispitanim delovima terena diskontinuitet zone bazita konstatovan je jedino u predelu Prištine i Gledića. Interesantno je da ovaj dubinski razlom naglo menja pravac prema zapadu kod Kovačice (Banat). Na oštar zaokret (»lakat«) i odbacivanje mogućnosti

ukrštanja dva posebna razloma nedvosmisleno ukazuju podaci terestričkih geomagnetskih ispitivanja (D. Aranđelović 1957). I ovaj dubinski razlom odlikuje češća aktivnost u alpskom tektonomagmatskom ciklusu, uslovljava intenzivne pojave kiselih magmatita. Centralni dubinski razlom se delom poklapa sa dubinskim razlomom koji M. Anđelković 1967. pominje pod imenom Ljiško-milanovačka dislokacija na potezu Kožuf — — centralni Kopaonik — Stara Pazova, kao zapadnu granicu Šumadijske zone.

Istočni dubinski razlom prostire se na pravcu Dojran — Strumica — Radoviš — Crni Vrh (Kratovsko-zletovska oblast) — Tulari — Aleksandrovac — Kragujevac — Kolari — Ilandža — Buzijaš (Rumunija), dakle, prostire se i van područja Unutrašnjih Dinarida. Obeležavaju ga samo mestimične pojave bazita, tako da se on više geološki ispoljava. Njegovo postojanje na delu južno od Dunava saglasno je shvatanjima mnogih geologa; posebno jasno proističe iz radova K. Petkovića 1961, M. Dimitrijevića 1967, M. Anđelkovića 1967, i B. Maksimovića i B. Sikošeka 1954. za deo na potezu Dojran — Kratovo. Za utvrđivanje njegovog postojanja u Šumadiji, na delu Banata i dalje prema severoistoku, na terenu čije površinske delove izgrađuju neogeni sedimenti Panona, od prevashodnog značaja bili su podaci bušenja, gravimetrije i magnetskih merenja. Za aktivnost ovoga razloma genetski se mogu vezati tercijarni vulkaniti Kratovsko-zletovske i Lecke eruptivne oblasti.

Severni dubinski razlom čitavom svojom dužinom prostire se preko Panonskog basena na pravcu Barč (Mađarska) — Osijek — Odžaci — Zrenjanin — Temišvar — Apuseni, takođe delom izlazi van okvira Unutrašnjih Dinarida. U okviru naše zemlje ovaj dubinski razlom nema površinskih manifestacija. Njegovo postojanje proističe iz podataka magnetskih i drugih geofizičkih ispitivanja, kao i iz podataka bušenja. Sudeći po mestimičnim pojavama magmatita utvrđenih bušenjem na odgovarajućem delu Panonskog basena i po površinskim masama magmatita u predelu Apusena, u domenu Severnog dubinskog razloma, proističe uverenje da je ovaj razlom za vreme svoje dugotrajne aktivnosti uslovio intenzivne proboje različitih magmatita (bazita i tercijarnih vulkanita).

Na osnovu konfiguracije anomalnog magnetskog polja (gradijenta, pomeraja osa) i geoloških ukazatelja (npr. postavki da je intrudiranje i izlivanje magmatita vršeno duž razloma) određen je i veći broj razlomnih struktura — dislokacija relativno nižeg reda. Naravno da pojedinačno o svim ovim dislokacijama, koje su naznačene na odgovarajućim kartama, nećemo raspravljati. Biće reči samo o onima koje imaju određeni veći značaj sa strukturnog i metalogenetskog aspekta.

U istočnoj Makedoniji poseban značaj ima nekoliko dislokacija, pored prva tri opisana dubinska razloma. Pre svega istaći ćemo postojanje ogranka Centralnog dubinskog razloma, koji se u predelu Skopske Crne Gore odvaja od Centralnog razloma na pravcu Kumanovo — Asanica — Kostomor — Lezovo — Bučim — Konče — Furka. Ovu dislokaciju markiraju baziti (magnetske anomalije) kod Pčinje, Bučima, Konča i Valandova (prilog 1). Preko Kratovsko-zletovske eruptivne oblasti prostire se i markantna poprečna razlomna zona (na prilogu 2 obeležena graničnim dislokacijama Pantelej — Kunovo i donji tok Zletovske reke — Kratovo) koja je imala veliki značaj u predispoziciji terena za magmatsku aktivnost. Na

prostoru Zapadnog i Centralnog dubinskog razloma po aeromagnetskim podacima uočava se postojanje više poprečnih dislokacija koje daju pečat blokovske građe terena.

Na širem terenu Trepče najmarkantniju razlomnu strukturu čini dubinska dislokacija na pravcu Zijača — Đidoma — Skočanska Čuka, obeležena bazitima, koja u stvari pripada snopu dislokacija Centralnog dubinskog razloma, ograničavajući ga sa zapadne strane (v. prilog 4). Od drugih disjunktivnih struktura na području Trepče manifestuju se još i poprečne dislokacije pravca SI—JZ. Može se reći da su ove dislokacije po položaju uglavnom saglasne sa osnovnim dislokacijama SI—JZ koje su geološki ustanovljene. Izvesna odstupanja su razumljiva s obzirom na mogućnosti jednog ili drugog načina izdvajanja u zavisnosti od konkretnih uslova na terenu (stepena prekrivenosti i izraženosti efekta rasedanja na magnetsko polje). Smatram da su na bazi magnetskih podataka izdvojene dislokacije SI—JZ najbitnije od svih dislokacija ovoga pravca, jer se njihov veliki »učinak« manifestuje u poremećenosti serpentinitskih masa. Po svoj prilici one se u pravcu JZ nastavljaju na sistem dislokacija Peć — — Izvor, koje su delom uslovile stvaranje Metohijske kotline. Na karti naznačeni položaji ovih dislokacija vrlo verovatno odgovaraju postojećim na terenu u domenu serpentinitske zone gde se jasno manifestuju po anomalnom magnetskom polju, dok su, međutim, moguća manja odstupanja od stvarnog pravca pružanja. Dislokacije SI—JZ, zajedno sa dubinskom dislokacijom na pravcu Zijača — Skočanska Čuka, imale su presudan značaj za tercijarnu magmatsku aktivnost. Takođe, uočena je veza između pojava orudnjenja i dislokacija SI—JZ.

U Šumadiji pored tri od četiri navedena dubinska razloma u razvoju sklopa terena važnu ulogu imale su i neke dislokacione strukture nižega reda, kao što je Kolubarska dislokacija i poprečni razlomi ustanovljeni na pravcima Rajac — Rudnik, Ljig — Živkovci i Lazarevac — Venčani, koji se vrlo verovatno prostiru preko cele Šumadije i dalje od Morave na istok (prilog 5). S obzirom na poseban magmatsko-metalogenetski značaj iz snopa dislokacija Centralnog dubinskog razloma izdvajam i ističem perifernu dislokaciju Kotlenik — Venčani, koja čini bočni ogranak sa zapadne strane.

Na terenu SZ Srbije iz okvira teritorije Unutrašnjih Dinarida, čiju jugozapadnu granicu čini Zapadni dubinski razlom, ističem postojanje poprečne razlomne zone na pravcu Boranja — Bogatić, koja se u pravcu JZ prostire do Srebrenice (prilog 6). Vrlo verovatno da je ova disjunktivna struktura uz Zapadni dubinski razlom uslovila pojavu tercijarnih magmatita u domenu svoga rasprostranjenja. Takođe, ima izgleda da je prouzrokovala određeni diskontinuitet u prostiranju nekih struktura zapadne Srbije u istočnu Bosnu (npr. struktura Bukulja — Vlašić — Cer). Na pravcu Srebrenica — Bobija sagledava se postojanje još jedne, po mojoj oceni, značajnije poprečne dislokacije, koja je po svoj prilici dala određeni doprinos pojavama tercijarnih vulkanita.

Magmatiti (geotektonski položaj, prekriveni intruzivi, vulkanski aparati)

Najveći deo magmatita, naročito tercijarne starosti, nalazi se u onim područjima u kojima se sučeljavaju dubinski razlomi ili presecaju sa poprečnim dislokacijama višega reda. To je i razumljivo s obzirom da su ovi tereni bili najviše tektonski predisponirani za magmatsku aktivnost, za

pojavu bazita, kiselih i ostalih magmatita. Pojave bazita vezane su skoro isključivo, u većem ili manjem stepenu, za sve opisane dubinske razlome, oni ih kontrolišu. Granitoidi Furke, Plavuša, Gradeških pl., Štipa, Skopske Crne Gore, Kopaonika, Željina i Kosmaja pojavljuju se u domenu Centralnog dubinskog razloma (prilog 7). U njegovom domenu nalaze se i tercijarni vulkaniti Damjana, Stublovače (Kosovo), Kišnice, Venčana, Kosmaja, Avale, Fruške Gore i Slavonskih pl., a takođe u području sučeljavanja sa Zapadnim dubinskim razlomom i vulkaniti Trepče, Kopaonika, Rogozne, Golije, Kotlenika, Borača i Rudnika. Uz zapadni dubinski razlom od kiselijih magmatita pojavljuju se još i tercijarni vulkaniti Kožufa (delom i uz centralni dubinski razlom), Takova, V. Majdana, Zvornika, granodioriti Boranje, a u području sučeljavanja sa dubinskim razlomom na pravcu Munela (Albanija) — Brodarevo — Zlatibor — Konjuh — Bosanska Krajina, nalaze se vulkaniti Srebrenice. Za istočni dubinski razlom vezani su vulkaniti Kratovsko-zletovske oblasti, Kosovske Kamenice i Radana. Terene sa verovatnom pojavom prekrivenih tercijarnih magmatita, gde se odvijao višefazni magmatizam i gde se sedimentni pokrivač (stariji od magmatita) sastoji od slojeva sa kolektorskim i slojeva sa izolatorskim svojstvima, ima osnova tretirati kao potencijalne nosioce geotermičke energije.

Nešto detaljniji podaci u vezi magmatita mogu se dati za Kratovsko-zletovsku oblast, područje Trepče, Šumadiju i SZ Srbiju, gde su vršena relativno detaljnija aeromagnetska i druga ispitivanja. Pogotovu za terene Šumadije i SZ Srbije na kojima su izvedena visokoprecizna aeromagnetska ispitivanja.

Kratovsko-zletovski vulkaniti izlili su se na terenu koji je za to bio tektonski predisponiran istočnim dubinskim razlomom, zatim ogrankom centralnog dubinskog razloma, koji se od Skopske Crne Gore odvaja prema ušću Zletovske reke, Bučimu, Furki i dalje u pravcu jugoistoka, kao i markantnom poprečnom razlomnom zonom na potezu Vrbica — Oblovska Ćuka (prilog 2). Po mom mišljenju (S. V u k a š i n o v i ć 1970), centar tercijarne vulkanske aktivnosti Kratovsko-zletovske oblasti, odnosno glavni vulkanitski koren nalazi se u području Rajčani — Zletovo — Dobrevo — — Oblovska Ćuka (izgrađeno pretežno od ignimbrita), dakle u domenu poprečne razlomne zone. Razlog ovoj konstataciji nalazim u sledećem: 1. odnos između lave i piroklastičnih produkata raste sa približavanjem izlivnom kanalu (korenom delu) zbog čega raste i efektivna magnetizacija vulkanogene serije; 2. postojanje gravimetrijskog minimuma koji inače često u vulkanogenim oblastima obeležavaju položaj vulkanskih aparata (M. I v a n o v i dr. 1969); 3. po svoj prilici postojeća, prostrana razlomna zona u ovom području uslovila je zajedno sa dubinskim dislokacijama, koje dijagonalno seče, tektonsku predispoziciju terena za vulkansku aktivnost u tercijaru. Sekundarne centre erupcije, eruptivne korene manjih razmera ima opravdanja očekivati duž istočnog dubinskog razloma na potezu Zubovac — Crni Vrh — Vrbica, zatim duž ogranka centralnog dubinskog razloma na pravcu Asanica — Kostomor — Lezovo, zapadno od linije Strojininci — Kukovo — Kalište, a takođe i duž nekih dislokacija nižeg reda. Pretpostavlja se da su stare razlomne strukture bile reaktivirane i da su mlade dislokacije takođe bile aktivne, služeći kao putevi magmi u vreme odvijanja vulkanskih procesa. Ostale delove eruptivne oblasti izgrađuju vulkanitske ploče i piroklastiti.

Prema detaljnijoj analizi položajnog odnosa magmatita i dubinskih razloma u Vardarskoj oblasti proizašao je zaključak da se granitoidi Furke, Plavuša, Gradeških pl., i Štipa nalaze između centralnog dubinskog razloma i njegovog ogranka na pravcu Kumanovo — Bučim — Konče — Furka.

Kao što je napred rečeno, za stvaranje opštih uslova za magmatizam i metalogeniju na širem terenu Trepče znatan uticaj imala je dubinska dislokacija na pravcu Zijača — Đidoma — Skočanska Čuka sa bazitima, kao i dislokacije pravca SI—JZ (prilog 4). Ove poslednje su svakako poslužile kao dovodni putevi tercijarnim vulkanitima, jer je karakteristično da se vulkaniti Majdan — Sokolica, Crni Vrh — Kozji rog — Crnuša i Duhovce — Smrekovnica nalaze u domenu disjunktivnih struktura pravca SI—JZ. Što se tiče odredbe korenih delova tercijarnih vulkanita, vulkanskih aparata, može se reći da nema raspoloživih elemenata na osnovu kojih bi se moglo nešto pouzdanije zaključiti. Stiče se uverenje da su osnovni centri vulkanskih aparata vezani za presecišta dislokacija SI—JZ sa približno međusobno paralelnim disjunktivnim strukturama pravca SZ—JI, raspoređenim s obe strane od duboke dislokacije Zijača — Skočanska Čuka. Ove strukture SZ—JI predstavljale bi dislokacije na pravcima Majdan — Kozji rog — Karače — Bila i Crni Vrh — Dubovce, koje se ispoljavaju uglavnom preko geoloških ukazatelja.

U Šumadiji prema podacima aeromagnetskih ispitivanja (S. V u k a š i n o v i ć 1973) proističe verovatnoća postojanja prekrivenih magmatita (kiselijih) u rejonima Rudnika, Živkovaca, Venčana i na području Kosmaj — Barajevo (prilog 5). Dok se za magmatit sa područja Kosmaj — Barajevo sa velikim stepenom sigurnosti može tvrditi da je u pitanju granitoidna stena — prekriveni plutonit, stadijum otkrivenosti (po E m o n s u) odgovarao bi kriptobatolitskom, dotle se pouzdanije ne može predvideti osnovna petrografska pripadnost ostalih prekrivenih magmatita. Na osnovu sada raspoloživih podataka možemo ih samo identifikovati kao manje intruzivne mase subvulkanskog ili hipoabisalnog karaktera, čiji bi se sastav razlikovao od vulkanita utvrđenih na površini terena koji su samo u pojedinim manjim delovima magnetični. U svakom slučaju ima opravdanja pretpostaviti da se u rejonu relativno izrazitije magnetičnih magmatita nalaze vulkanitski koreni, jer, kao što je navedeno, efektivno magnetisanje raste sa približavanjem korenom delu vulkanita. Uočljivo je da se otkriveni, u recentnom erozionom nivou, i pretpostavljeni prekriveni magmatiti nalaze skoro isključivo na prostoru između zapadnog i centralnog dubinskog razloma, a posebno u području njihovog sučeljavanja. Da su u rasporedu magmatita pored dubinskih razloma i očigledno dislokacije na potezu Kotlenik — Rudnik — Venčani značajnu ulogu imale i poprečne razlomne strukture pravca Z—I, ide u prilog činjenica da se izrazito magnetični magmatiti, koje smo identifikovali kao manje intruzivne mase subvulkanskog ili hipoabisalnog karaktera, nalaze upravo u domenu presecišta dislokacije Kotlenik — Venčani sa strukturama Rajac — Rudnik, Ljig — Živkovci i Lazarevac — Venčani, što svakako nije slučajno. Takođe, na poprečnim strukturama pojavljuju se vulkaniti i nešto dalje od presecišta, s tim što na ovim delovima uopšte nisu magnetični ili su magnetični samo u pojedinim manjim delovima. Vulkanska aktivnost obavljala se i na sutoku dislokacija različitih pravaca, kao na primer u rejonu Borača i nekim drugim lokalitetima uz zapadni dubinski razlom, u zoni Kotlenik — Rajac. Po svemu sudeći izgleda da je prodiranje i izliva-

nje magme u Šumadiji bilo kombinovano — preko vulkana raspoređenih duž disjunktivnih struktura i preko pojedinih dužih delova ovih struktura, tako da se koreni delovi eruptiva ispoljavaju u vidu vulkanskih kanala i u vidu dajkova.

U SZ Srbiji pojave bazita vezane su skoro isključivo za zapadni dubinski razlom (prilog 6), dok su ostali magmatiti nastali uglavnom u širem domenu presecišta ovog dubinskog razloma sa poprečnim razlomnim strukturama na pravcima Srebrenica — Boranja — Bogatić i Srebrenica — — Bobija (granodioriti Boranje, vulkaniti V. Majdana, Zajače a u istočnoj Bosni vulkaniti Srebrenice). S obzirom da se granodioriti Cera, sa zapadnog obodnog pojasa granitskog masiva, nalaze na istoj poprečnoj disjunktivnoj strukturi sa granodioritima Boranje trebalo bi preispitati shvatanje o njihovoj paleozojskoj starosti. Čini mi se realna pretpostavka da bi ovi granodioriti upravo mogli biti magmatiti tercijarne starosti čiji je postanak, kao i granodiorita Boranje, uslovljen velikim delom poprečnom razlomnom zonom na pravcu Srebrenica — Boranja — Bogatić.

Rudna ležišta (geotektonski položaj, rudno potencijalni i perspektivni tereni)

Kao što je rečeno, usko povezano sa razvojem tektono-magmatske aktivnosti na području Unutrašnjih Dinarida stoje i metalogenetski procesi i razmeštaj ležišta mineralnih sirovina. Poznato je da su od do sada otkrivenih metaličnih rudnih ležišta na ovom području najbrojnija i najznačajnija ležišta Pb-Zn, genetski vezana za magmatite tercijarne starosti, i da se nalaze uglavnom u okviru terena južno od Beograda. Proučavajući postojeće raspoložive podatke, došao sam do zaključka da su u razmeštaju pojava i ležišta Pb-Zn osnovnu ulogu odigrali dubinski razlomi. Posebno odlučujuću predisponirajuću ulogu imao je centralni dubinski razlom i to dislokacije sa njegovog zapadnog dela. U njihovom (širem) domenu raspoređena su većina pojava i značajnih ležišta Unutrašnjih Dinarida: Kišnica, Ajvalija, Trepča, Zijača, Koporić, Žuta Prlina, Belo Brdo, Kotlenik, Rudnik, Babe, Ljuta Strana, Avala i Fruška Gora (prilog 7). Uz centralni dubinski razlom, sa istočne strane, nalazi se još Novo Brdo i neke druge manje pojave Pb—Zn. U domenu zapadnog dubinskog razloma otkrivena su orudnjenja na Rogozni, Goliji, u V. Majdanu i u rejonu Srebrenice. Uz istočni dubinski razlom nalaze se ležišta Kratovsko-zletovske oblasti i Radana (Lece). Distribucija olova i cinka, čiji su rastvori bili uslovljeni opštim strukturnim prilikama duž ovih dubinskih razloma, složenih struktura, odvijala se u zavisnosti od drugih faktora — magmatskih, litoloških i strukturnih faktora lokalnog karaktera. Predominantna pojava orudnjenja Pb—Zn na području Unutrašnjih Dinarida u domenu zapadnog dela centralnog dubinskog razloma, i to uglavnom u okviru terena južno od Beograda, svakako je posledica karakterističnih uslova koji su u tercijaru vladali duž ovih regionalnih dislokacija, omogućujući intenzivnu pojavu magme i rudnih rastvora. Pojas sa pojavom tercijarnih magmatita i orudnjenja uz centralni dubinski razlom nazvao sam Osnovni rudonosni pojas Pb—Zn Unutrašnjih Dinarida i Jugoslavije u celini, koji je potencijalno najinteresantniji teren za otkrivanje novih značajnijih rudnih ležišta sa Pb—Zn kao vodećom sirovinom (v. prilog 7), te kao takav zaslužuje pa-

žnju detaljnih aerogeofizičkih ispitivanja. Njegovo eventualno pružanje prema severu i jugu vezano je u prvom redu za stepen zastupljenosti tercijarnih magmatita ispod sedimenata uz centralni dubinski razlom na području Panona, odnosno na delu Skopska Crna Gora — Demir Kapija. U svakom slučaju, predelu sa Kožufskim vulkanitima u domenu centralnog dubinskog razloma trebalo bi posvetiti odgovarajuću pažnju. Za tercijarne magmatite, granitoidne stene, genetski su vezana i skarnovska ležišta izgrađena pretežno od magnetita (Kopaonik, Boranja). Otkrivanje novih skarnovskih orudnjenja može se očekivati u rejonima gde se pretpostavlja postojanje prekrivenih intruziva.

Na području Unutrašnjih Dinarida poznata su i mineralna ležišta starijih metalogenetskih epoha, kao što su ležišta hroma, magnezita, gvožđa, nikla, kobalta i bakra, genetski direktno ili indirektno vezana za bazite locirane duž dubinskih razloma, Geotektonski položaj ovih ležišta, odnosno potencijalnih terena za njihovo otkrivanje, određen je položajem dubinskih razloma koji ih kontrolišu.

Neke detaljnije podatke o rudnim ležištima moguće je dati za terene gde su vršena detaljnija aeromagnetska i druga ispitivanja: za Centralnu Makedoniju, Kosovsku oblast, područje Trepče i Kopaonika, Šumadiju i SZ Srbiju. Za ove terene moguće je dati određenu ocenu gde na njima rudna ležišta prvenstveno treba očekivati, odnosno moguće je izvršiti određenu selekciju rudno-perspektivnih rejona, bazirajući se i na opštim saznanjima o geotektonskom položaju rudnih ležišta na području Unutrašnjih Dinarida.

Na bazi aeromagnetskih podataka istočne Makedonije neke određene zaključke u pogledu rudnih ležišta i problematike njihovog istraživanja moguće je dati za Veleško-roždensku i Kratovsko-zletovsku oblast.

U Veleško-roždenskoj oblasti, gde su aeromagnetska ispitivanja bila izvedena sa isključivom namenom istraživanja oolitskih ruda (Fe, Ni i Co), dobijeni su podaci na osnovu kojih je izvršena selekcija rudno-perspektivnih terena (S. V u k a š i n o v i ć, 1963). Mada se ova ruda odlikuje visokom magnetskom susceptibilnošću, ovo nije bilo lako ostvariti jer se rudna tela nalaze uglavnom (izuzeci su uslovljeni tektonikom) na kontaktu krednih tvorevina i serpentinita koji se takođe odlikuju visokom magnetičnošću. Ipak, zahvaljujući činjenici da je ruda najčešće veće susceptibilnosti, izvršeno je izdvajanje najverovatnije rudno-perspektivnih terena (prilog 1). Kada nema razlike u magnetičnosti između serpentinita i rude, po podacima magnetskih merenja može se odrediti kontakt serpentinita sa drugim stenama, što svakako opet ima određeni značaj za sagledavanje rudno-potencijalnih područja i u slučajevima kada je teren prekriven.

Interpretaciji podataka regionalnih geofizičkih ispitivanja (aeromagnetskih, aeroradiometrijskih, gravimetrijskih) Kratovsko-zletovske eruptivne oblasti sa aspekta metalogenije prethodilo je izučavanje položajnog odnosa postojećih rudnih ležišta i pojava prema konfiguraciji anomalnih polja, odnosno nastojalo se otkriti eventualna veza između geološko-geofizičkih struktura i distribucije mineralnih sirovina. Na osnovu detaljne analize svih raspoloživih geološko-geofizičkih podataka (S. V u k a š i n o v i ć, 1970) proizašao je zaključak da se po anomalnom polju, i to magnetskom, jasno izdvaja jedino zona sa poznatim orudnjenjima olova i cinka na potezu Dobrevo — Rajčani, koja praktično zauzima zapadni obodni po-

jas glavnog vulkanitskog korenog dela Kratovsko-zletovske oblasti (prilog 2). Poznato je da su u mineralnim asocijacijama sa ovoga područja utvrđeni feromagnetični minerali (magnetit, pirhotin), pa je nesumnjivo da su oni, uz druge geološko-petrografske osobenosti područja, doprineli deformaciji magnetskog polja Zemlje, koja je ustanovljena aeromagnetskim ispitivanjima. Činjenica da su magnetski izdvojenom zonom obuhvaćena najznačajnija do sada otkrivena orudnjenja, opravdava zaključak da je, po regionalnim geofizičkim pokazateljima, ova zona najperspektivniji teren u Kratovsko-zletovskoj eruptivnoj oblasti za otkrivanje novih (skrivenih) rudnih ležišta Pb—Zn analognog mineralnog sastava. Takođe, može se sa više opravdanja izdvojiti kao perspektivan i teren u domenu rasedne strukture na pravcu Strojininci — Crni Čukar, gde su geološkim kartiranjem ustanovljeni hidrotermalno izmenjeni vulkaniti na znatnom prostoru.

U oblasti između Prištine i Kumanova (prilog 3) ocenjeno je da samo u rejonu Kišnice dobijeni aeromagnetski podaci mogu biti interesantni sa aspekta daljih istraživanja mineralnih sirovina (S. Vukašinović 1962, 1966). Podaci aeromagnetskih merenja rejona Kišnice mogu odigrati važnu ulogu pri daljem istraživanju olova i cinka. Poznato ležište Kišnica javlja se na kontaktnom delu serpentinita prema hidrotermalno izmenjenom andezitu, koga karakteriše niska susceptibilnost. Ostali deo andezitske mase čini hornblenda-andezit, koji je izazvao anomalije (na andezitskom masivu). Nekoliko kilometara istočnije od ležišta Kišnica kod Okosnice, na krednim sedimentima, registrovana je anomalija magnetskog polja. Pošto su kredni sedimenti nemagnetični i kako je andezit na delu granice sa njima hidrotermalno izmenjen (a opravdana je pretpostavka da bi to bio slučaj i sa eventualnim njegovim nastavkom ispod sedimenata), uzročnik anomalije je po svoj prilici serpentinit, koga prekrivaju tvorevine krede. Na ovaj zaključak o uzročniku navodi i prisustvo serpentinitske mase na severozapadnom delu anomalije. Usvojivši serpentinit kao uzročnik, ispravno je očekivati da su na terenu Okosnice postojali uslovi za deponovanje olovo-cinkovog orudnjenja, jer su na njemu ostvareni slični odnosi kao na poznatom ležištu Kišnica. Geohemijskim ispitivanjima dobijeni su rezultati koji ukazuju na anomalijski sadržaj olova (preko 0,3%) na delu koji se poklapa sa magnetskom anomalijom kod Okosnice. Istražnim radovima, koji su izvršeni u cilju provere geohemijske i magnetske anomalije, u krednom flišu otkrivena je mineralizacija sa slabim sadržajem Pb—Zn. Moje mišljenje je da istraživanje treba nastaviti u dubljim nivoima — u kontaktnom predelu serpentinita prema hidrotermalno izmenjenom andezitu, dakle istraživanja vršiti u analognoj sredini u kojoj se javlja i ležište Kišnica.

Na području Trepče do sada otkrivena orudnjenja olova i cinka pojavljuju se uglavnom u širem pojasu pomenute dubinske dislokacije na potezu Zijača — Skočanska Čuka i to najčešće sa njene jugozapadne strane (prilog 4). To znači u domenu disjunktivne strukture koja prema zapadu ograničava centralni dubinski razlom kome pripada, a kojoj pripisujem veliki značaj za metalogenetske procese na području Trepče. Po mom mišljenju, rudni rejon Trepče sa severoistočne strane ograničen je severoistočnim kontaktom serpentinita iz duboke dislokacije Zijača — Skočanska Čuka, a sa jugozapadne disjunktivnom strukturom na potezu Vlahinja — — Majdan — Kozji Rog — Bila, koja se sa vulkanitskim korenima predstavila kao brana kretanju rudnih rastvora dalje u pravcu jugozapada.

Prema jugoistoku rudni rejon se verovatno završava kod Skočanske Čuke, dok se prema severozapadu pruža i dalje od Vlahinje, van granica terena koji je aeromagnetski ispitivan. Iz napred iznete postavke o prostranstvu razlomnih struktura proizilazi moja nesaglasnost sa autorima koji osnovne strukture Trepče u pravcu SZ produžavaju na Rogoznu i dalje na Goliju (M. Kandić i dr. 1970). Moje shvatanje o geotektonskom položaju rudnog rejona Trepče delimično se podudara sa shvatanjem F. Šumahera, K. Štira i R. Pfalca 1950. Kao potencijalno najinteresantniji teren za Pb-Zn u Kopaoničkoj oblasti, naravno posle rudnog rejona Trepče, izdvajam područje na potezu Koporić — Belo Brdo, gde prvenstveno treba usmeriti dalja poluregionalna istraživanja. Što se tiče skarnovskih magnetskih ležišta gvožđa na Kopaoniku po podacima aeromagnetskih ispitivanja proizilazi da u kontaktnom pojasu granodiorita ne postoje slična rudna ležišta ranije utvrđenim — Suvom rudištu i Suvoj rudi nad kojima su dobijene izrazite indikacije ΔT.

Unutar pomenutih granica rudnog rejona (pojasa) Trepče najperspektivnije delove terena određuju lokalni litološki i strukturni faktori. Po postojećim aerogeofizičkim podacima ne može se vršiti litološko raščlanjavanje »serije Trepče«, odnosno izdvajanje sredine najpovoljnije za orudnjenja, ispod tercijarnog sedimentno-vulkanogenog kompleksa koji mahom prekriva teren rejona Trepče. Međutim, polazeći od strukturnih faktora, tj. uočene veze između položaja do sada otkrivenih orudnjenja i dislokacija SI—JZ, smatram da se najperspektivniji tereni sa skrivenim rudnim ležištima nalaze u širem domenu presecišta najmarkantnijih dislokacija pravca SI—JZ sa dubinskom dislokacijom Zijača — Skočanska Čuka i to s obzirom na opšte litološke karakteristike pretežno sa zapadne strane dubinske dislokacije (S. Vukašinović, 1973). Polazeći od sličnih postavki, još 1961. godine na aeromagnetskoj karti teren Zijače bio je označen kao perspektivan. Kasnijim istraživanjima na ovom terenu otkrivena su ekonomski vrlo značajna orudnjenja Pb—Zn, čime je potvrđena data ocena o perspektivnosti, odnosno ispravnost shvatanja na kome je zasnovana.

U Šumadiji postojeća otkrivena orudnjenja Pb—Zn položajno su vezana za dislokaciju Kotlenik — Venčani (pojave na Kotleniku, Rudniku, kod Živkovaca, Venčana), zatim za prostranstvo prekrivenog plutonita na području Kosmaj — Barajevo (Babe, Ljuta Strana) i neposredno za užu zonu centralnog dubinskog razloma (Avala). Najveći broj poznatih orudnjenja nalazi se na dislokaciji Kotlenik — Venčani (prilog 5). Utvrđene pojave i ležišta na Rudniku, kod Živkovaca i Venčana nalaze se u domenu presecišta ove dislokacije sa odgovarajućim poprečnim dislokacijama na pravcima Rajac — Rudnik, Ljig — Živkovci i Lazarevac — Venčani. One se nalaze upravo na terenima gde se, kako je napred rečeno, po svoj prilici nalaze neotkrivene manje intruzivne stene subvulkanskog ili hipoabisalnog karaktera, za koje bi se genetski mogli vezati alteracioni i mineralizacioni procesi u ovoj oblasti.

Po mom mišljenju, osim već otkrivenih pojava i ležišta vezanih za područja prekrivenih magmatita u Šumodiji se može očekivati otkrivanje i novih, značajnijih skrivenih rudnih ležišta sa Pb—Zn kao vodećom sirovinom. Ovakav zaključak proističe prvenstveno iz činjenice da strukture sa prekrivenim magmatitima u kojima se nalaze poznata orudnjenja

Pb—Zn znatno prevazilaze granice do sada istraživanih terena. Kao perspektivan teren posebno ističem čitavo područje Kosmaj — Barajevo, zbog toga što se sa velikim stepenom verovatnoće pretpostavlja postojanje granitoidnog plutonita čiji stadijum otkrivenosti odgovara kriptobatolitskom i činjenice da se u domenu anomalije nalaze od ranije poznate pojave Pb—Zn Babe i Ljuta Strana. Nesumnjivo, položaj ovih pojava daje osnova pretpostavci o postojanju određene veze između uzročnika magnetske anomalije i mineralizacionih procesa. Pojave su otkrivene zahvaljujući rudnim izdancima; po mojoj oceni bila bi velika slučajnost kada bi Babe i Ljuta Strana bila jedina i najznačajnija orudnjenja na čitavom prostranstvu aeromagnetske anomalije. Ostali tereni koji su izdvojeni u Šumadiji kao perspektivni u pogledu mogućnosti otkrivanja skrivenih rudnih ležišta sa Pb—Zn kao vodećom sirovinom obuhvataju strukture sa magnetoaktivnim magmatitima iz domena presecišta dubinske dislokacije Kotlenik — Rudnik i poprečnih dislokacija, u kojima su u pojedinim delovima ranije utvrđena orudnjenja. Takvi tereni nalaze se na Rudniku, kod Živkovaca i nedaleko od Venčaca. Prioritet u pogledu istraživanja rudnih ležišta vezanih za bazite (Fe, Cr, Cu i dr.), u okviru terena označenog kao potencijalno interesantan (prostor dubinskih razloma sa bazitima), imaju delovi na kojima su serpentiniti otkriveni ili se nalaze na manjoj dubini ispod površine terena.

Napominjem da su u cilju pouzdanog utvrđivanja uzročnika anomalije Kosmaj — Barajevo i ocene mogućnosti otkrivanja skrivenih rudnih ležišta u domenu anomalije planirana određena istraživanja od kojih su 1974. godine izvršena IP ispitivanja. Ovim ispitivanjima postignuti su rezultati koji nesumnjivo ukazuju na sulfidnu mineralizaciju i van do sada poznatih rudnih pojava (S. Vukašinović i S. Višić 1974), te tako opravdavaju prognoziranu rudnu perspektivnost područja Kosmaj — Barajevo i znatno uvećavaju izglede za otkrivanje novih, skrivenih rudnih ležišta sa Pb—Zn kao vodećom mineralnom sirovinom.

Značajnije rudne pojave i ležišta do sada otkrivena u SZ Srbiji nalaze se u pojasu zapadnog dubinskog razloma i pomenutih poprečnih razloma, što je sasvim razumljivo s obzirom na verovatnu ulogu ovih disjunktivnih struktura pri pojavi magmatita na ovom prostoru, za koja su orudnjenja skoro isključivo genetski vezana (prilog 6). Neposredno u dubinskom razlomu na potezu Maljen — Zvornik u dijabazima, i to magnetičnim, deponovane su mineralizacije bakra. Pb—Zn orudnjenja, koja su proizvod tercijarnih metalogenetskih procesa, nalaze se u širem domenu presecišta dubinskog razloma sa poprečnim (V. Majdan, u istočnoj Bosni Srebrenica). Skarnovska magnetitska ležišta otkrivena su u kontaktnom omotaču granodiorita Boranje. Antimonska orudnjenja genetski su vezana takođe za granodiorite, a deponovana su u strukturama raspoređenim u širem pojasu oko granodioritskog masiva.

Na osnovu aeromagnetskih podataka direktno se ispoljavaju jedino magnetitska ležišta gvožđa Boranje. Istina i ona se na prikazanoj karti pojedinačno ne manifestuju već skupno, kroz superponovan uticaj prostorno bliskih orudnjenja. Ovo zbog toga što je nivo merenja bio prilično visoko — apsolutna visina leta 1000 m i što je međumaršrutno odstojanje bilo dosta veliko (2 km), u odnosu na relativno male dimenzije rudnih tela, koja su uz to još i znatnim delom hematitizirana. Po podacima pret-

hodnih aeromagnetskih ispitivanja na Boranji (izvedenim sa isključivom svrhom istraživanja gvožđa), koja su izvršena sa međumaršrutnim odstojanjem od 250 m i relativnom visinom od oko 80 m, praktično sva orudnjenja gvožđa Boranje su bila indicirana iako su merenja bila izvedena sa aparaturom niske osetljivosti.

Ležišta drugih sirovina u oblasti SZ Srbije se direktno ne ispoljavaju, ali se u većini slučajeva bar delimično manifestuju osnovne strukture u čijim pojedinim delovima su deponovana orudnjenja. Polazeći od iznetog shvatanja o geotektonskom položaju orudnjenja izdvojio sam terene gde ima opravdanja očekivati otkrivanje novih ležišta Cu i Pb—Zn, sličnih karakteristika do sada otkrivenim ležištima. Za selekciju po bakru (uslovno) interesantnih terena odlučujući faktori bili su pripadnost dubinskom razlomu i učešće magnetičnih dijabaza, a za ocenu interesantnosti na Pb—Zn bili su bitni prisutnost poprečnih razloma i tercijarnih vulkanita. Naglasio sam da se u izdvojenim rudno interesantnim delovima terena može očekivati otkrivanje ležišta sličnih karakteristika do sada utvrđenim (Cu — Radanovci, Pb—Zn — V. Majdan) zato što smatram da pojas zapadnog dubinskog razloma na svom znatnom rasprostranjenju u Jugoslaviji nije uopšte ispoljen kao potencijalna bakronosna zona i da se osnovni (potencijalno najperspektivniji) pojas Pb—Zn Unutrašnjih Dinarida prostire uz centralni dubinski razlom. Naravno da nije nemoguće da usled nekih specifičnih procesa na pojedinim delovima dubinskog razloma bude odstupanja od opšte zakonitosti, te da nije sasvim isključena mogućnost postojanja i ekonomskih ležišta Cu i značajnijih ležišta Pb—Zn u SZ Srbiji. Ako već ima opravdanja da se takva ležišta istražuju, onda to treba činiti na izdvojenim terenima, za Cu gde se dijabazi izrazitije magnetski ispoljavaju i za Pb—Zn gde se u širem domenu presecišta dubinskog razloma i poprečnih razloma pojavljuju vulkaniti, ali u okviru čitavog rasprostranjenja postojećih vulkanitskih masa a ne samo u rejonu do sada otkrivenih pojava Pb—Zn. Sa rudnog aspekta ima delimičnog opravdanja tretirati kao interesantne i terene sa anomalijama na potezu Jadarska Lešnica — Bogatić, uključujući i predeo Cera, čije se postojanje može vezati za magmatite i njihov kontaktni omotač. U svakom slučaju detaljnija istraživanja trebalo bi izvesti na anomalijama iz obodnog pojasa Cerskog granitoida, poznatog po pojavama kalaja.

Geotektonska rejonizacija međugraničnog prostora Dinarida, Panonida i Srpsko-makedonske mase
(Prostranstvo i geotektonski položaj Unutrašnjih Dinarida)

Proučavanjem aeromagnetskih podataka sagledana je mogućnost da se kroz sintezu sa nekim drugim geološko-geofizičkim podacima, i to ne samo područja Unutrašnjih Dinarida već i susednih regiona, pruži doprinos utvrđivanju prostranstva i geotektonskom raščlanjavanju ove nesumnjivo jedne od najinteresantnijih geotektonskih jedinica Jugoslavije. Aeromagnetski podaci inicirali su neke nove predstave po pitanju prostranstva i geotektonskog raščlanjavanja Unutrašnjih Dinarida koje se nadalje prezentiraju. Naravno da se ne može pretendovati da je problem rejonizacije rešen, za to će trebati još više podataka (geoloških, geofizičkih) i sintetskog izučavanja. Pitanje geotektonske rejonizacije, posebno među-

prostora Dinarida, Panonida i Srpsko-makedonske mase (SMM), veoma je složeno tako da ga pojedinac sigurno ne može u celosti verno rešiti. Očekujem da će upoznavanje drugih autora sa u ovom radu prikazanim podacima i shvatanjem, uz dalje timsko proučavanje, ubrzati približavanje verodostojnijem rešenju koje se može ostvariti na sadašnjem nivou prikupljenih podataka i osvetliti optimalni pravac dodatnih ispitivanja, neophodnih za definitivno rešenje ovog po fundamentalnu i primenjenu geologiju značajnog problema.

Problem geotektonske rejonizacije međugraničnog prostora Dinarida, Panonida i SMM privlačio je oduvek veliku pažnju mnogobrojnih istraživača, što je i razumljivo s obzirom na njegovu složenost. Problem obuhvata više pitanja o kojima su autori ranije najčešće posebno raspravljali. To su pitanja koja se odnose na određivanje prostranstva i geotektonske pripadnosti Vardarske zone, granice između Dinarida i Panonida, prostranstva SMM severno od Dunava i na rešavanju drugih zadataka manje regionalnog karaktera. Naročito zapažene radove u kojima se tretiraju ova pitanja dali su: J. Cvijić 1924, F. Koch 1924, V. Petković 1931, F. Kosmat 1924, L. Kober 1952, B. Milovanović 1950, K. Petković 1961, Z. Bešić 1951, P. Stevanović 1955, M. Dimitrijević 1967, 1971. i 1974, A. Grubić 1967, B. Sikošek 1965. i 1967, M. Medvenič 1965, B. Ćirić 1953. i 1967, M. Roksandić 1955. i dr. O suštini shvatanja iznetih u ranijim radovima biće reči u toku daljeg izlaganja, na mestima gde se tretira odgovarajuća problematika.

Osnovni elementi za geotektonsku rejonizaciju

Napred sam naveo da su dubinski razlomi kao strukture, koje su uslovljene složenim procesima odigranim u omotaču Zemlje, imali vanredan uticaj na geološku građu pripadajućih teritorija. Smatram da su dubinski razlomi najčešće bili aktivni kroz duži geološki period, bitno utičući na razvoj geotektonskih zbivanja i kao takvi velikim delom odražavaju geotektonsku evoluciju i građu teritorija preko kojih se prostiru. Ostali produkti tektonskih zbivanja (nabori, navlake i dr.) u mnogome su se razvijali u zavisnosti od procesa vezanih za aktivnost dubinskih razloma, tako da dubinski razlomi kao elemenat za generalnu geotektonsku rejonizaciju imaju prevashodnije značenje. Otuda njihovo ustanovljenje može znatno doprineti verodostojnijoj geotektonskoj rejonizaciji, odnosno oni mogu veoma uverljivo ukazati na osnovne geotektonske jedinice i granice njihovog rasprostranjenja.

Pored dubinskih razloma i onog što za sobom povlače (određene aspekte magmatizma i metalogenije), za utvrđivanje prostranstva i raščlanjavanja Unutrašnjih Dinarida na geotektonske jedinice relativno nižeg reda koristio sam i stečena saznanja o prostranstvu verovatno postojećih mezozojsko-paleogenih kopna na području južnog dela Panonske depresije. O verovatnom postojanju kopnenih masa u toku mezozoika i paleogena došlo se prevashodno na bazi podataka bušenja o starosti podloge neogenih sedimenata. Po mom mišljenju postoji mala verovatnoća da je erozija skinula mezozojsko-paleogene serije. Čak i u tom slučaju ostaje činjenica da na odgovarajućim prostorima postoje individualisani strukturni blokovi

što je u saglasnosti sa geotektonskom rejonizacijom prikazanom u ovom radu. Smatram, dakle, da dubinski razlomi i strukture označene kao verovatna stara kopna mogu poslužiti kao realni kriterijumi za izdvajanje i raščlanjavanje osnovnih geotektonskih jedinica. Ovi elementi u ranijim geotektonskim rejonizacijama nisu adekvatno značenju dovoljno uzimani u obzir.

O položaju dubinskih razloma bilo je dosta reči u prethodnom izlaganju. Nadalje ću se zadržati na pitanju verovatnih mezozojsko-paleogenih kopna na teritoriji južnog dela Panonske depresije.

Analizirajući podatke bušenja, gravimetrijskih i magnetskih ispitivanja na južnom delu Panonske depresije, došao sam do zaključka (S. V u k a š i n o v i ć, 1972) koji su tereni najverovatnije u periodu mezozoika i paleogena, praktično bili kopno (prilog 8). S obzirom na broj i raspored bušotina, izvučene granice imaju donekle šematizovan karakter, unutar kojih su pojedini manji delovi terena bili katkad plavljeni (zalivi, jezera) mezozojskim i paleogenim morem. Proizilazi da su u okviru razmatranog dela Panonske depresije verovatno egzistirale četiri veće kopnene mase, međusobno razdvojene sistemom razloma, koji su uslovili postojanje manjih depozicionih trogova, odnosno rovova. Postpaleogeni tektonski procesi izmenili su raspored basena, odnosno morfologiju preneogene podloge, a naravno i površine terena uslovljavajući pojavu horstovskih planina. Radi olakšanog daljeg izlaganja stare kopnene mase nazvao sam Ptujsko-balatonska, Slavonsko-sremska, Bačko-banatska i potonuli deo SMM (prilog 8).

Ptujsko-balatonsko kopno na zapadu ima izdanke u području Mariбora dok se verovatno u pravcu SI kontinualno pruža ispod neogenog pokrivača kroz celu Mađarsku. Sudeći po magnetskim i delimično gravimetrijskim podacima geološke strukture na ovom delu Panona imaju pravac SI—JZ.

Slavonsko-sremsko kopno obuhvata terene Slavonskih planina, Fruške Gore i superponovanog Savskog tektonskog rova. Prostiranje ove mase u pravcu severoistoka određuje napred opisani Centralni dubinski razlom. Jugozapadnu granicu na jednom delu čini zapadni dubinski razlom. Generalni pravac pružanja geoloških formacija i planina je identičan sa pravcem ovih dubinskih razloma (na delu Panonske depresije). Planine se praktično nalaze u pojasu dubinskog razloma, ili njegovoj blizini, nastale kao proizvod rasedanja — izdizanja blokova u inače prostranoj tektonskoj zoni.

Bačko-banatsko kopno prostire se između Kapošvara i Apusenskih planina. Interesantno je da ovo staro kopno u području zapadno od Mečeka povija, što je slučaj i sa strukturama, koje se odražavaju na anomalno magnetsko polje.

Potonuli deo SMM, koji ograničava istočni dubinski razlom zahvata krajnji JI deo Panonske depresije. Po gravi-magnetskim podacima jasno se zapaža lučno povijanje struktura kristalinika, saglasno sa povijanjem istočnog dubinskog razloma. O ovoj masi biće nešto više reči u daljem izlaganju.

Za kopnene mase Panonske depresije može se reći da su bile više ili manje rezistentne i da su svojim uticajem doprinele stvaranju struktura u graničnim mlađim formacijama i skretanju mladih orogenih stabala.

Granice rasprostranjenja i geotektonsko raščlanjavanje Unutrašnjih Dinarida

U uvodnom delu naveo sam da pod Unutrašnjim Dinaridima podrazumevam teritoriju prikazanu na slici 1. i da će objašnjenje za usvojene granice rasprostranjenja biti dato u III delu faze. Na ovom mestu o granicama Unutrašnjih Dinarida moguće je raspravljati s obzirom da je u prethodnom izlaganju izneta odgovarajuća materija koja je za to neophodna.

Pre svega razmatraću pitanje severoistočne i istočne granice (Unutrašnjih) Dinarida, granice prema Panonidima i SMM, koje prihvatam kao osnovne geotektonske jedinice sa kojima se Dinaridi sa severoistoka i istoka graniče.

O granici između Dinarida i Panonske međuvenačne mase razmatralo se posebno ili uzgredno u radovima mnogih autora: J. Cvijića, F. Kocha, V. Petkovića, Z. Bešića, P. Stevanovića, B. Milovanovića, K. Petkovića, L. Kobera, B. Ćirića, M. Roksandića, E. Hadžija i drugih. Kao što je poznato, J. Cvijić 1924. je u geološku literaturu uveo pojam »prelazne zone« koja je obuhvatila Meček u Mađarskoj, Ivanščicu, Zagrebačku Goru, Kamničko Gorje, Slavonske planine, Fruška Goru, Prosaru, Motajicu, Cer, Šumadijske planine i dr. Većina drugih autora smatra da granica ide dolinom Drave dok je M. Roksandić 1965. mišljenja da se granica nalazi nešto južnije od Save.

Na osnovu prikazanog verovatnog rasprostranjenja mezozojsko-paleogenog kopna teza o granici u pojasu Save izgleda prihvatljivija, s tim što se ne bi mogla usvojiti pretpostavka M. Roksandića da Dinarsko-panonska granica ide na istok do Venčaca. Ako se ima u vidu da dva markantna dinarska dubinska razloma opasuju Slavonsko-sremsku masu i da su u domenu centralnog tj. na Fruškoj Gori i Slavonskim planinama razvijene po tektonskom stilu slične strukture kao na Avali, Kosmaju i drugim planinama Vardarske zone, koje dubinski razlom povezuje, smatram da je ipak opravdanije prihvatiti granicu u pojasu Drave onako kao što je to prikazano na prilogu 8. Granicu bi, dakle, predstavljao deo severnog dubinskog razloma koji se pruža duž južnog oboda Bačko-banatske mase na potezu Barč — Osijek — Odžaci — Zrenjanin.

Istočno od Zrenjanina severoistočna granica Dinarida prelazi sa severnog dubinskog razloma na istočni kod Ilandže i prati ga dalje na jug do Dojrana, odvajajući Dinaride od SMM. Ovakav ili približan položaj istočne granice Dinarida ističe ili prihvata najveći deo geologa. Izuzeci su vezani uglavnom za shvatanja L. Kobera 1952, M. Anđelkovića 1967. i M. Dimitrijevića 1974, koji ovu granicu pomeraju ka zapadu. L. Kober je istočno od centralnog dubinskog razloma izdvojio »Beogradide« i pripojio ih Karpato-balkanidima, kao i M. Anđelković Šumadijsku zonu čija zapadna granica na pravcu Kožuf — Kavadarci — Kačanik — Trepča — Centralni Kopaonik — Kraljevo — G. Milanovac — Ljig — S. Pazova predstavlja istočnu granicu Dinarida. M. Dimitrijević za istočnu granicu Dinarida uzima »Zvornički šav« na potezu Zvornik — Požega — Kosovska Mitrovica, tretirajući Vardarsku zonu kao obodni pojas SMM.

Što se tiče zapadne i jugozapadne granice Unutrašnjih Dinarida, kao i geotektonskog raščlanjavanja ove jedinice, shvatanja su takođe različita. Razmatranje ovih pitanja započeću izlaganjem geološko-tektonskih odnosa na južnom delu terena, u Makedoniji, gde se tri od četiri navedena dubinska razloma oštro manifestuju preko geološko-geofizičkih podataka. Osim toga, o geološkoj građi ovoga terena saglasna su shvatanja mnogih autora, dileme su neznatne. Na severnom delu terena, bliže i u okviru Panonske depresije, dubinski razlomi se razilaze i to čak na suprotne strane.

Može se reći da postoji skoro opšta saglasnost da u Makedoniji deo terena između istočnog i zapadnog dubinskog razloma pripada Vardarskoj zoni, koju je prvi izdvojio i nazvao F. Kosmat 1924. U ovom području ona se po litostratigrafskim i tektonskim elementima jasno izdvaja od susednog kristalinika. Prostire se između SMM i Pelagonida, predstavljajući na ovom prostoru Unutrašnje Dinaride u celosti po pravcu zapad—istok, od zapadnog do istočnog dubinskog razloma. Centralni dubinski razlom ne uslovljava suštinske razlike između dva dela zona koje razdvaja, tako da se ne može prihvatiti kao granica između dve posebne strukturne jedinice, u smislu geotektonske rejonizacije M. Anđelkovića 1967 — istočno Šumadijska zona a zapadno Vardarska. S obzirom da se zapadni dubinski razlom kao zapadna granica Vardarske zone u Makedoniji, odnosno Unutrašnjih Dinarida na ovom prostoru, prostire i dalje u pravcu severa i severozazada, opravdano je zapadni dubinski razlom u celini identifikovati kao zapadnu i jugozapadnu granicu Unutrašnjih Dinarida, na čitavom rasprostranjenju ove geotektonske jedinice. Proširenje Unutrašnjih Dinarida prema zapadu i jugozapadu nije opravdano jer se time obuhvataju druge geotektonske jedinice koje su takođe jasno individualisane kao i jedinica istočno odnosno severoistočno od zapadnog dubinskog razloma. Zato smatram neprihvatljivim shvatanje da Pelagonidi pripadaju Unutrašnjim Dinaridima i da paleozojski pojas Polimlje — Bosna razdvaja spoljašnje i unutrašnje Dinaride (B. Ćirić 1967, i dr.). Od Istočnih Alpa Unutrašnje Dinaride razdvaja tektonska granica na pravcu Zagreb — — Koprivnica, koju po mom mišljenju takođe predstavlja dubinski razlom. Prostranstvo Unutrašnjih Dinarida u pravcu juga, van naše zemlje, doseže do Solunskog zaliva a verovatno i dalje ka Aziji.

Unutrašnji Dinaridi zahvataju, dakle, veliki prostor koji u pojedinim delovima ispoljava delimičnu tektonsku specifičnost. Po mom mišljenju u okviru naše zemlje izdvajaju se dva osnovna dela koja je pratila u određenom stepenu različita geološko-tektonska evolucija.

Na prostoru Makedonije navedeno je da se između zapadnog i istočnog dubinskog razloma prostire Vardarska zona. Severno od Skoplja F. Kosmat 1924. je Vardarskoj zoni obeležio granice preko Skopske Crne Gore, Kopaonika, Dragačeva do Krupnja i Valjeva na severu. K. Petković 1961. smatra da se Vardarska zona završava kod Skoplja, bazirajući shvatanje po njenom »uklještenju« između kristalastih masa, koga se oslobađa severno od Skoplja. Međutim, s obzirom da granični dubinski razlomi kao naravno i centralni, koji čine tektonogenetsku okosnicu Vardarske zone, produžavaju i dalje u pravcu severa, takvo shvatanje ne može se usvojiti. Smatram da je kao kriterijum za određivanje granice Vardarske zone primarnije prostranstvo dubinskih razloma, koji su je uslovili i bitno karakterišu, nego položaj u odnosu na kristalinske mase

B. Milovanović 1950, Z. Bešić 1951, A. Grubić 1967. i dr. produžili su Vardarsku zonu do Beograda, do oboda Panonskog basena. Vardarska zona u smislu shvatanja M. Anđelkovića ima svoj direktni nastavak u Zapadno Srbijansku zonu; Šumadijsku zonu on povezuje sa Mureškom u Rumuniji i pripaja je, kako je rečeno, Karpato-balkanidima. Verovatno, postojeći uzani tektonski rov između severnog i istočnog dubinskog razloma (prilog 8), preko koga je moglo dolaziti do komunikacije mezozojskog mora dva basena, ne može se identifikovati kao Vardarska zona jer nema bitne tektonske karakteristike kakve inače ima Vardarska zona na čitavom prostranstvu. U prvom redu nedostaju dva (od tri) osnovna dubinska razloma koji su nesumnjivo Dinarskog pravca. U ovom pojasu egzistira zasebna geotektonska zona nižega reda — koja čini određenu sponu između Vardarske i Mureške zone, u graničnom pojasu Panonida, srpsko-makedonske mase i Apusena. Po M. Dimitrijeviću 1971. Vardarska zona, koju shvata kao obodni pojas SMM, spolja se graniči »Zvorničkim šavom« a iznutra, prema SMM, dislokacijom Arbanaška reka — Tupale — Kratovo — Strumica. Njen severni, odnosno severozapadni nastavak M. Dimitrijević vezuje sa Fruškom Gorom.

Sa svoje strane, o prostranstvu Vardarske zone prema severu detaljnije sam raspravljao 1972. godine, kada sam u okviru Unutrašnjih Dinarida pored Vardarske zone izdvojio i Slavonsko-sremsku zonu. Za preciznije lociranje granice između ova dva dela Unutrašnjih Dinarida nema sasvim izrazitih manifestacija, jer su u pojasu sučeljavanja razvijene prelazne pojave lito-stratigrafskog karaktera. Ipak, imajući u vidu raspored verovatno postojećih mezozojsko-paleogenih kopna u Panonskoj depresiji i činjenicu da su u periodu mezozoika na prostoru Vardarske zone bile druge prilike u pogledu sedimentacije, magmatizma i metalogenije, dolazim do zaključka i o približnim granicama između Vardarske i Slavonsko-sremske zone. Granica se prostire istočnim obodom Slavonsko-sremske kopnene mase, gde se pretpostavlja postojanje poprečnog razloma.

Strukturu koju okviruje Severni i Zapadni dubinski razlom, Kolubarska dislokacija i razlom na potezu Zagreb — Koprivnica, strukturu koja obuhvata staru kopnenu masu i obodne mezozojske-kenozojske sedimente formacije, nazvao sam Slavonsko-sremska zona. Dakle, integralno Vardarska i Slavonsko-sremska zona sačinjavale bi Unutrašnje Dinaride, čiji određeni tektono-strukturni individualitet uslovljavaju Centralni i Zapadni dubinski razlom koji se na čitavoj dužini svoga rasprostranjenja uklapaju u strukturni plan Dinarida.

Integralna Vardarska zona u smislu shvatanja M. Dimitrijevića 1974. zauzima približno isti prostor kao i Unutrašnji Dinaridi u ovom radu prikazani. Apstrahujući razliku u imenu, evidentna je razlika u tretiranju geotektonske pripadnosti dotičnog prostora — SMM sa obodom ili Dinaridima. Međutim, neosporno je da postoji dosta bliskog gledišta jer u protivnom ne bi proistekle skoro identične geotektonske granice na tektonski veoma složenom prostoru.

Iz prikazane rejonizacije proizilazi moje shvatanje da pod Panonidima treba podrazumevati Ptujsko-balatonsku i Bačko-banatsku staru kopnenu masu, geosinklinalni pojas na potezu Meček — Bekeščabe (i nadalje prema severnim Apusenima), kao i druge eventualno postojeće slične strukture na severnom delu Panonske depresije.

Prostranstvo SMM severno od Dunava

Izloženo geotektonsko rejoniranje međugraničnog prostora Dinarida, Panonida i SMM iziskuje da sa nekoliko reči iznesem i pogled na prostranstvo SMM severno od Dunava.

O prostranstvu SMM severno od Dunava, ispod sedimentnog pokrivača, razmatrano je u relativno malom broju radova. Po K. Petkoviću 1961. SMM se spaja sa potonulim delom Panonske mase, a po L. Koberu 1952. i M. Anđelkoviću 1967. se nastavlja u Getikum Rumunije. M. Dimitrijević, polazeći od litološkog sastava podine tercijara istočno od Tise, smatra da nije isključeno da u ovom pravcu leži nastavak zapadne granice SMM. »U tom slučaju bi se Srpsko-makedonska masa, posle suženja u širini Juhora i Crnog Vrha, širila i granala prema severu, gde je svaka diskusija njenog položaja preuranjena na današnjem stepenu našeg poznavanja vanredno složenog i heterogenog panonskog prostora« (M. Dimitrijević, 1967).

Kao što sam istakao, istočni dubinski razlom južno od Ilandže predstavlja granicu između Vardarske zone (Unutrašnjih Dinarida) i SMM. Određivanjem njegovog prostiranja preko Panonske depresije uz analizu podataka gravimagnetskih ispitivanja i bušenja na području JI Banata omogućeno je i dokumentovanije praćenje rasprostranjenja SMM severno od Dunava, koju na znatnom delu prekrivaju sedimenti neogena. Po konfiguraciji magnetskog i gravitacionog polja (pravcima anomalija i dr.) jasno se zapaža lučno povijanje struktura kristalinika, saglasno sa povijanjem istočnog dubinskog razloma tako da proizilazi da se SMM ispod pokrivača lučno povija nastavljajući se na Getikum Rumunije, odnosno kristalinikum Transilvanskih Alpa (prilog 8).

Idući ka jugu od Dunava, SMM se sve više širi i iskazuje svoj individualitet. Istina u graničnim delovima prema Dinaridima i Karpatobalkanidima ona ima neke tektonske odlike susednih jedinica. Uopšte uzevši, za deo terena južno od Dunava, znači izvan panonskog prostora, prihvatljivo je gledište M. Dimitrijevića da je SMM samo delimično bila mobilna i zahvatana transgresijama.

ZAKLJUČAK

Podaci do sada izvršenih aeromagnetskih ispitivanja na području Unutrašnjih Dinarida već na prvi pogled ukazuju na mogućnost izvlačenja iz njih brojnih geoloških informacija. Uporednim proučavanjem anomalnog magnetskog polja i litološkog sastava terena proistekli su konkretni problemi koji mogu biti rešavani na bazi aeromagnetskih podataka ili čijem rešavanju aeromagnetski podaci mogu doprineti u kontekstu sa ostalim geološko-geofizičkim podacima. Posebno je značajna činjenica da su magnetske anomalije utvrđene i preko znatnih delova terena koje izgrađuju nemagnetične sedimentne stene, što je dalo osnova za sticanje korisnih geoloških saznanja iz aeromagnetskih podataka o geološkom sklopu podpovršinskih delova Zemljine kore.

U cilju ostvarivanja doprinosa u rešavanju postavljenih geoloških problema na bazi aeromagnetskih podataka prevashodno je razmatrano pod kojim se uslovima i uz kakva ograničenja mogu koristiti aeromagnetski podaci. S tim u vezi data je ocena gustine postojećih aeromagnetskih podataka i preporuka optimalnih metodoloških elemenata za dalja aeromagnetska ispitivanja na području Unutrašnjih Dinarida i iznete su teoretske osnove mogućnosti doprinosa aeromagnetskih podataka. Proučavanjem problematike odredbe optimalnih metodoloških elemenata za merenje geomagnetskog polja sa letilice i kvantitativne interpretacije anomalija ΔT proistekle su i neke analitičko-grafičke relacije koje mogu imati praktičnu primenu. Po pitanju optimalnih metodoloških elemenata došlo se do zaključka o potrebi uvođenja faznosti u aeromagnetskim ispitivanjima na području Unutrašnjih Dinarida. Ocenjeno je da su u I fazi celishodna sistematska ispitivanja čitavog područja, u cilju ostvarivanja doprinosa poznavanju osnovnog geološko-tektonskog sklopa a time i selekciji rudno-potencijalnih terena. Na izdvojenim terenima u II fazi, namenjenoj istraživanju rudnih ležišta, preporučuje se izvršenje kompleksnih aerogeofizičkih ispitivanja — magnetskih, radiometrijskih i elektromagnetskih. Po pitanju kvantitativne interpretacije anomalija ΔT dat je novi postupak za utvrđivanje dubine donjeg kraja uzročnika forme vertikalnog debelog sloja, što predstavlja prilog olakšanom izučavanju dubljih delova Zemljine kore.

Interpretacijom anomalnog magnetskog polja ispitanih delova Unutrašnjih Dinarida proistekla su neka nova geostrukturna saznanja, koja sama za sebe predstavljaju određeni doprinos poznavanju geološke građe ove nesumnjivo interesantne geotektonske jedinice. Značajnija od njih su:

— Utvrđeno je prisustvo i prostranstvo bazita na terenima čije površinske delove izgrađuju sedimentne i druge tvorevine (D. Kapija — Skopska Crna Gora, Veleško-roždenska oblast, predeli Kišnice i Trepče, Gledić — Avala, Fruška Gora, Bosanska Krajina), zahvaljujući čemu je utvrđeno i prostranstvo značajnijih dubinskih razloma;

— Ustanovljeni su rejoni gde se sa velikim stepenom verovatnoće može očekivati postojanje prekrivenih kiselijih magmatita — plutonita i manjih intruzivnih tela subvulkanskog ili hipoabisalnog karaktera (Kosmaj — Barajevo, Rudnik, Živkovci, Dilj);

— Sagledani su prostori u kojima se najverovatnije nalaze koreni delovi eruptiva — vulkanski aparati (Kratovsko-zletovska oblast. Šumadija);

— Izdvojeni su rudno potencijalni i perspektivni tereni, u pogledu mogućnosti otkrivanja novih ležišta ruda gvožđa, zatim skrivenih ležišta olova, cinka i drugih mineralnih sirovina (Veleško-rođdenska oblast, pojas Kišnica — Belo Brdo — Kotlenik — Rudnik — Barajevo, SZ Srbija);

— Na bazi aeromagnetskih podataka do sada je na području Unutrašnjih Dinarida otkriveno značajno ležište Pb-Zn kod Zijače, a prema podacima najnovijih istraživanja veliki su izgledi da se to učini i na području Kosmaj — Barajevo.

Osim navedenog, doprinos aeromagnetskih podataka se ogleda i kroz činjenicu da su u kontekstu, sintezi sa nekim drugim geološko-geofizičkim podacima sa područja Unutrašnjih Dinarida i susednih regiona inicirali određena zapažanja koja takođe predstavljaju prilog osvetljavanju geostrukturnih odnosa na ovom području. Stečena su neka nova shvatanja na bazi kojih je određeno prostranstvo i izvršeno geotektonsko raščlanjavanje Unutrašnjih Dinarida. Konkretnije, sagledane su ili preciznije određene granice rasprostranjenja Unutrašnjih Dinarida i njenih integralnih delova; zatim je po položaju u odnosu na dubinske razlome ustanovljen geotektonski položaj magmatita i rudnih ležišta, odnosno ustanovljena je verovatna zakonitost u prostornoj pojavi magmatita i orudnjenja, i dat je dokumentovaniji (u odnosu na dosadašnja shvatanja) pogled na opšti geotektonski sklop međugraničnog prostora Dinarida, Panonida i SMM, strukturno jednog od najinteresantnijih u Jugoslaviji.

Na osnovu ustanovljenog prostranstva dubinskih razloma i verovatno postojećih mezozojsko-paleogenih kopnenih masa na južnom delu Panonske depresije, zatim po magmatsko-metalogenetskim karakteristikama i ostalim bitnim elementima za geotektonsku rejonizaciju (litostratigrafskim i dr.), proistekao je zaključak da istočnu granicu Unutrašnjih Dinarida, prema SMM, obeležava Istočni dubinski razlom na pravcu Dojran — Aleksandrovac — Ilandža, zapadnu i severozapadnu — Zapadni dubinski razlom na potezu Studena Voda — Maljen — Topusko koji Unutrašnje Dinaride razgraničava od Središnjih i severnu granicu, prema Panonidima, čini Severni dubinski razlom na pravcu Barč — Osijek — Zrenjanin. Unutrašnje Dinaride od Istočnih Alpa razdvaja dubinski razlom na pravcu Zagreb — Koprivnica. Poprečnim razlomom koji se prostire u pojasu Kolubare Unutrašnji Dinaridi su podeljeni na dve jedinice relativno nižega reda, na Vardarsku i Slavonsko-sremsku zonu. Ove zone se odlikuju svojim specifičnostima, ali nesumnjivo čine integralne delove Unutrašnjih Dinarida čiji određeni tektono-strukturni individualitet uslovljavaju u prvom redu dubinski razlomi.

Na kraju, proističe zaključak da rezultati dosadašnjih aeromagnetskih ispitivanja ukazuju na celishodnost njihovog proširenja i na neispitane delove terena, ne samo Unutrašnjih Dinarida, već Jugoslavije u celini i to primenom savremene visokoprecizne tehnike.

(Rukopis predat za štampu oktobra 1976. godine).

LITERATURA

1. Affleck J., 1958: Interrelationships between magnetic anomaly components. Geophysics, V. 23, No. 4.
2. Affleck J., 1963: Magnetic Anomaly Trend and Spacing Patterns. Geophysics, No. 3.
3. Agocs W., 1955: Line Spacing Effect and Determination of Optimum Spacing, Illustrated by Marmora, Ontario, Magnetic Anomaly. The Canadian Mining and Metallurgical, October, Montreal.
4. Anđelković M., 1960: Paleogeografija i tektonika jednog dela Unutrašnjih Dinarida — Geološki anali Balk. pol., knj. XXVII, Bgd.
5. Anđelković M., 1964: Rasprostranjenja Šumadijske zone prema severu i jugu i njena geotektonska pripadnost — Zapisnici SGD, izdati 1966., Bgd.
6. Andelković M., 1967: Šumadijska zona — stratigrafija, paleogeografija, magmatizam i tektonika — Geol. anali Balk. pol. XXXIII, Bgd.
7. Anđelković M., Lupu N., 1967: Die Geologie der Šumadija und Mures zone — Kbga, Bgd.
8. Anđelković M., i dr., 1970: Stanje i dalji razvoj tektonskih istraživanja u SR Srbiji. Simpozijum, Beograd.
9. Andreev B., 1965: Geofizičeskie metodi v regionalnoj strukturnoj geologii. »Nedra«, Moskva.
10. Andreev V., 1967: Opredelenie glubini zaleganija, moščnosti i intensivnosti namagničenija tel prostejših form po anomalnim ploščadjam. Geologija i Geofizika, No. 9, Novosibirsk.
11. Antonović A., 1968: Proučavanje vulkanita Jugoslavije. Stručni fond IGRI, Beograd.
12. Aprodov V., 1965: Neotektonika, vulkaničeskie provincii i velikie sejsmičeskie pojasa mira. Izd. moskov. univ.
13. Aranđelović D., 1957: Osvrt na dosadašnja geofizička ispitivanja u Banatu — Vesnik ZGGI, knj. XIV, Bgd.
14. Aranov I., 1964: K voprosu ob efektivnosti nektorih transformacii gravitacionih i magnitnih polej. Razvedočnaja Geofizika, No. 1, »Nedra«, Moskva.
15. Arsovski M., 1960: Nekoj osobenosti na tektonskiot sklop na centralniot del na Pelagonskiot horst antiklinorium i njegoviot odnos so Vardarska zona — Trudovi, sv. VII, Skopje.
16. Aubouin J., 1965: Italo-Dinarskaja sistema i ee sotnošenia s Alpijskoj dugoj — Tektonika Alpske oblasti, Moskva.
17. Ažgirej G., 1966: Strukturnaja geologija. Izdatelstvo Moskovskovo Universiteta.
18. Balaškin G., i dr., 1967: O vozmožnosti primenenija aeromagnetnoj semki pri poiskah kimberlitovih i karbonatitovih tel v Jakutii. Razvedka i ohrana nedr, No. 3, Moskva.
19. Balaškin G., 1971: Efektivnost ispolzovanija nazemnoj magnitnoj i aeromagnitnoj semok pri poiskah kimberlitovih trubok. Ibid.
20. Balogh K., Körössy L., 1968: Tektonische Karte Ungarns im mastabe 1 : 1000000 — Acta Geol. Acad. Scien. Hung. 12.
21. Bean R., 1966: A rapid graphical solution for the aeromagnetic anomaly of the two-dimensional tabular body. Geophysics, No. 5.
22. Bešić Z., 1951: Prilog poznavanju rasporeda i starosti geološke građe u Dinaridima — Glasnik prirod. muzeja Srpske zemlje, ser. A, knj. 4, Bgd.

23. Bešić Z., 1951: Neki novi pogledi i shvatanje u geotektonici Dinarida — ibid.
24. Bogojevski K., 1973: Olovo cinkana ležišta i pojava u SR Makedoniji — I Savetovanje »Istraživanje Pb—Zn mineralizacije na teritoriji SFRJ«, Trepča.
25. Bončev E., 1950: Geologija na Balgarija — Sofija.
26. Bončev E., 1965: Probleme der Lineamenttektonik im östlichen teil der Balkanhalbinsel — Bull of the »Strašmir Dimitrov«, Instit. of geol. vol. XIX, Sofija.
27. Bott M. i Smithson S., 1967: Gravity Investigations of Subsurface shape and Mass Distributions of Granite Batholits, Geol. Soc. of Am. Bulletin, v. 78.
28. Brjun Ž., Bornovas Ž., 1964: Tektonika Grecije — Meždunarodnij geologičeskij Kongres, Moskva.
29. Brjusov A., 1964: Amplitudnij metod ocenki glubin zaleganija vozmuščajuščih obektov po gravitacionim i magnitnim anomalijam, zadanim na različnih visotah. Razvedočnaja Geofizika, No. 1, »Nedra«, Moskva.
30. Bulina L., 1961: Ob ispolzovanii materialov aeromagnitnoj semki dlja izučenija glubinovo stroenija zemnoj kori v predelah Sibirskoj platformi. Sovetskaja Geologija, No. 5.
31. Cioflica G. i dr., 1973: Alpine volcanism and Metalogenesis in the Apuseni Mountains. Symposium Volcanism and Metallogenesis, Bucharest.
32. Cissarz A., 1966/67: Nova sistematika ležišta na geotektonskoj osnovi i njena primena na Jugoslovenska ležišta. Zbornik Rudarsko-geološkog fakulteta sv. 9—10, Beograd.
33. Cvijić J., 1924: Geomorfologija I, Bgd.
34. Ćirić B., 1953: Prilog poznavanju »severne prelazne zone« — Vesnik ZGGI, knj. X, Bgd.
35. Ćirić B., 1957: Tercijarni, tektonski i magmatski pokreti na Kopaoniku. Drugi kongres geologa, Sarajevo.
36. Ćirić B., Karamata S., Smejkal S., 1962: Vodič za ekskurziju — magmatske stene, geološka građa i rudna ležišta Kopaonika. V Savetovanje geologa FNRJ, Beograd.
37. Dimitresku I., 1964: Tektonika Rumunije — Meždunarodnij geologičeskij Kongres, Moskva.
38. Dimitrijević B., 1931: Avala. Posebno izdanje SAN knj. LXXXV, Beograd.
39. Dimitrijević M., Karamata S., 1966: Osvrt na genezu Kopaoničkog granodioritskog masiva. Zapisnici Srpskog geološkog društva, Beograd.
40. Dimitrijević M., 1967: Srpsko-makedonska masa. KBGA, VIII Kongres, Beograd.
41. Dimitrijević M., 1971: Variscijski metamorfizam u aksijalnom delu Balkanskog poluostrva. Zbor SGD, Beograd.
42. Dimitrijević M., 1974: Dinaridi: Jedan model na osnovama »nove globalne tektonike«. Simzozijum metalogenije i koncepcije geotektonskog razvoja Jugoslavije, Beograd.
43. Dortman N. i dr., 1964: Fizičeskie svojstva gornih porod i poleznih iskopaemih SSSR. »Nedra«, Moskva.
44. Dragašević T. i Andrić B., 1973: Dosadašnji rezultati ispitivanja građe zemljine kore dubokim seizmičkim sondiranjem na području Jugoslavije. Materijali simpozijuma o seizmotektonici Unesco/Undp, Dubrovnik
45. Dragašević T., 1974: Savremena građa zemljine kore i gornjeg omotača na području Jugoslavije. Simpozijum metalogenija i koncepcija geotektonskog razvoja Jugoslavije, Beograd.
46. Dzabaev A., 1969: Osnovi poiskov i izučenija neftegazonosnih struktur aeromagnitnim metodom. Institut Geologii, Ašhabad.
47. Evdokimov J. i dr., 1971: Sravnitelnaja ocenka efektivnosti poiskovih metodov po verojatnosti peresečenija iskomih obektov. Razvedka i ohrana nedr, No. 11, Moskva.
48. Fedinskij V., 1964: Razvedočnaja Geofizika. »Nedra«, Moskva.
49. Filipović I. i dr., 1967: Tumač za osnovnu geološku kartu lista Vladimirci 1 : 100.000, ZGGI, Beograd.
50. Forgan C. B., 1948: Ore deposits at the Stari Trg leadzinc mine-Yugoslavia. Reprinted from International Geological Congress Report of the Eighteenth Session. Great Britain, Part VII, London.
51. Gay P., 1963: Standard curves for interpretation of magnetic anomalies over long tabular bodies. Geophysics, No. 2.

52. Gelfand N., 1967: K opredeleniju nižnej granici vertikalnovo plasta po gravitacionim magnetnim anomalijam. Geologija i Geofizika, No. 3, Novosibirsk.
53. Gelfand N., 1969: K opredeleniju nižnej granici feromagnetizma v zemnoj kore. Geologija i Geofizika, No. 10, Novosibirsk.
54. Ginsca D. i dr., 1973: Neogene volcanism and metallogenesis in the Gutai Mountains. Simposium volcanism and metallogenesis, Bucharest.
55. Gladkij K., 1967: Gravirazvedka i magnitorazvedka. »Nedra«, Moskva.
56. Grant F. i Martin L., 1966: Interpretation of aeromagnetic anomales by the use of characteristic curves. Geophysics, v. 31, No. 1.
57. Grubić A., 1960: Geologija terena između Ajvalije i Novog Brda i osvrt na probleme Vardarske zone — Zbornik Rud.-geol. fak. knj. 6, Bgd.
58. Grubić A., 1966: Tektonske karakteristike Vardarske zone — VI Savetovanje geologa, Ohrid.
59. Grubić A., 1970: O problemu granice između južnih Karpata i Balkanida u Istočnoj Srbiji — Geol. anali Balk. pol. knj. XXXV, Bgd.
60. Grupa autora, 1963: Aeromagnitnaja semka v geologiji. Gosgeoltehizdat, Moskva.
61. Grupa autora, 1963: Voprosiizučenija i metodi poiskov skritovo orudnenija. Gosgeoltehizdat, Moskva.
62. Grupa autora, 1964: Tektonika, magmatizm i zakonomernosti razmeščenija rudnih mestoroždenij. »Nauka«, Moskva.
63. Grupa autora, 1967: Aeromagnitnaja semka. Fizičeskie osnovi i tehničeskie sredstva aerometodov, »Nauka«, Leningrad.
64. Grupa autora, 1969: Magnitorazvedka. Spravočnik Geofizika, t. VI, Moskva.
65. Hadži E., 1964: Osnovne crte geološkog razvoja južnog dela Panonske oblasti — Zapisnici SGD, izdati 1969., Bgd.
66. Hadži E., 1964: Kratak prikaz glavnih tektonskih crta južnog dela Panonske oblasti — Ibid.
67. Hadži E., 1965: Pokušaji tektonskog raščlanjavanja Panonske oblasti sa kratkim osvrtom na probleme »Orijentalnog kopna« — Ibid.
68. Hadži E., 1965: Problemi Panonske međuvenačne mase i međuvenačnih masa uopšte — Ibid.
69. Haritonov V., 1964: Ob ispozovanii analitičeskogo prodolženija magnitnih polej v nižnee poluprostranstvo dlja geologičeskovo kartirovanija. Geofizičeskij sbornik, vip. 7 (9), ANUSSR, Kijev.
70. Henderson R. i Zietz I., 1949: The upward continuation of anomalies in total magnetic intensity fields. Geophysics, v. 14, No. 4.
71. Henderson R. i Zietz I., 1967: The computation of second vertical derivatives of geomagnetic fields. Soc. Explor. Geophysicists' Mining Geophysics, V. 2 (theory).
72. Henderson R., 1970: On the validity or the use of the upward continuation integral for total magnetic intensity data. Geophysics, V. 35, No. 5.
73. Hood P., 1965: Gradient measurements in aeromagnetic surveying. Geophysics, V. 30, No. 5.
74. Hristov S. i dr., 1965: Tumač za osnovnu geološku kartu lista Kavadarci 1 : 100.000. Geološki zavod, Skopje.
75. Ilić M., 1962: Položaj kvarclatita u razvoju našeg tercijarnog vulkanizma. V Savetovanje geologa, Beograd.
76. Ilić M., 1965: Osnovne karakteristike razvoja tercijarnog magmatizma u Unutrašnjim Dinaridima i Rodopima. VI Savetovanje geologa, Ohrid.
77. Ilić M., 1967: Položenie ofiolitov v geotektoničeskom razvitii Dinarid. Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae Tomus II (1—3), Budimpešta.
78. Ilić M., 1971: Prilog poznavanju osnovnih geoloških problema alpinotipnih ultrabazita. Zbornik radova Rudarsko-geološkog fakulteta, sv. 13, Beograd.
79. Ivanov S., 1968: Ob opredelenii glubini zaleganija nižnej granici magnitnih polej. Vestnik moskov. univ., geologija, 5.
80. Ivanov S., 1969: K metodike sovmestnovo opredelenija parametrov vozmuščajaščih magnitnih tel. Vestnik moskov. univ., geologija, 2.
81. Ivanov M. i dr., 1969: Poiski vulkaničeskih aparatov metodom gravimetrii. Razvedka i ohrana nedr, No. 5, Moskva.
82. Ivković A. i dr. 1966: Tumač za osnovnu geološku kartu lista Pančevo 1 : 100.000. ZGGI, Beograd.
83. Izmajilov N., 1960: Glavne crte tektonike Makedonije — Trudovi, sv. 7, Skopje.

84. Jakovljević Ž., 1970: Proučavanje sedimenata Panonskog basena. Fond stručnih dokumenata IGRI, Bgd.
85. Janković S., 1967: Metalogenetske epohe i rudonosna područja Jugoslavije, Beograd.
86. Janković S., 1974: Metalogenetske provincije Jugoslavije u prostoru i vremenu. Simpozijum metalogenija i koncepcija geotektonskog razvoja Jugoslavije, Beograd.
87. Janovskij B., 1964: Zemnoj magnetizam I i II. Izd. lenin. univ.
88. Jaroš A., 1963: Opredelenie glubini do poverhnost, vozmuščajuščih mas po magnitnim i gravitacionim nabljudenijam. Geofizičeskaja razvedka, vip. 12, Moskva.
89. Jaroš A., 1964: Opredelenie glubini zaleganija vozmuščajuščih mas po rezultatam magnitnih i gravitacionih nabljudenij. Geologija i Geofizika, No. 9, Novosibirsk.
90. Kandić M. i dr. 1970: Metalogenetske karakteristike rudnog polja Trepče. Fond stručnih dokumenata rudnika Trepče.
91. Karamata S., 1962: Tercijarni magmatizam Dinarida, njegove faze i njegove glavne petrohemijske karakteristike. V. Kongres geologa, Beograd.
92. Kasatkin D., 1963: O metodike geologičeskoj interpretacii gravimagnitnih semok masštaba 1 : 200.000. Geofizičeskaja razvedka, Vip. 12, Moskva.
93. Kober L., 1952: Leitlinien der Tektonik Jugoslaviens — Posebna izdanja SAN, knj. 3, Bgd.
94. Koch F., 1924: Geotektonische Beobachtungen in alpinodinarischen Grenzgebiete — Zbornik radova posvećen J. Cvijiću, Bgd.
95. Korčagin V., 1963: Aerogeofizičeskie metodi poiskov mestoroždenij redkih elementov. Gosgeoltehizdat, Moskva.
96. Kossmat F., 1924: Geologie der Zentralen Balkanhalbinsel — Die Kriegschanplätze 1914—1918, geol. degrestelt H, 12.
97. Koulomrine T i dr., 1970: New methods for the direct interpretation of magnetic anomalies caused by inclined dikes of infinite length. Geophysics, V. 35, No. 5.
98. Krasnikov V., 1965: Osnovi racionalnoj metodiki poiskov rudnih mestoroždenij. »Nedra«, Moskva.
99. Krejter V., 1964: Poiski i razvedka mestoroždenij poleznih iskopaemih. »Nedra«, Moskva.
100. Kunin N., 1972: Kompleksirovanie geofizičeskih metodov pri geologičeskih isledovanijah. Ibid.
101. Larionov V., 1964: Aeromagnitnaja semka. Aerometodi pri geologičeskoj semke i poiskah poleznih iskopaemih, tom I, »Nedra«, Moskva.
102. Larionov V., 1964: Opredelenie vertikalnih razmerov vozmuščajuščih obektov po funkcijam *T (z)* i *Z (z)*. Geologija i Geofizika, No. 5, AN SSSR, Novosibirsk.
103. Larionov V. i Solovev O., 1965: Integralnie sposobi interpretacii povisotnih izmerenij magnitnovo polja. Prikladnaja Geofizika, V. 45, »Nedra«, Moskva.
104. Liley F., 1968: Optimum direction of survey lines. Geophysics, No. 2.
105. Linsser H., 1971: Mapping of tectonics of sediments by airborne magnetics. Geophysical Prospecting, V. XIX.
106. Ljubimov A., 1965: K voprosu ocenki glubini nižnej kromki i namagničenosti dvuhmernih tel prjamougolnovo sečenija po anomalii *Z (V)*. Geologija i Razvedka, No. 7.
107. Logačev A., 1955: Metodičeskoe rukovodstvo po aeromagnetnoj semke. Gosgeoltehizdat. Moskva.
108. Logačev A., 1968: Magnitorazvedka. »Nedra«, Leningrad.
109. Logačev A. i Zaharov V., 1973: Magnitorazvedka. Ibid.
110. Luković M., 1938: Geološki sastav i tektonika istočnog dela planine Skopske Crne Gore (Kara-Daga) — Vesnik geol. Institut. Jug. knj. VII, Bgd.
111. Luković S., 1955: Geološko-petrološka studija Kosmaja. Doktorska disertacija.
112. Magnickij V., 1965: Vnutrenee stroenie i fizika zemli. »Nedra«, Moskva.
113. Maksimović B., Sikošek B., 1954: Geološki sastav i struktura jednog dela Ovčeg polja i Tikveša. Trudovi, sv. 4, Skopje.
114. Maksimović B., 1973: Prilog rejonizaciji Unutrašnjih Dinarida. Zbor SGD, Beograd.

115. Marković B., Vuković M., 1969: Rezultati istraživanja mineralnih sirovina na ležištu Kosmaj — Babe. Fond stručne dokumentacije SGZ.
116. Marković M., Pavlović Z., 1967: Fotogeološka ispitivanja vulkanita u eruptivnoj zoni Kotlenik — Borač. Geološki anali B. P., knj. XXXIII, Beograd.
117. Marinović Đ., 1962: Regionalni pregled geologije i tektonike naftonosnih područja Vojvodine — V Savetovanje geologa, Bgd.
118. Marić S. i dr., 1973: Metalogenetske karakteristike rudne zone Besna Kobila — I Savetovanje »Istraživanje Pb—Zn mineralizacija na teritoriji SFRJ«, Trepča.
119. Medwenitsch W., 1956: Zur Geologie Wadarisch — Macedoniiens (Jugoslawien) Zum Problem der Pelagoniden — Sitzungsb. Abt. I, Bd. H. 4.
120. Medwenitsch W., Sikošek B., 1965: Abris der Geologie und Tektonik Jugoslaviens — VII Kongres KBGA, Sofija.
121. Mićić I., 1966: Mladi plutonizam na zapadnim padinama Kopaonika i Željina. VI Savetovanje geologa, Ohrid.
122. Mićić I., 1968: Kontaktno-metamorfne, pneumatolitske i hidrotermalne promene kao pratioci mladog plutonizma na zapadnim padinama Kopaonika i Željina. Vesnik Zavoda za geološka i geofizička ispitivanja, knj. XXVI, Beograd.
123. Mikov D., 1956: Atlas teoretičeskih krivih dlja interpretacii magnitnih i gravitacionih anomalij. Gosgeoltehizdat, Tomsk.
124. Milić R., 1973: Metalogenetske analogije i prognoze polimetaličnih rudnih polja Šumadije — I Savetovanje »Istraživanje Pb—Zn mineralizacija na teritoriji SFRJ«, Trepča.
125. Miljuš P., 1973: Osnovne crte geološko-tektonske građe Dinarida. Nafta, 7—8, Zagreb.
126. Milovanović B., 1950: Tektonska skica Jugoslavije — Geologija za rudare, Bgd.
127. Milovanović B., 1953: Stratigrafija i tektonika Miroča i Velikog Grebena u severoistočnoj Srbiji — Vesnik ZGGI, knj. 10, Bgd.
128. Mojsilović S. i dr., 1965: Tumač za osnovnu geološku kartu lista Valjevo 1 : 100.000. ZGGI, Beograd.
129. Mojsilović S. i dr., 1968: Tumač za osnovnu geološku kartu lista Zvornik 1 : 100.000. Ibid.
130. Mužijević R., 1957: Rezultati geofizičkih ispitivanja izvedenih u cilju istraživanja ležišta nafte u Vojvodini — Kongres geologa, Sarajevo.
131. Nagata T., 1965: Magnetizm gornih porod. »Mir«, Moskva.
132. Naidu P., 1968: An example of linear filtering in aeromagnetic interpretation. Geophysics, V. 33, No. 4.
133. Naidu P., 1970: Statistical structure of aeromagnetic field. Geophysics, V. 35. No. 2.
134. Nasonov V., 1964: Količestvenaja interpretacija danih nazemnoj povisotnoj semki magnitnovo polja putem sovmestnovo rešenija kravnenij. Razvedočnaja Geofizika, No. 2, »Nedra«, Moskva.
135. Nasonov V., 1965: Interpretacija danih povisotnih magnitnih semok metodom sovmestnovo rešenija uravnenij magnitnovo polja plastoobraznih tel. Razvedočnaja Geofizika, No. 5, »Nedra«, Moskva.
136. Naudy H., 1970: Une methode d'analyse fine des profils aeromagnetiques. Geoph. prosp., No. 1.
137. Naudy H., 1971: Automatic determination of depth on aeromagnetic profiles. Geophysics, V. 36, No. 4.
138. Nikolić D., Simin Đ., 1959: Geologija Banata na osnovu novijih geofizičkih ispitivanja i dubinskih bušenja — Vesnik ZGGI, knj. 17, Bgd.
139. Nikolić D., Kemenci R., 1962: Geološki i petrografski sastav neogene podloge u oblasti Vojvodine — V Savetovanje geologa, Bgd.
140. Pamić J., 1964: Magmatske i tektonske strukture u ultramafitima bosanske serpentinske zone. Posebna izdanja Geološkog glasnika, Sarajevo.
141. Patrut U., Paraschiv D., 1967: Contributions to the Study of Pretortonien in the Transylvanian Depresion — VIII Kongres KBGA, Bgd.
142. Pavlović Z. i dr., 1963: Tumač za osnovnu geološku kartu lista Kraljevo 1 : 100.000. ZGGI, Beograd.
143. Pavlović Z. i dr., 1964: Opšte karakteristike Boračko-kotleničkog eruptivnog kompleksa. Zapisnici SGD, Bgd.

144. Pavlović Z., Marković B., 1966: Pojava granitoida na zapadnim padinama Rudnika. Glasnik Prirodnjačkog muzeja, serija A. 127, Beograd.
145. Pavlović Z. i dr., 1971: Završni godišnji izveštaj o regionalnim istraživanjima u području Šumadije u 1970. godini. Fond SGZ, Beograd.
146. Pavlovskij V. i Serebrjakov, 1964: Nemograma dlja opredelenija elementov zaleganija naklonih plastov konečnovo rasprostranenija na glubini s osevim namagničeniem pokrivim Za. Razvedočnaja Geofizika, No. 1, »Nedra«, Moskva.
147. Pejve A., 1945: Glubinie razlomi v geosinklinalnih oblastjah. Izv. AN SSSR, ser. geol. № 5, Moskva.
148. Pejve A., 1956: Obščaja karakteristika, klasifikacija i prostranstvenoe raspoloženije glubinih razlomov. Izv. AN SSSR, ser. geol. No. 1, Moskva.
149. Pejve A., 1956: Svjaz osadkonakoplenija, skladčatosti, magmatizma i mineralnih mestoroždenij s glubinimi razlomami. Izv. AN SSSR, ser. geol. No. 3, Moskva.
150. Pejve A., 1960: Razlomi i ih rol v stroenii i razvitii zemnoj kori. Meždunarodnij geologičeskij kongres XXI sesija.
151. Pemberton R., 1961: Geophysical survey Coverage in Canada. Canadian Mining Journal, No. 4, Gardenvale.
152. Peters L., 1949: The direct approach to magnetic interpretation and its practical application. Geophysics, V. 14, No. 3.
153. Pešut D., 1962: Tercijarna ležišta olova i cinka u Dinaridima i Rodopima. V Savetovanje geologa, Beograd.
154. Petković V., 1931: Pregled geološke građe i geološke istorije razvitka Jugoslavije, Bgd.
155. Petković K., Anđelković M., 1960: Geološka evolucija Karpatsko-balkanskog geosinklinalnog prostora Istočne Srbije i jedinstvo sastava i građe J. Karpata i Balkana — Geol. anali Balk. pol., knj. 27, Bgd.
156. Petković K., 1961: Tektonska karta FNR Jugoslavije — Glas SAN, odeljenje prirod.-mat. nauka, knj. 22, Bgd.
157. Petrović J., 1963: Izveštaj o reflektivnim seizmičkim ispitivanjima na profilu Vlaški do — Lozovik — Selevac. Fond SGZ, Beograd.
158. Pjatnickij V. i dr., 1967: Postroenie poverhnosti fundamenta po danim aeromagnitnoj semki. Geologija i Geofizika, No. 1, Novosibirsk.
159. Polikarpov V., 1971: Interpretacija magnitnih anomalij *T* ot beskonečno dlinih plastov neograničenovo rasprostranenija na glubini. Ibid.
160. Provodnikov L., 1957: Opredelenie glubini zaleganija vozmuščajuščih tel po uzkolokalnim anomalijam. Izv. AN SSSR, serija geofiz., No. 9, Moskva.
161. Pudovkin I., 1957: Sposob približenoj ocenki elementov zaleganija magnitnih vozmuščajuščih tel. Prikladnaja Geofizika, V. 16, Gostoptehizdat, Leningrad.
162. Pudovkin I., 1960: Prostranstvenij analiz strukturi magnitnovo polja v priloženii jevo k praktike interpretacii anomalii. Prikladnaja geofizika, vip. 25.
163. Putnik S. i dr., 1972: Bakar u dijabaz-rožnačkoj formaciji Jugoslavije. III Savetovanje o istraživanju bakrove mineralizacije na teritoriji SFRJ, Bor.
164. Radulescu D. i dr., 1973: Neogene volcanism in the East Carpathians. Symposium volcanism and metallogenesis, Bucharest.
165. Reford M., 1964: Magnetic anomalies over thin sheets. Geophysics, V. 29, No. 4.
166. Reford M i Sumner J., 1964: Aeromagnetics. Geophysics, No. 4.
167. Rezanov I., 1974: Zemnaja kora. »Nauka«, Moskva.
168. Rivoš A., Šejnberg G., 1964: Geofizičeskoe izučenie kamčatskih vulkanov Geologija i Geofizika, No. 7, Novosibirsk.
169. Robinson E., 1970: Upward continuation of total intensity magnetic fields. Geophysics, V. 35, No. 5.
170. Roksandić M., 1965: O granici između Dinarida i Panonske međuvenačne mase — Zapisnici SGD, izdati 1969. god., Bgd.
171. Roksandić M., 1965: Osnovni elementi strukturološkog sklopa jednog dela Jugoslovenskih Dinarida — VI Savetovanje geologa, Ohrid.
172. Royer G. i dr., 1970: Recent development in the acquisition processing and interpretation of high sensitivity aeromagnetic data. CGG, Pariz.
173. Savrasov D., 1965: Ocenka verojatnosti obnaruženija anomalij geofizičeskimi semkami. Geologija i Geofizika, No. 4, Novosibirsk.

174. Savrasov D., 1966: Rasčet optimalnoj visoti poleta pri poiskah štokoobraznih rudnih tel aeromagnitnimi metodami. Razvedka i ohrana nedr, No. 4, Moskva.
175. Shumacher F., 1950: Ležište Trepča i njegova okolina, Beograd.
176. Shumacher F. i dr., 1950: Magmatsko-tektonske zakonitosti u raspodeli rudnih ležišta na Balkanskom poluostrvu i uz osobiti obzir na Vardarsku zonu. Glasnik prirodnjačkog muzeja Srpske zemlje, A-3, Beograd.
177. Sikošek B., 1958: Tektonski sklop Jugoslovenskih južnih Alpa — Zbornik rad. Geol. Inst. »J. Žujović« 10, Bgd.
178. Sikošek B., Grubić A., Ćirić B., 1967: Geološki problemi Dinarida — Vodič za ekskurziju, KBGA, Bgd.
179. Simić D. i Vanđelj V., 1973: Metalogenija olova i cinka Srbije — opšte karakteristike i rejonizacija — I Savetovanje »Istraživanje Pb—Zn mineralizacija na teritoriji SFRJ«, Trepča.
180. Smejkal S., 1962: Metalogenija tercijarnog magmatizma u Dinaridima i Rodopima. Vodič za ekskurziju, KBGA, Bgd.
181. Smejkal S., 1962: Strukture, mineralizacije, mineralne parageneze i geneza olovo-cinkovih ležišta Kopaoničke oblasti (doktorska disertacija). Beograd.
182. Smellie D., 1956: Elementary Approximations in Aeromagnetic Interpretation. Geophysics, No. 4.
183. Smirnov V., 1965: Geologija poleznih iskopaemih, »Nedra«, Moskva.
184. Sokolov K., 1956: Geologičeskoe istolkovanie magnitorazvedočnih danih. Gosgeoltehizdat, Moskva.
185. Solovev G., 1964: K voprosu ob interpretacii izometričeskih magnitnih anomalij. Geologija i razvedka, No. 7, Moskva.
186. Spector A. i Grant F., 1970: Statistical modes for interpreting aeromagnetic data. Geophysics, V. 35, No. 2.
187. Stefanović D., 1963/64: Remanentno namagnetisanje magmatskih stena. Vesnik ZGGI, knj. IV/V, serija C, Beograd.
188. Stefanović D., 1974: Paleomagnetska verifikacija savremenih hipoteza o tektonskom sklopu Jugoslavije i susednih oblasti. Simpozijum »Metalogenija i koncepcija geotektonskog razvoja Jugoslavije«, Beograd.
189. Stevanović P., 1955: Prilog istorijatu »Revizije« Cvijićeve »prelazne zone« u NR Srbiji — Zapisnici SGD, izdati 1957. god., Bgd.
190. Stračkov M., 1962: Tektonika na Vardarska zona vo predelite na geološka gradba na teritorija Makedonija — VI Savetovanje geologa, Ohrid.
191. Stračkov M., 1965: Tektonika na Vardarska zona vo predelite na SR Makedonija i nekoj opšti prašanja vo vrska so nejzinata gradba. Ibid.
192. Strahov V., 1959: Ob analitičeskom prodolženii dvuhmernih magnitnih polej. AN SSSR, t. 126, vip. 5, Moskva.
193. Strahov V., 1960: Integralnie metodi interpretacii anomalij Z odnovo znaka. Izv. AN SSSR, serija geofiz. No. 4, Moskva.
194. Strahova N. i dr., 1972: O vozmožnosti ispolzovanija statističeskovo analiza aeromagnitnih danih pri geologičeskih isledovanijah. Geologija i razvedka, No. 11.
195. Subotin S., 1961: O svjazi mestoroždenij nefti i gaza s glubinimi razlomami na teritoriji USSR. Geologičeskij sbornik, No. 7—8, izdatelstvo Lvovskovo universiteta.
196. Suvorov A., 1968: Zakonomernosti stroenija i formirovanija glubinih razlomov. »Nauka«, Moskva.
197. Szenas G., 1966: Geofizikai Közlemények — XVI. kötet, 4. szam, Budimpešta.
198. Szentens F., 1964: Tektonika Vengrije — Meždunarodnij geologičeskij Kongres, Moskva.
199. Talwani M., 1965: Computation with the help of a digital computer of magnetic anomalies caused by bodies of arbitrary shape. Geophysics, V. 30, No. 5.
200. Timofeev A., 1956: K metodu harakternih toček. Izv. AN SSSR, serija geofiz., No. 6, Moskva.
201. Topalović A., 1966: Prilog tektonskoj građi Kopaonika sa osvrtom na područje Starog Trga. Referati VI savetovanja geologa FNRJ, Ohrid.
202. Urošević M i dr. 1966: Tumač za osnovnu geološku kartu lista Novi Pazar 1 : 100.000. ZGGI, Beograd.

203. Urošević M. i dr. 1966: Tumač za osnovnu geološku kartu lista Vrnjci 1 : 100.000. Ibid.
204. Vacquier V. i dr., 1951: Interpretation of aeromagnetic maps. Geol. soc. Americ. Mem. 47.
205. Vaščilov J., 1968: Sposob rasčeta glubini nižnevo ograničenija namagničenih mas. Ves. Moskov. univer.
206. Vaščilov J. i Sim A., 1969: Ob opredelenii položenija nižnej kromki namagničenih porod v Zapadnoj Sibiri. Geologija i Geofizika, No. 3, Novosibirsk.
207. Vejnberg A., 1961: Geofizičeskij sposob opredelenija glubini namagničenih tel. Izv. AN SSSR, serija geofiz., No. 1, Moskva.
208. Veselinović D., 1972: Prikaz nove geološke karte Jugoslavije 1 : 500.000 sa naročitim obzirom na stratigrafske i facijalne odnose. Referat, Bečko geološko društvo, Beč.
209. Vukašinović S., 1963: Anomalno magnetno polje Makedonije i njegova veza sa geološkom građom terena. Trudovi, sv. 10, Skopje.
210. Volodarskij R., i Landa T., 1970: Geologičeskaja interpretacija gravitacionih i magnitnih polej s pomoščju EVM. »Nedra«, Moskva.
211. Vukašinović S., 1966: Prostranstvo i kontinuitet bazičnih stena u Vardarskoj zoni na potezu Đevđelija — Priština prema podacima aeromagnetskih ispitivanja. Geol. anali Balk. pol., knj. XXXII, Bgd.
212. Vukašinović S. i Sikošek B., 1966: Prilog poznavanju geološke građe Vardarske zone na bazi rezultata aeromagnetskih ispitivanja. VI Savetovanje geologa, Ohrid.
213. Vukašinović S., 1967: Geomagnetska karakteristika geološko-strukturnog sklopa na potezu Banja Luka — Osijek. Tehnika, br. 11. Bgd.
214. Vukašinović S., 1968: O prostranstvu i strukturnom položaju bazita na području Unutrašnjih Dinarida. Radovi IGRI, sv. 4, Bgd.
215. Vukašinović S., 1970: Neki novi podaci o geološko-strukturnom sklopu Šumadije (na bazi rezultata aeromagnetskih ispitivanja). VII Kongres geologa, Zagreb.
216. Vukašinović S., 1970: Opšte geostrukturne karakteristike Kratovsko-zletovske eruptivne oblasti koje proističu iz rezultata geofizičkih ispitivanja. Radovi IGRI, sv. 7, Bgd.
217. Vukašinović S., 1972: Prilog geotektonskoj rejonizaciji međugraničnog prostora Dinarida, Panonida i Srpsko-makedonske mase. Zbor SGD, Beograd.
218. Vukašinović S., 1973: Geološke implikacije podataka aerogeofizičkih ispitivanja izvršenih na području Trepče. Radovi IGRI, sv. 8, Bgd.
219. Vukašinović S., 1973: Interpretacija aeromagnetske anomalije Kosmaj — — Barajevo, Ibid.
220. Vukašinović S., 1973: Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima Šumadije (izvršenim 1972. godine sa protonskim magnetometrom). Fond IGRI, Beograd.
221. Vukašinović S., 1973: O geotektonskom položaju magmata i orudnjenja Pb—Zn na području Unutrašnjih Dinarida, sa osvrtom na selekciju rudno perspektivnih terena. I Savetovanje »Istraživanje Pb—Zn mineralizacija na teritoriji SFRJ«, Trepča.
222. Vukašinović S., 1974: Jedan pogled na pitanje geotektonske i metalogenetske rejonizacije Jugoslavije. Zbor SGD, 12. II 1974. god., Beograd.
223. Vukašinović S., 1974: Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima na terenu SZ Srbije. Fond IGRI, Beograd.
224. Vukašinović S. i Višić S., 1974: Izveštaj o istraživanju uzročnika aeromagnetske anomalije Kosmaj — Barajevo. Ibid.
225. Vukašinović S., 1974: Prilog izučavanju građe Zemljine kore na teritoriji Jugoslavije na bazi aeromagnetskih podataka. VIII Kongres geologa, Bled.
226. Vukašinović S., 1975: Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima na terenu Zapadne Srbije. Fond IGRI, Beograd.
227. Vuković M., 1962: Kontaktni metamorfizam tercijarnog magmatizma u unutrašnjoj Dinarskoj zoni na teritoriji SR Srbije. VI Savetovanje geologa, Ohrid.

Summary

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ*

THE ANOMALIOUS MAGNETIC FIELD AND THE STRUCTURE OF INNER DINARIDES

(Based on aeromagnetometric data)

The aeromagnetometric investigation, conducted so far in the area of Inner Dinarides, have supplied the numerous interesting geological data. In addition to the interesting results obtained by comparing the lithological features and the anomalious magnetic field, of particular importance is the presence of magnetic anomalies in the areas of non-magnetic sedimentary rocks, which indicate the composition of the subsurface part of Earth's crust.

The important factors represent the knowledge of different limitations of aeromagnetometric method, and the selection of the optimal methodology. It seems that the investigations should be conducted in two phases; the first phase, consisting of a systematic exploration of the entire area, supplies the data on the geological and structural features and on the selection of potential ore-bearing areas; the second phase, conducted in these potential areas, should include, in addition to aeromagnetometric, the radiometric, and electromagnetic air-borne methods as well. A new approach in determination of the depth of lower part of a source in form of a thick layer, based on the quantitative interpretation of ΔT anomalies, has been suggested; this apparently represents a contribution to a simplified study of deeper parts of Earth's crust.

Among the important geological and structural data obtained in the course of this investigation so far, are:

— the determination of presence and extent of basic rocks in areas covered by sediments and other rocks (D. Kapija — Skopska Crna Gora, Veles — Rožden area, Kisnica and Trepča, Gledić — Avala, Fruška Gora, Bosanska Krajina), which supplied the data on extension of more important deep lineaments as well;

---

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear and other raw materials — Beograd.

— the areas where, with a high degree of confidence, the presence of the burried acidic plutons and minor subvolcanic or hypoabyssal intrusives, were delineated (Kosmaj — Barajevo, Rudnik, Živkovci, Dilj);

— the most probable areas where the feeders of volcanic activity and their roots are located, were determined (Kratovo — Zletovo area, Šumadija);

— the potential and prospective areas, where the new iron and concealed lead, zinc and other mineral deposits, can be expected (Veles — — Rozden area; Kišnica — Belo Brdo — Kotlenik — Rudnik — Barajevo belt, in NW Serbia), were delineated;

— the important lead—zinc deposit near Zajača was discovered by study of aeromagnetometric data of Inner Dinarides area so far, and the recent investigation indicate that similar deposit could be expected in Kosmaj — Barajevo area as well.

In addition to these results, the magnetometric data for the Inner Dinarides and adjacent areas, when combined with the other geological and geophysical data, can supply the interesting conclusions on structural relations and geotectonic subdivision of Inner Dinarides. The extension of Inner Dinarides and its integral parts were more precisely determined; relative to deep lineaments,geotectonic positions of magmatic rocks and mineral deposits, as well as their probable controlling factors, were better understood. Also important are the new ideas on the structural features of boundary areas between the Inner Dinarides, Panonides, and Serbo-Macedonian mass, in structural sense one of the most interesting areas in Yugoslavia.

According to the trend of deep lineaments, and the probable presence of Mesozoic-Paleogene continental masses in the southern part of Panonian Basin, as well as the magmatic, metallogenetic and other data important in geotectonic subdivision, in can be concluded that the eastern boundary of Inner Dinarides represents the Dojran — Aleksandrovac — Ilandža eastern deep lineament, western and northwestern the Studena Voda — Maljen — Topusko western deep lineament which separates the Inner from Central Dinarides, and the northern, towards the Panonides, the Barc — Osijek — Zrenjanin northern deep lineament. The boundary between the Inner Dinarides and the Eastern Alps represents the Zagreb — Koprivnica deep lineament. The transversal lineament in the Kolubara zone divides the Inner Dinarides into the Vardar and the Slavonian — Central zone, both these units being of a relatively lower geotectonic order. Both these zones have their own peculiar features, but undoubtfully represent the integral parts of Inner Dinarides, which characteristic structural identity is determined, in the first place, by deep lineaments.

It can be also concluded that the results obtained so far point out that similar investigation should be applied not only to other parts of Inner Dinarides, but in the Yugoslavia as a whole; in these future investigations, the application of highly precise instrumentation is a paramount.