



Institutul Geologic al României

INSTITUT GÉOLOGIQUE
ÉTUDES TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES

SÉRIE D

Prospections géophysiques

Nr. 7

ÉTUDES ET RECHERCHES
DE GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE

BUCAREST
1970



Institutul Geologic al României

93280

INSTITUTUL GEOLOGIC
STUDII TEHNICE ȘI ECONOMICE

SERIA D

Prospecțiuni geofizice

Nr. 7

STUDII ȘI CERCETĂRI
DE GEOFIZICĂ APLICATĂ



BUCUREŞTI
1970



Institutul Geologic al României

CONTENU

(Résumés)

	<u>Page</u>
Şt. Airinei, S. Stoenescu, Georgeta Velcescu. État des travaux de rédaction des cartes gravimétriques (anomalie de Bouguer) et magnétométriques (ΔZ et ΔZa) échelle au 1/200 000	24
I. Plăvan, S. Dumitru. Anomalie de la gravitation de l'aire miocène et des zones adjacentes entre Mălini et Solca (N de la Moldavie)	38
M. Visarion. Anomalies locales de la pesanteur dans l'aire du flysch marginal et externe de la partie centrale de la Moldavie	57
R. Botezatu, J. Andrei, C. Calotă, M. Visarion. Étude de la densité des roches effectuée dans la zone de l'éruptif néogène de Baia Mare	69
M. Sucăava, S. Fotopolos. Prospections gravimétriques dans les Monts Călimani	84
M. Sucăava, A. Proca. Prospections gravimétriques dans les Monts Gurghiu et la partie septentrionale du Mont Harghita	103
A. Proca, P. Lungu. Précisions tectoniques dans la zone de Mărtiniş-Sinpaul (district d'Odorhei) basées sur des renseignements gravimétriques	116
Şt. Airinei, Georgeta Velcescu. Travaux expérimentaux gravimétriques — magnétométriques effectués pour la prospection de la bauxite de Pădurea Craiului (secteur de Cornetu et de Zece Hotare)	142
S. Stoenescu, M. Visarion. Étude sur l'anomalie de la pesanteur dans la zone du massif de sel de Ocna Sibiu	158
Şt. Airinei. Travaux effectués en terrain dans le cadre de l'Institut Géologique et de l'Institut de géophysique appliquée du Comité d'Etat pour la Géologie, entre 1961—1967, pour rédiger les cartes gravimétriques et magnétiques de la République Socialiste de Roumanie, échelle au 1/200 000	171
P. Constantinescu, S. Spinoche, Fl. Scurtu. Utilisation des ondes sismiques continuellement réfractées pour établir la distribution des vitesses dans la Dobrogea centrale	179
M. Popescu, S. Spinoche. Prospections séismométriques par réfraction dans le bassin de Zalău	184
Eleonora Spinoche, S. Spinoche. Prospections sismiques pour le soubassement du bassin du Ciuc inférieur	195
I. Cornea, I. Cindea. Quelques considérations concernant l'application de la technique numérique dans les recherches séismométriques	229
Cr. Mihail, S. Niclau. Recherches électrométriques dans la région de Tarna Mare (Monts Oaş)	244
Cr. Mihail. Investigations électrométriques pour découvrir de nouvelles zones minéralisées dans l'éruptif néogène des Monts Gutii	259
Cr. Mihail. Profondeurs et relief du soubassement du bassin de Gheorghieni relevés par les données électrométriques	270
L. Atanasiu, F. Gheorghiu, S. Seiceanu. Nouveaux procédés pour détecter la présence des substances minérales utiles dans les formations éruptives et cristallines, à l'aide des travaux géophysiques faits dans les forages (Carei — Baia Mare)	282
L. Boiucaner. Spectromètre gamma à 16 canaux pour les prospections radiométriques	296



C U P R I N S

Pag.

Şt. Airinei, S. Stoenescu, Georgeta Velcescu. Stadiul lucrărilor de redactare a hărților gravimetrice (anomalia Bouguer) și magnetice (ΔZ și ΔZa) la scara 1 : 200.000 ale R. S. România	7
I. Plăvan, S. Dumitru. Anomalia gravitației pe aria miocenă și zonele adiacente dintre Mălini și Solea din Moldova de N	27
M. Visarion. Anomalii locale de gravitate pe aria flișului marginal și extern din Moldova centrală	41
R. Botezatu, J. Andrei, C. Calotă, M. Visarion. Studiul densității rocilor din zona eruptivului neogen de la Baia Mare	59
M. Sucava, S. Fotopolos. Prospecțiuni gravimetrice în munții Călimani	71
M. Sucava, A. Proca. Prospecțiuni gravimetrice în munții Gurghiu și Harghita de nord	89
A. Proca, P. Lungu. Precizări tectonice în zona Mărtiniș-Sinpaul (Odorhei) pe baza unor date gravimetrice	107
Şt. Airinei, Georgeta Velcescu. Lucrări experimentale gravimetrice-magnetometrice pentru prospectarea bauxitei din Pădurea Craiului (sectoarele Cornetu și Zece Hotare)	119
S. Stoenescu, M. Visarion. Studiul anomaliei gravitației din zona măsivilui de sare de la Ocna Sibiului	145
Şt. Airinei. Lucrări de teren executate în cadrul Institutului Geologic și Institutului de Geofizică Aplicată ale Comitetului de Stat al Geologiei, în perioada 1961–1967, pentru redactarea hărților gravimetrice și magnetice ale R. S. România, scara 1 : 200.000	161
P. Constantinescu, S. Spănoche, Fl. Scurtu. Utilizarea undelor seismice continuu refractate pentru stabilirea distribuției de viteze în Dobrogea centrală	173
M. Popescu, S. Spănoche. Prospecțiuni seismometrice-refracție în bazinul Zalăului	181
Eleonora Spănoche, S. Spănoche. Prospecțiuni seismice pentru fundamente în bazinul Ciucului inferior	187
I. Cornea, I. Cîndea. Unele considerații privind aplicarea tehnicii numerice în cercetarea seismometrică	197
Cr. Mihail, S. Nicolau. Cercetări electrometrice în regiunea Tarna Mare (munții Oaș)	235
Cr. Mihail. Cercetări electrometrice pentru descoperirea de noi zone mineralizate în eruptivul neogen al munților Gutii	247
Cr. Mihail. Adâncimea și relieful fundamentalui bazinului Gheorghieni deduse din date electrometrice	261
L. Atanasiu, Fl. Gheorghiu, S. Seiceanu. Procedee noi de detectare a substanțelor utile în informațiuni eruptive și cristaline, prin măsurători geofizice de sondă, în zona Carei-Baia Mare	273
L. Boiucaner. Spectrometru gama cu 16 canale pentru prospecțiuni radiometrice	285





Institutul Geologic al României

STADIUL LUCRĂRILOR DE REDACTARE A HĂRTILOR
GRAVIMETRICE (ANOMALIA BOUGUER) ȘI MAGNETICE
(ΔZ și ΔZ_a) LA SCARA 1:200.000 ALE R. S. ROMÂNIA¹

DE

ȘTEFAN AIRINEI, SCARLAT STOENESCU, GEORGETA VELCESCU²

Abstract

Stage of Plotting of Gravimetalical (Bouguer-anomaly) and Magnetical (ΔZ and ΔZ_a) Maps of Romania on scale 1:200 000. The plotting of synthetical geophysical maps in Romania is divided by the authors — from the chronological point of view — into three periods. The last of them, connected with the re-establishment in 1960 of the Geological Institute, marks the beginning of the plotting of official geophysical maps in the framework of Romania's „Geological Atlas”, which also includes maps on scale 1 : 200 000. The following are described : plotting method of the Bouguer-anomaly map (in two variants) : for $\delta = 2.20 \text{ g/cm}^3$ and for $\delta = 2.67 \text{ g/cm}^3$) and of the magnetometrical maps ΔZ and ΔZ_a , starting from the principles underlying these works ; preliminary operations : mode of redaction, as well as printing and final presentation conditions (two index maps characterize the present phase of the above).

INTRODUCERE

Probleme geologice cu utilitate imediată sau de perspectivă au făcut ca geofizicienii români să aibă, începînd cu multe decenii în urmă, preoccupări legate de inițierea și împlinirea procesului complex de pregătire și de redactare a hărților geofizice de sinteză. Întocmirea acestor hărți — fie că se referă la suprafețe mici, la una sau mai multe provincii, ori la întreg teritoriul național — a evoluat în pas cu însăși dezvoltarea cantitativă și calitativă a geofizicii românești³.

¹ Comunicare la cel de al V-lea Simpozion de prospecționi geofizice și fizica scoarței globului în R. S. România 4–6 iulie 1968, București.

² Institutul de geofizică aplicată. Șos. Kiseleff nr. 55. București.

³ Șt. Airinei. Principiile de întocmire, etapele și stadiul de redactare și imprimare a hărților geofizice și magnetice ale R. S. România (sc. 1 : 200.000). Referat susținut în Consiliul științific al I.G.A. din 2.11.1967.



În legătură cu aceste realizări, se disting trei stadii care, independent de perioada de timp corespunzătoare, sănt caracterizate prin salturi calitative remarcabile. Acumularea de lucrări avînd caracter de cercetare și de prospectare, tentativele de sintetizare a unor grupe de hărți geofizice întocmite inițial pentru perimetre restrînse și în scopuri cu totul diferite, concepțiile legate de însăși modalitățile de sintetizare care au marcat trecerile de la un stadiu la altul, reprezentă rezultatul muncii succesive a numeroase colective de specialiști de teren și birou, desfășurată pe mai bine de jumătate de secol.

P r i m u l s t a d i u se referă la perioada de timp anteroară anului 1956. Acum sănt redactate și publicate cele dintii hărți magnetice, realizate pe baza unor rețele de stații rare măsurate cu teodolitul magnetic și calculate pentru 1 ianuarie 1895 (N e g r e a n u, 1898), 1 ianuarie 1906 (H e p i t e s, M u r a t, 1907–1908), 1 iulie 1934 (P r o c o p i u, 1934) și 1 iulie 1954 (P r o c o p i u, P o p u ș o i, 1959). După anul 1950, odată cu înființarea Comitetului de Stat al Geologiei, au fost întreprinse numeroase lucrări de magnetometrie regională, realizate cu variometrul vertical. O parte din hărțile respective au fost sintetizate în sisteme neunitare de la o regiune la alta — în cadrul rețelei de baze ale lucrărilor de teren, sprijinite pe „stații absolute de variație seculară” (C o n s t a n t i n e s c u, 1954) — pentru Dobrogea, estul Cîmpiei Române și Moldova de sud (A i r i n e i, 1955) și pentru partea centrală a Transilvaniei (A i r i n e i, 1957).

Ideea realizării unei hărți gravimetrice unitare a României s-a născut în cadrul secției de geofizică a vechiului Institut geologic, cu mai bine de un sfert de secol în urmă. Concretizarea ideii a început prin realizarea unei rețele de sprijin, cunoscută sub denumirea „rețeaua de pendul”, constituită din 50 de stații uniform repartizate pe teritoriul țării. Ea a fost măsurată între anii 1941–1948, cu ajutorul unei instalații tetrapendulară (S o c o l e s c u, 1950). Ulterior, rețeaua a fost recalculată, corelată, interpretată și comparată cu rezultate de observație anteroioare (S o c o l e s c u, B i ș i r, 1956). În plus, „rețeaua de pendul” a stat la bază și continuă să fie utilizată pentru o serie de studii referitoare la forma geoidului pe teritoriul României, începute cu determinarea de corecții izostatice (S o c o l e s c u, B i ș i r, P o p o v i c i, V i s a r i o n, 1954). În ultimul deceniu, „rețeaua de pendul” a fost completată cu determinări în 7 stații noi (S o c o l e s c u, S t o e n e s c u, P o p o v i c i, 1963).

„Rețeaua de pendul” a constituit primul sistem unitar de asamblare a lucrărilor gravimetrice de teren. Tentativele de sintetizare și redacțare a hărții geofizice naționale s-au dezvoltat, începînd cu anul 1951,



la Comitetul de Stat al Geologiei și apoi, în anul 1953, la Ministerul Petrolului.

În cadrul Comitetului de Stat al Geologiei, operațiile de sintetizare s-au făcut succesiv de către două colective (primul, între anii 1951—1954, sub conducerea lui M.I. Boisnaru și îndrumarea lui M. Socolescu, secundul, după 1954, compus din R. Botezatu și St. Dumitru), pe foi de hartă la scară 1 :100.000, în proiecție Lambert. Foile de hartă de pe teritoriul Munteniei și Olteniei au stat la baza redactării primei hărți gravimetrice de sinteză tipărită în țara noastră (Venkov, Stoeneșcu, Eșca, 1955). Ulterior, toate foile de hartă realizate au servit la întocmirea unei hărți Bouguer, la scară 1 :1.500.000, pentru întreg teritoriul țării⁴. În anul 1957, această hartă a fost imprimată în culori, cu izolinii la echidistanță de 5 mgal, pe un fond geologic simplificat. Același material a fost prelucrat între anii 1953—1955 și la Ministerul Petrolului (L.C.C.S. Geo.), unde a fost redactată o hartă gravimetrică de ansamblu, de asemenea cu izolinii la echidistanță de 5 mgal⁵.

Tot în această perioadă, sînt solicitate și realizate, în legătură cu rezolvarea problemelor de geologie structurală, hărți gravimetrice regionale. Ca model, cităm pe cea a anomaliei gravitației din Dobrogea centrală, publicată de R. Botezatu și Tr. Baciu în 1957.

Al doilea stadiu, desfășurat între anii 1956—1960, a fost prilejuit de Anul Geofizic Internațional. El se caracterizează prin acțiunea de proiectare și de realizare parțială a rețelelor gravimetrice și magnetice naționale de ordinul I și II. Concepția și proiectarea rețelelor gravimetrice naționale aparțin lui R. Botezatu (1958). Tot el realizează, între anii 1956 și 1958, rețeauna gravimetrică națională de ordinul I, compusă din 28 stații situate pe aeroporturi alese pe criteriul unei repartizări uniforme pe teritoriul țării. Intervalele de gravitate au fost măsurate cu un gravimetru static de tip Nörgaard, iar transportul a fost asigurat pe calea aerului, cu avionul. Măsurările și compensarea valorilor Δg obținute pentru 20 de stații — legate prin intermediul stației Roșu, din „rețeauna de pendul” — au fost efectuate în cadrul unei scheme compusă din 14 triunghiuri (Botezatu, 1961). Realizarea rețelei gravimetrice naționale de ordinul II, constituită din peste 200 stații — cîte o stație pentru fiecare raion din organizarea administrativă existentă atunci — a

⁴ I. Venkov, R. Botezatu. Stadiul actual al hărții anomaliei gravimetrice Bouguer a Republicii Populare Române (manuscris). Comunicare la ședința științifică din 18 ianuarie 1957 a Comitetului Geologic.

⁵ D. P. Bîsîr. Clasificarea anomaliei gravimetrice din R. P. R. și corelarea lor cu geologia și cu datele celoralte metode geofizice. Raport L.C.C.S. Geo., M.I.P.C., București 1957.



revenit ca sarcină unităților de gravimetrie din Comitetul de Stat al Geologiei. Temporar, au contribuit la această realizare și formațiile de teren din Ministerul Petrolului.

Rețelele magnetice naționale de ordinul I și II au fost proiectate, după criterii identice, de Tr. Cristescu, care efectuează, în aceeași perioadă și cu mijloace similare, măsurările pentru rețeaua de ordinul I și le începe pe cele de pe laturile rețelei de ordinul II. Măsurările au fost realizate cu variometre Z și H . Ulterior, formațiile de magnetometrie ale Comitetului de Stat al Geologiei au continuat măsurările pe laturile rețelei de ordinul II.

Folosindu-se, ca sistem de unificare a valorilor Δg și ΔZ din lucrările de teren, rețelele gravimetrice și magnetice naționale de ordinul I și II, au fost făcute încercări de redactare în cadrul Serviciului de geofizică din Întreprinderea geologică de prospecții a Comitetului de Stat al Geologiei, pentru patru foi de hartă gravimetrică la scara 1:100.000 din Subcarpații Munteniei, pe hărți topografice în proiecția Gauss, și au fost întocmite 30 foi de hartă magnetică la scara 1:100.000, pe hărți topografice în proiecție Lambert, pentru Dobrogea, Cîmpia Română și Moldova de sud.

A treilea stadiu începe în anul 1960, odată cu reînființarea Institutului geologic al Comitetului de Stat al Geologiei.

Una dintre preocupările principale ale noului Institut era întocmirea „Atlasului geologic” al țării, cuprinzând hărțile geologice, geofizice, pedologice etc. la scara 1:200.000. Hărțile geofizice au revenit ca sarcină Secției de cercetări și hărți geofizice. În vederea realizării lor, s-a impus, chiar de la început, reconsiderarea metodicii de redactare practicată pînă atunci. Condițiile de reconsiderare țineau de: eterogenitatea măsurătorilor gravimetrice și magnetice de teren, respectiv a hărților întocmite pe baza lor; efectuarea măsurătorilor gravimetrice și magnetice în regiuni muntoase și greu accesibile; extinderea lucrărilor pentru realizarea rețelelor naționale gravimetrice și magnetice de ordinul I și II; existența, cu dată recentă, a hărților topografice în proiecție Gauss.

La perfecționarea metodicii de redactare și de imprimare a hărților geofizice la scara 1:200.000, a contribuit, în bună măsură, experiența obținută la redactarea Hărții gravimetrice a R.S. România (anomalia Bouguer), la scara 1:500.000, realizată de Institutul geologic (Airinei, Stoenescu, 1964), precum și la imprimarea, pe un fond geologic simplificat, a acestei hărți redusă la scara 1:1.000.000 (Airinei, Stoenescu, 1965). Aplicarea metodicii folosite la redactarea hărților geofizice anterioare — suprapunerea grafică, pe carouri, a materialului docu-



mentar furnizat de hărțile lucrărilor de prospectare — a scos în evidență părțile criticabile ale procedeului și a indicat căile de îmbunătățire a metodicii adoptate pentru întocmirea hărților gravimetrice și magnetice ale R.S. România la scara 1 : 200.000.

Tot în această perioadă, a avut loc prima sintetizare pe plan național a hărții anomaliei magnetice ΔZ_a , la scara 1 : 500.000 (A r i n e i), care cuprinde următoarele regiuni : Dobrogea, estul Cîmpiei Române, Moldova, zona de curbură a Carpaților Orientali și Transilvania. Ambele hărți geofizice la scara 1 : 500.000 — anomalia Bouguer și anomalia magnetică ΔZ_a — au stat la baza construirii primei imagini a structurii geologice profunde a teritoriului național (G a vă t et al., 1963).

METODICA DE ÎNTOCMIRE A HĂRTILOR GRAVIMETRICE ȘI MAGNETICE LA SCARA 1 : 200.000 ALE R. S. ROMÂNIA

Principiile care au stat la baza întocmirii hărților gravimetrice și magnetice la scara 1 : 200 000, ale R. S. România

Primele sugestii și definitivări de principii care au fost adoptate la dezvoltarea metodicii de redactare a hărților gravimetrice și magnetice naționale, la scara 1 : 200.000, au fost formulate în cadrul a două comisii de specialiști — Comisia de coordonare a lucrărilor gravimetrice din R.S. România și Comisia de coordonare a hărților magnetice ΔZ a R.S. România — ambele constituite la sugestia acad. S a b b a Ș t e f ă n e s c u și alcătuite din specialiști de la Comitetul de Stat al Geologiei, Ministerul Petrolului, Institutul de petrol, gaze și geologie, Ministerul Forțelor Armate și Ministerul Minelor. Comisiile au activat între anii 1960—1963, sub președinția prof. L. C o n s t a n t i n e s c u.

Din componența primei comisii au făcut parte : L. C o n s t a n t i n e s c u, președinte, Ș t. A i r i n e i, R. B o t e z a t u, M. P o p e s c u, D. R o m a n e s c u, M. S o c o l e s c u, S. S t o e n e s c u, M. T i r o n, I. V e n c o v, membri și C. C a l o t ă, secretar ; iar din a celei de a doua : L. C o n s t a n t i n e s c u, președinte, Ș t. A i r i n e i, Tr. C r i s t e s c u, S. S t o e n e s c u, V. Ș t e f l e a, membri și D. R o m a n e s c u, secretar.

Ambele comisii au formulat recomandări, fie cu caracter general, fie privind direct modalitatea de redactare după specificul fiecărei hărți.

a) Din prima categorie, se desprind recomandări în legătură cu : adoptarea și materializarea unei baze naționale pentru etalonarea și verificarea gravimetrelor ; organizarea după un plan unitar a continuării lucrărilor pentru definitivarea rețelelor naționale gravimetrică și magnetică



de ordinul II ; selecționarea și inventarierea materialului primar gravimetric și magnetometric existent și în curs de prelucrare ; formularea de exigențe pentru executarea de măsurători de teren în scopul integrării lor în hărțile naționale ; desimea rețelei de puncte de observație la redactarea foilor de hartă, diferențiată după scara ei (o stație la cca 5–10 km² pentru scara 1 :100.000, o stație la cca 10–20 km² pentru scara 1 : 200.000, o stație la cca 20–30 km² pentru scara 1 : 500.000) ; admisibilitatea îndesirii punctelor de observație în funcție de morfologia anomaliei cartate prin luerări cu rețele de detaliu ; includerea în rețelele foilor de hartă a stațiilor măsurate cu teodolitul magnetic ; folosirea de baze topografice după hărți moderne, în proiecție Gauss-Krüger, admise de foruri internaționale și pentru întocmirea hărților geologice ; imprimarea imaginilor geofizice finale pe foile de hartă geologică la aceeași scară, care sunt în curs de apariție la Institutul geologic.

b) Recomandări specifice întocmirii hărții gravimetrice : alegerea planului de referință în acord cu cerințele internaționale, în scopul integrării hărților naționale în hărțile continentale și planetare și în concordanță cu planul de referință al hărților topografice în proiecție Gauss-Krüger ; uniformizarea cotelor stațiilor rețelei gravimetrice prin intermediul rețelei de nivelment de precizie și unificarea valorilor Δg , prin intermediul rețelelor gravimetrice naționale de ordinul I și II ; adoptarea sistemului Potsdam ca nivel de reducere a valorilor de gravitate observată ; adoptarea de reduceri geofizice uniforme (reducerea de cîmp normal după formula internațională – Stockholm 1930 ; reducerea de strat intermediar pentru valori unitare ale gradientului vertical și pentru densitățile admise în calcule ; reducerea de relief topografic pentru sectoarele cuprinse pînă la distanța de 20 km, respectiv pentru densitățile considerate la reducerea de strat intermediar) ; calcularea datelor gravimetrice în vederea obținerii anomaliei Bouguer, anomaliei Faye și anomaliei izostatice ; detalii privitoare la cartografierea hărților gravimetrice (ca : echidistanța izolinilor, grosimea și gradarea grosimii izolinilor în scopul reliefării morfologiei anomaliiilor ; semne convenționale distincte pentru diferențele categoriei de stații care compun rețeaua unei foi de hartă etc.).

c) Recomandări specifice întocmirii hărții magnetice ΔZ : fixarea punctului de stație magnetică absolută de la Observatorul geofizic Surlari ca nivel de reducere a valorilor ΔZ , punct căruia i se fixează convențional valoarea +1000γ ; unificarea rețelei magnetice prin intermediul rețelelor magnetice naționale de ordinul I și II ; adoptarea de reduceri instrumentale și geofizice uniforme (aplicate, în general, de autorii lucrărilor de teren) ; aplicarea reducerii de cîmp geomagnetic normal, în vederea redac-



tării hărții anomaliei magnetice ΔZ_a ; detalii privitoare la cartografierea hărților magnetice (echidistanța izolinilor și gradarea grosimii lor, semne convenționale distincte pentru categoriile de stații din componența rețelei foilor de hartă etc.).

Compararea principiilor stabilite cu cele recomandate prin grupele de lucru C.A.E.R. cu teme privind întocmirea de hărți geofizice

Între anii 1964 și 1966, specialiști de la Institutul geologic al Comitetului de Stat al Geologiei (S t o e n e s c u, A i r i n e i) au participat la două grupe de lucru C.A.E.R. pentru teme privind întocmirea de hărți geofizice. A fost un prilej de schimb de experiență și de afirmare a nivelului ridicat la care se redacteaază și imprimă hărțile gravimetrice și magnetice în R.S. România. S-a remarcat faptul că principiile adoptate la noi, pentru hărțile la scara 1 : 200.000, nu prezintau diferențe esențiale față de principiile înscrise în final în proiectele de instrucțiuni elaborate în cadrul acestei organizații internaționale.

a) Grupa de lucru cu tema „Metode actuale de întocmire a hărților geofizice” (Budapesta, 12—21 noiembrie 1964). În urma prezentării raportului de sinteză „Metode actuale de întocmire a hărților geofizice” și „Informări asupra situației lucrărilor de întocmire a hărților geofizice în țările membre C.A.E.R.” (ambele documente fiind redactate de specialiștii unguri) și a discuțiilor care au urmat, s-a realizat baza comună de plecare pentru redactarea „Proiectului de instrucțiuni pentru întocmirea hărților gravimetrice și magnetice la scara 1:200.000”. Specialiștii din U.R.S.S. și R.P.U. și-au asumat redactarea acestui document⁶.

b) Grupa de lucru cu tema „Elaborarea instrucțiunilor unice pentru întocmirea și pregătirea spre imprimare a hărților gravimetrice și geomagnetice la scara 1: 200.000 și a notelor explicative la acestea” (Budapesta, 28—31 martie 1966). Proiectele de instrucțiuni unice pentru întocmirea și pregătirea pentru imprimare a hărților gravimetrice și geomagnetice (anomalia ΔZ) la scara 1 : 200.000 și a notei explicative la acestea au fost elaborate în cadrul principiului general de adaptabilitate la specificul metodelor de cartare și la condițiile de imprimare din fiecare țară membră C.A.E.R.⁷.

⁶ Protocolul ședinței grupă de lucru cu tema „Metode actuale de întocmire a hărților geofizice”. Budapesta, noiembrie 1964.

⁷ Protocolul ședinței de lucru cu tema „Elaborarea instrucțiunilor unice pentru întocmirea și pregătirea spre imprimare a hărților gravimetrice și geomagnetice la scara 1: 200.000 și a notelor explicative la acestea”. Budapesta, martie 1966.



Diferențele față de normele stabilite pentru redactarea și imprimarea hărților gravimetrice și magnetice ale R.S. România sunt neessențiale. Ele se referă la chestiuni de detaliu, în ceea ce privește organizarea informațiilor imprimate la exteriorul cadrului de hartă (indicații asupra gradului de studiere și caracteristicile cercetării geofizice; imagini obținute prin prelucrări etc.) și la modalitățile de întocmire și de redactare a hărții geofizice (echidistanțe variabile, în funcție de gradul de variație a cîmpului; neinterpolarea zonelor fără puncte măsurate; imprimarea în tente de culori „calde” și „reci” la intervale de 20 mgal, respectiv 50γ etc.). Notele explicative, care pot însăși fiecare foaie de hartă sau grupuri de foi de hartă, vor cuprinde: poziția geografică și caracterizarea geografo-geologică a regiunii; gradul de studiere gravimetrică sau magnetică a regiunii; metodica întocmirii hărților; aprecieri asupra preciziei hărților; interpretarea geologică a anomaliei conținute de hartă și a celor din imagini obținute prin prelucrări analitice, precum și a rezultatelor altor metode geofizice aplicate în regiune.

Compararea cu metodici și realizări de hărți geofizice în alte țări ale lumii

Deși nu dispunem de o documentație foarte bogată în ceea ce privește metodicele aplicate la redactarea hărților geofizice de ansamblu în alte țări ale lumii, materialul bibliografic și cartografic care ne stă la dispoziție, ne dă posibilitatea să constatăm că metodica inițiată și perfecționată în R.S. România, pentru întocmirea și imprimarea hărților gravimetrice și magnetice naționale, se află la cel mai exigent nivel internațional.

Harta gravimetrică a Franței — în curs de imprimare la scările 1 : 80.000, 1 : 200.000, 1 : 320.000 și 1 : 1.000.000, ultimele fiind deduse prin reducere din cea dintâi — asamblează, cu erori de omogenizare pînă la 2 mgal, lucrări de teren relativ neomogene din punctul de vedere al desimii punctelor de observație, al reducerii de relief topografic și al densității introduse în calcule pentru formațiunile geologice (Gouge, 1960). Asamblarea se sprijină pe un canevas unitar, constituit din 2.700 stații de bază raportate la stațiile de referință Paris și Toulouse, în scopul răcordărilor la scară mondială.

Harta gravimetrică a Italiei, în curs de redactare, se imprimă pe hîrtie transparentă la scara 1 : 100.000, în paralel cu foile de hartă geologică la aceeași scară. Din cele care ne stau la dispoziție și legenda lor — foaia 158 „Latina”, reproducă într-o lucrare complexă de interpretare geologică (Adedi, Segre, Tribaldo, 1965) și foaia 196 Sorrento-



Capri, cuplu original „harta geologică-anomalie Bouguer”, la scara 1 : 100.000 — se pot desprinde informații privitoare la materialul de bază și la metodica de redactare. Rețeaua unei foi de hartă se compune din stații principale și secundare (la o desime mai mică decât cea impusă hărților noastre), unificate la stația de referință Roma și interpolate cu izolinii la echidistanță de 1 mgal.

Harta gravimetrică a Angliei ne este cunoscută prin intermediul unei singure foi, la scara 1 : 253.400, tipărită pe material transparent (astralon), pentru a putea fi suprapusă pe foaia geologică corespunzătoare. Anomalia Bouguer calculată pentru densități variabile ale stratului intermedian, este figurată prin izolinii la echidistanță de 1 mgal, imprimate în roșu sau albastru, după semnul pozitiv sau negativ al termenilor anomalii locali pe care îi conturează. Harta nu conține poziții de stații și valori gravimetrice.

Harta gravimetrică a Norvegiei este prezentată sub forma imaginii Bouguer imprimată direct pe foile topografice, la scara 1 : 250.000. Izolinile, cu echidistanță de 5 mgal, sunt tipărite în roșu și albastru — după semnul anomaliei — iar valorile Δg (rotunjite la mgal) sunt înscrise pe profile, fără însă ca amplasamentul stațiilor să fie materializat. S-a folosit densitatea unică de 2,65 g/cm³.

Din realizările de cartografie gravimetrică americane, am putut analiza — în afara primei hărți comprehensive a S.U.A., publicată în anul 1964, la scara 1 : 2.500.000, pentru întregul teritoriu federal exclusiv peninsula Alaska și insulele Hawaii, ca rezultat a două decenii de sintetizare a datelor provenind de la 50 de instituții și întreprinderi — o foaie cuprinzând partea de NW a Statului Dakota de Nord. Executată la scara 1 : 120.000, cu un număr foarte redus de indicații topografice, ea nu conține nici o informație de ordin geologic; sunt marcate numai amplasamentele cîtorva foraje. Plansa este acoperită cu un caroaj cu latura de 1 milă, iar stațiile — în care sunt înscrise valorile anomaliei Bouguer — sunt așezate pe profile rectilinii, orientate N—S și distanțele la 1, 2 sau 3 mile. Imaginea cîmpului este prezentată prin izolinii cu echidistanță de 1 mgal, întreaga plansă fiind cartografiată în alb-negru.

La acest grad de cunoaștere, nu pot fi trase concluzii comparative. Se poate susține, totuși, că metodica redactării hărților gravimetrice și magnetice, la scara 1 : 200.000, ale R.S. România asigură o uniformizare mai strînsă a rezultatelor, într-un cadru calitativ cel puțin egal cu acela constituit de metodicele utilizate în țările menționate.



**OPERAȚII PRELIMINARE REDACTĂRII PROPRIU-ZISE A FOILOR DE
HARTĂ LA SCARA 1 : 200.000**

Exigența cerută transpunerii stațiilor selectate din rețelele lucrărilor de teren a impus folosirea de hărți topografice Gauss la scara 1 : 100.000. În această situație, selecționarea și transpunerea stațiilor s-a făcut la desimea prevăzută pentru rețeaua hărții la scara 1 : 100.000. În felul acesta, materialul primar este pregătit și conduce, de fapt, la întocmirea de hărți geofizice la scara 1 : 100.000. Foile de hartă la scara 1 : 200.000 vor fi obținute prin reducerea fotografică din hărțile la scara 1 : 100.000, transpunerea elementelor cartografice făcindu-se selectiv, cu excepția izolinilor, care, rămânind aceleași, asigură cîmpului geofizic prezentat o imagine mai completă și, prin urmare, o mai utilă folosire în scopuri geologice.

Inventarierea materialului primar existent. Etapa de inventariere constă din următoarele operații : alegerea lucrărilor de teren care ocupă perimetre pe suprafața foii de hartă și pentru care se dispune de întregul material de observație primar ; analizarea preciziei lucrărilor și înlăturarea celor care nu corespund cerințelor de calitate impuse redactării hărților ; întocmirea unui prim desen pe hîrtie de calc cu caroiajul complet, după foile topografice Gauss imprimate în șapte culori, în care se transpun stațiile selectate din rețelele lucrărilor de teren, la desimea prevăzută (ce puțin o stație la 10 km^2) și stațiile rețelelor naționale de ordinul I și II ; asamblarea foilor de hartă la scara 1 : 100.000 pe grupe de cîte patru, corespunzătoare fiecărei foi la scara 1 : 200.000, și cartografierea unui calc complet, cu stațiile selectate ; numerotarea stațiilor rețelei foii de hartă, în ordinea foilor la scara 1 : 100.000 și a lucrărilor de teren ; citirea pe primul calc caroiat la scara 1 : 100.000 a coordonatelor geografice λ și φ pentru fiecare stație a rețelei ; înregistrarea în sumarul foii de hartă, după numărul de ordine acordat, a datelor primare de observație din sumarele lucrărilor de teren corespunzătoare.

Calculele aferente întocmirii foilor de hartă gravimetrice și magnetice se fac în foi sumare anume concepute.

Sumarul de stații gravimetrice este compus din foi ce cuprind 41 de coloane, care permit calcularea anomaliei Bouguer (în trei ipoteze), anomaliei Faye și anomaliei izostatice (Airy și Venning-Meinesz). Datele primare înregistrate sunt : lucrarea de teren (instituția, anul execuției, autorul) ; numărul curent al stațiilor foilor de hartă ; numărul de ordine al stației în lucrarea de teren originală ; coordonatele λ și φ ale fiecărei



stații; cota stației din lucrarea de teren; gravitatea observată și valoarea reducerii de relief topografic, ambele din lucrarea de teren.

Sumarul de stații magnetice are 31 de coloane, care permit calcularea într-un sistem unitar a componentei magnetice ΔZ , a valorii absolute (Z) și a valorii cîmpului normal (Z_N). Datele primare înregistrate au aceleași semnificații pentru primele patru coloane, după care succed: coloana valorilor ΔZ din lucrarea de teren și coloana valorilor ΔZ ale bazelor lucrărilor de teren.

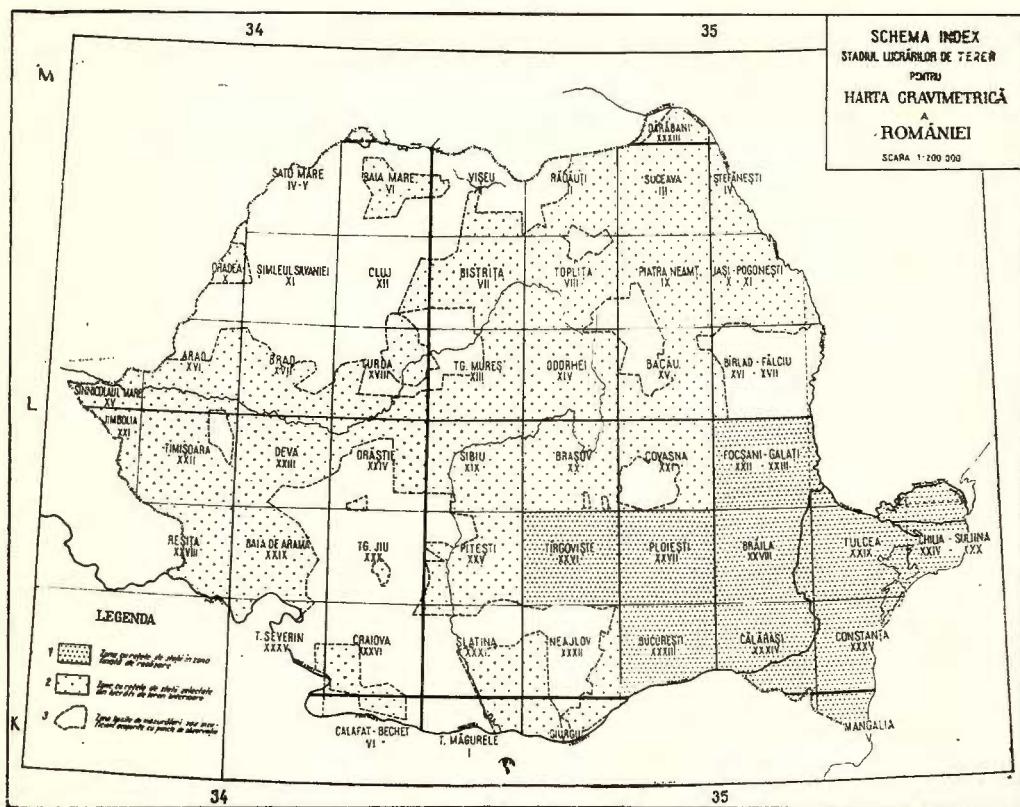


Fig. 1. — Distribuția măsurătorilor de teren utilizate la redactarea hărții gravimetricice.

1. zone cu rețele de stații în fază finală de realizare; 2. zone de rețele de stații selectate din lucrări de teren existente; 3. zone lipsite de măsurători sau insuficient acoperite cu puncte de observație.

Distribution des mesurages effectués en terrain utilisés à la rédaction de la carte gravimétrique :

1. zones avec réseaux de stations en phase finale de réalisation; 2. zone avec réseaux de stations sélectionnées des travaux de terrains existents; 3. zones où l'on n'a pas effectué des mesurages ou insuffisamment recouvertes de points d'observation.

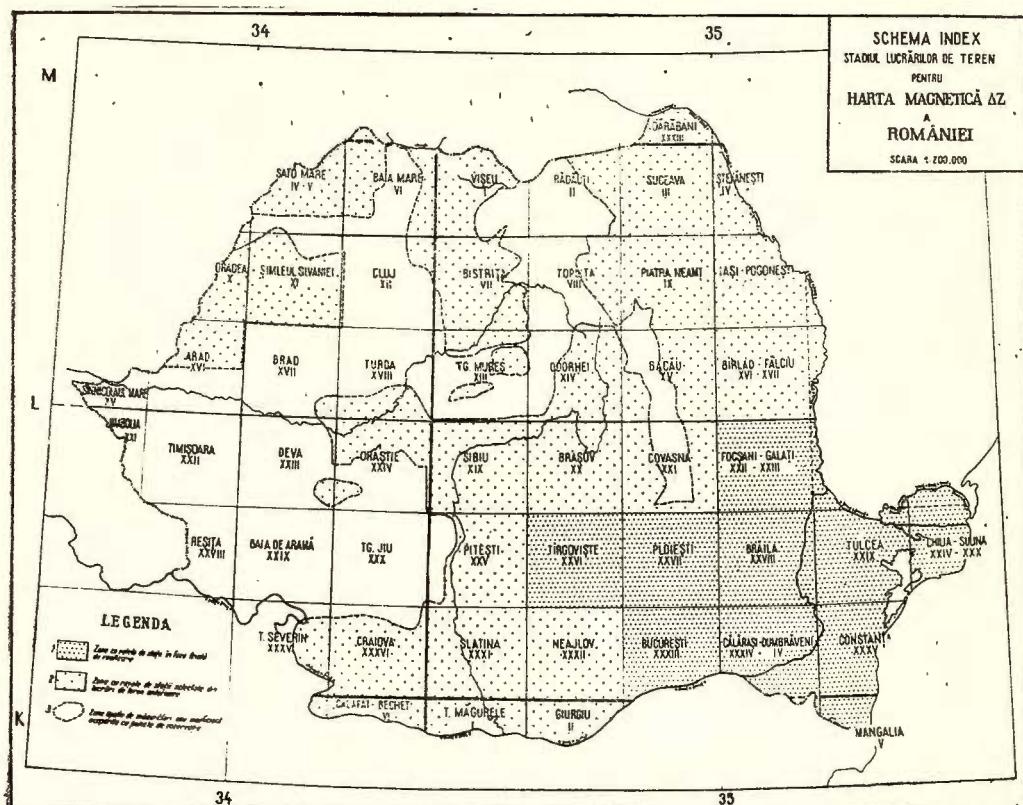


Fig. 2. — Distribuția măsurătorilor de teren utilizate la redactarea hărții magnetice :

1. zone cu rețele de stații în fază finală de realizare; 2. zone cu rețele de stații selectate din lucrări de teren existente; 3. zone lipsite de măsurători sau insuficient acoperite cu puncte de observație.

Distribution des mesurages effectués en terrain utilisés à la rédaction de la carte magnétique :

1. zones avec réseaux de stations en phase finale de réalisation 2. zones avec réseaux de stations sélectionnées des travaux de terrains existants; 3 zones où l'on n'a pas effectué des mesurages ou insuffisamment recouvertes de points d'observation.

În prezent, inventarierea materialului primar este terminată pentru toate lucrările gravimetrice și magnetometrice executate pe teritoriul R.S. România pînă în anul 1966 inclusiv. Imagini ale situației corespunzătoare sunt prezentate în figurile 1 și 2, care indică suprafețele acoperite din lucrările de teren. „Zonele albe” din figurile 1 și 2 corespund la secțoare lipsite de măsurători (gravimetrice și magnetometrice) sau la ariile lucrărilor vechi neutilizabile. În general, „zonele albe” coincid, pentru cele două serii de hărți, cu regiuni muntoase (Carpații Meridionali, Munții Apuseni etc.) Ele însuimează, în totalitate, suprafețe corespunzătoare

la 9–10 foi de hartă la scara 1 : 200.000, ceea ce reprezintă aproximativ 20% din teritoriul țării.

Lucrări de teren necesare redactării foilor de hartă naționale. Aducerea în stare de comparabilitate a tuturor punctelor de observație din rețeaua unei foi de hartă necesită, în prealabil, trei categorii de lucrări de teren: măsurători pentru completarea „zonelor albe” din rețeaua de observații; măsurători pentru completarea laturilor rețelelor naționale de ordinul I și II, iar pentru regiuni greu accesibile, stații intermediare, de ordinul III; măsurători pentru aducerea la nivel comparabil a rețelelor lucrărilor de teren selectate⁸.

Cu măsurători din prima categorie, s-au acoperit aproximativ 27.500 km² de „zone albe”, cu 9.558 stații-hartă (cu o desime medie de 1 stație/3 km²) pentru harta gravimetrică, și aproximativ 41.600 km² de „zone albe”, cu 8.300 stații-hartă (cu o desime medie de 1 stație/5 km²) pentru harta magnetică. „Zonele albe” acoperite fac parte din foile de hartă în pregătire pentru redactare, fiind situate, în cea mai mare parte, în regiuni greu accesibile, ca Delta, luncile și bălțiile Dunării, Carpații Meridionali etc.

Pentru a doua categorie, au fost măsurate, pe laturile rețelelor naționale de ordinul I, II și III, 3.334 intervale Δg . Determinări similare pentru rețelele magnetometrice naționale au stabilit valori ΔZ preliminare pentru 120 stații rețea.

Aducerea la nivel comparabil a rețelelor lucrărilor selectate se realizează prin determinări de intervale Δg și Δh , pentru harta gravimetrică, și de intervale ΔZ , pentru harta magnetică. Valorile de interval Δg și ΔZ se stabilesc între stații din rețelele naționale și stații reconstituite din rețelele lucrărilor de teren. Valorile de interval Δh reies ca diferențe, stabilită prin nivelment geometric, între cotele stațiilor de rețea și reperi din rețeaua de nivelment de precizie a R.S. România. Măsurători de acest tip au fost realizate pentru toate lucrările de teren acceptate la redactarea foilor de hartă definitivate și parțial pentru cele din etapa de pregătire imediată.

REDACTAREA FOILOR DE HARTĂ LA SCARA 1 : 200.000

Pentru fiecare foaie de hartă, vor fi realizate patru imagini geofizice distințe; harta anomaliei Bouguer pentru densitatea unică 2,20 g/cm³,

⁸ S.t. Airinei. Lucrări de teren executate în cadrul I.G. și I.G.A. ale Comitetului de Stat al Geologiei, în perioada 1961–1967, pentru redactarea hărților gravimetrice și magnetice ale R. S. România, scara 1 : 200.000 (în volumul de față).



harta anomaliei Bouguer pentru densitatea unică $2,67 \text{ g/cm}^3$, harta componentei magnetice ΔZ și harta anomaliei magnetice ΔZ_a .

Operații în procesul de redactare a foilor de hartă la scara 1:200.000. Operațiile de transformare a materialului primar sunt specifice, variind cu fiecare tip de hartă.

Pentru harta gravimetrică, menționăm : unificarea rețelei de hartă și transpunerea valorilor de gravitate observată în valori absolute de gravitate, prin intermediul rețelelor naționale de ordinul I și II, raportate la sistemul Potsdam (Bootezatu, 1961); determinarea reducerii de cimp normal în valori absolute, pe baza formulei internaționale (Boetezatu, Ştefănescu, 1963); unificarea cotelor stațiilor de rețea și calcularea reducerii Bouguer pentru o valoare unică a gradientului vertical normal și pentru densitățile unice $2,20$ și $2,67 \text{ g/cm}^3$; interpolarea anomaliei Bouguer cu izolinii la echidistanță de 1 mgal ; cartografierea finală a hărților gravimetrice pe calc pînzat, ca ediție definitivă.

Pentru harta magnetică, se fac : unificarea rețelei terestre prin intermediul rețelelor magnetice naționale de ordinul I și II și transpunerea valorilor ΔZ observate în valori relative ΔZ , raportate la stația fundamentală de la Observatorul geofizic Surlari, pentru care s-a luat convențional valoarea $\Delta Z = 1000 \gamma$; construirea, pentru fiecare foaie, a unei hărți cu variația cimpului geomagnetic normal cu izolinii la echidistanță de 5γ , pe baza formulelor naționale (Constantinescu, Milea, 1961) și determinarea cimpului normal în fiecare stație, pentru epoca $1950,0$; calcularea valorilor ΔZ_a și interpolarea valorilor ΔZ și ΔZ_a cu izolinii la echidistanță de 25γ ; cartografierea finală a hărților ΔZ și ΔZ_a pe calc pînzat, ca ediție definitivă.

Stadiul actual al redactării hărților gravimetrice și magnetice la scara 1:200.000. Cele 63 de foi de hartă la scara 1:200.000, în proiecție Gauss, care se suprapun total sau parțial pe teritoriul R. S. România, au fost grupate în 50 de foi care servesc la imprimarea hărții geologice. Hărțile gravimetrice și magnetice urmează deci să fie imprimate pe 50 foi de hartă cu fond geologic. Foile de hartă, pentru ambele serii de hărți geofizice, se găsesc în patru etape de prelucrare : pregătite pentru a fi definitive, în faze avansate de pregătire, în faze intermediare de pregătire și la prima fază de pregătire. Foile din ultima categorie sunt lipsite, în general, de material primar suficient.



Planşa I figurează etapele de pregătire a foilor hărții gravimetrice, iar în planşa II-a, este ilustrată aceeași situație pentru etapele de pregătire a foilor hărții magnetice.

La stadiul actual al redactării hărților gravimetrice și magnetometrice la scara 1 : 200.000 ale R. S. România, s-a ajuns în urma realizării unui volum important de lucrări, printr-un efort continuu, susținut de un grup restrâns de specialiști și cadre tehnice ajutătoare, în decursul anilor 1961 — 1967. Ritmul viitor al procesului de redactare a hărților ține, ca și în trecut, de ameliorarea condițiilor care au provocat întîrzierile de pînă acum, în sensul: îmbunătățirii potențialului instrumental și de personal calificat atât pentru lucrările de teren, cît și pentru cele de la sediu; accelerării realizării și definitivării rețelelor naționale gravimetrice și magnetice de ordinul I și II; acoperirii „zonelor albe” din rețelele terestre.

Pregătirea foilor de hartă pentru imprimare. Independent de soluția tehnică de imprimare a hărților geofizice, foile de hartă ajunse la etapa de redactare definitivă vor comporta lucrările de pregătire prealabile, care au un caracter predominant de cartografie. Operațiile pornesc de la foile de hartă cartografiate pe calc pînzat, la scara 1 : 100.000. Soluția „calcului pînzat” a fost adoptată din grija evitării deformărilor grafice în timp, pe care le suportă celelalte tipuri de hîrtie de calc. Reducerea foii de hartă pentru scara 1 : 200 000 se face fotografic. Urmează recartografierea selectivă a elementelor de hartă impuse de condițiile de imprimare a hărții la scara 1 : 200.000: desimea stațiilor, izoliniile la echidistanță fixată, grosimea diferențiată a izoliniilor, semnele plus și minus pentru termenii locali de maxim și minim, valorile izoliniilor scrise la mărimi și forme adecvate, alte semne specifice fiecărei hărți etc. Concomitent este pregătit și cartografiat materialul grafic și textul legendelor fixate pentru imprimare în spațiul exterior chenarului hărții propriu-zise.

Pentru foile ce se vor imprima, se va redacta un text explicativ, care se va referi — pe considerații geologic-structurale — la o singură foaie sau la un grup mai mare sau mai mic de foi. Acesta va fi destinat să aducă lămuriri de natură geografică, morfologică, geologică și geofizică asupra regiunii, cu detaliile de ordin tehnic, metrologic și interpretativ necesare pentru aprecierea lucrărilor care au stat la baza întocmirii imaginii anomale imprimate și, în final, asupra valorii geofizice a realizării cartografice. Un accent special se va pune pe eficiența acesteia din punctul de vedere al interpretării geologice și, mai ales, al expresivității rezultatelor pe lîmă contribuțiilor cu semnificație economic-minieră.



În lucrările de geofizică aplicată, harta reprezintă, aproape totdeauna, imaginea la care concură întreaga activitate metrologică, cea de calcul și prelucrare a datelor și — într-o măsură — chiar aceea de interpretare. Harta conținște, de fapt, o fază finală în procesul de cercetare și ea constituie intermediarul cel mai important în drumul spre realizarea unui tablou cît mai apropiat de realitatea alcăturirii geologice ascunse, pentru a cărei deschidere se investesc eforturi, cunoștințe, imaginație și, uneori.... o doză de îndrăzneală creatoare.

Importanța unei hărți geofizice crește cu suprafața teritoriului la care ea se referă și capătă pondere specială cînd îmbracă dimensiunile unor mari unități geologice sau acoperă aria unui stat ori chiar a unui continent. Într-o desfășurare normală a lucrurilor, odată cu acumularea datelor de observație s-a născut atât dorința cît și necesitatea construirii hărților de ansamblu, a marilor sinteze cartografice. Ele erau menite să ofere ochiului cercetătorului în domeniul geoștiințelor o cale nu numai relativ nouă dar și cea mai utilă, pînă la ora actuală, pentru pătrunderea taineelor structurale ale arhitecturii scoarței terestre.

Tara noastră, cu o activitate geofizică ce o înscrie în avangarda statelor care nu se situează în rîndul marilor puteri industriale, a oferit un teren prielnic concentrării unei bogate zestre de date geofizice, care au depășit o dată cu mijlocul secolului nostru — efect mai ales al naționalizării tuturor mijloacelor de producție — volumul ce le menținea în hotarele unor interese economice și științifice limitate. Această situație, al cărei prim aspect — de natură cantitativă — era puternic subliniat și pus în valoare de semnificația calitativă a informațiilor geofizice și de aportul lor în activitatea de descoperire de noi rezerve de substanțe minerale utile, și-a găsit concretizarea organizatorică în crearea primului nucleu destinat realizării hărților geofizice naționale din țara noastră.

Elementele expuse mai sus au constituit, în principal, o dare de seamă a activității și realizărilor acestui nucleu — cu încercarea de a preciza și modul de încadrare în contextul calitativ mondial — precum și o conturare a coordonatelor în care această activitate este destinată să fie circumscrisă în viitor.

BIBLIOGRAFIE

Airinei Șt. (1955) Cercetări magnetice regionale în Dobrogea, Moldova de Sud și estul Cimpiei Române. *Bul. șt. Acad. R.P.R., Secț. șt. biol. agr., geol., geogr.*, 7, 1, București.



- (1957) Asupra anomaliei magnetice regionale din centrul bazinului Transilvaniei. *Bul. șt. Acad. R.P.R., Secț. geol., geogr.*, 2, 2, București.
- Stoeneșcu S. (1964) Relații cu privire la întocmirea hărții gravimetrice a R. P. R (Anomalia Bouguer) scara 1 : 500.000. *D. S. Com. Geol.*, L/1 București.
- Stoeneșcu S. (1965) Redactarea și imprimarea hărții gravimetrice a R. P. Române (Anomalia Bouguer) scara 1 : 1.000.000. *Com. Geol., St. tehn. econ. seria D* (prospecțiuni geofizice), V, București.

A m a d e i G., S e g r e G. A., T r i b a l t o G. (1965) Alcune considerazioni sulla gravimetria e sulla geologia del foglio 158 „Latina” della carta geologica d’Italia. Extras din „Altri” della Associazione Geofisica Italiana, Roma.

B o t e z a t u R., B ă c i o i u T. (1957) Anomalia gravitației în Dobrogea centrală. *Bul. șt. Acad. R.P.R., Secția geol., geogr.*, 2, 2, București.

- (1958) Considerații asupra realizării unei rețele gravimetrice a R.P.R. prin măsurători cu gravimetru static, *Bul. Topo.*, M.F.A., 4, București.
- (1961) Rețeaua gravimetrică a R. P. Române I. Triangulația stațiilor gravimetrice de ordinul I a R. P. Române. *Acad. R.P.R., Probleme de geofizică*, I.
- Ștefănescu Ruxandra (1963) Rețeaua gravimetrică a R.P.R. III. Reduceri de cimp normal după formula internațională pentru teritoriul R.P.R. *Acad. R.P.R., Stud. cerc. geof.*, 1, 2, București.

C o n s t a n t i n e s c u L. (1954) Contribuții la studiul cimpului geomagnetic normal I. Cu privire la variația seculară a elementelor geomagnetice în R.P.R. *Acad. R.P.R., Stud. cerc. fiz.*, 5, 1–2, București.

- Milea N., C o n s t a n t i n e s c u P. (1954) Contribuții la studiul cimpului geomagnetic normal II. Distribuția normală a valorilor declinației magnetice în R.P.R. *Acad. R.P.R., Stud. cerc. fiz.*, 5, 1–2, București.
- Milea N. (1955) Contribuții la studiul cimpului geomagnetic normal III. Distribuția normală a valorilor inclinației magnetice în R.P.R. *Stud. cerc., fiz.*, 6, 3, București.
- (1961) Curs de geomagnetism și prospecțiuni magnetice. I, Ed. de Stat Did., Pedag., București.

Gavăt I., A r i n e i Ș t., B o t e z a t u R., S o c o l e s c u M., S t o e n e s c u S., V e n c o v I. (1964) Structura geologică profundă a teritoriului R.P.R. după datele actuale geofizice (gravimetrice și magnetice). *Acad. R.P.R., Stud. cerc. geof.*, 1, București.

G o g u e l T. (1960) La carte gravimétrique de la France. Extrait de „Comptes rendus du Comité National Français de Géodesie et Géophysique”, 1960.

H e p i t e s S t., M u r a t I. (1907–1908) Contribuții la fizica globului VII. Hărțile magnetice ale României la 1 ianuarie 1906. *Anal. Acad. Rom.*, Seria a II-a, XXX, București.

N e g r e a n u D. (1898) Éléments magnétiques en Roumanie au 1-er Janvier 1895. București.

P r o c o p i u S t. (1934) Détermination des éléments magnétiques en Roumanie et cartes magnétiques dressées le 1-er Juillet 1934. *Ann. Sci. Univ. Jassy*, XXI. Iași.

- Popușoi C. (1959) Les cartes magnétiques de la Roumanie de 1885 à 1954, les éléments magnétiques de Bucarest de 1772 à 1954 et de Jassy de 1828 à 1954 et les variations cycliques séculaires de la Roumanie. *Bul. Inst. Politeh. Iași*, 5, 1–2, Iași.
- S o c o l e s c u M. (1950) Mesures gravimétriques au pendule. *Inst. Géol. Roum., Etudes de Géophysique pure et appliquée*, București.
- B ișir D., P o p o v i c i D., V i s a r i o n M. (1954) Corecții izostatice în R.P.R. *Acad. R.P.R., Stud. cerc. fiz.*, 5, 1–2, București.
- B ișir D. (1956) Calculul rețelei stațiilor de pendul din R.P.R. *Acad. R.P.R., Stud. cerc. fiz.* 7, 4, București.



- Stoenescu S., Popovici D. (1963) Primele rezultate ale noilor măsurători cu pendulul în R. P. Română. *Acad. R.P.R., Probleme de Geofizică*, II, Bucureşti.
- Vencov I., Stoenescu S., Esca A.I. (1955) Cercetări gravimetrice în Oltenia și Muntenia. *Bul. șt. Acad. R.P.R., Secț. biol., agr., geol., geogr.*, 7, 1, Bucureşti.

ÉTAT DES TRAVAUX DE RÉDACTION DES CARTES GRAVIMÉTRIQUES (ANOMALIE BOUGUER) ET MAGNÉTIQUES (ΔZ ET ΔZ_a) ÉCHELLE AU 1/200 000^e

(Résumé)

Dans l'activité d'élaboration et de rédaction de certaines cartes géophysiques de synthèse pour le territoire de la Roumanie, on peut distinguer :

1. Les réalisations antérieures à l'année 1956, qui ont culminé par la rédaction de la carte échelle au 1/1 500 000^e, imprimée en couleurs, avec des isolignes à l'équidistance de 5 mgal, sur un fond géologique simplifié ;
2. Les travaux effectués entre les années 1956—1960, stimulés par l'organisation de l'Année Géophysique Internationale et rattachés, principalement, à l'élaboration et à la réalisation partielle des réseaux gravimétriques et magnétométriques nationaux du I^e et du II^e ordre ;
3. La période après 1960 année quand l'Institut Géologique reprend son activité et on lui confie la rédaction des cartes officielles — les cartes géophysiques y comprises — qui vont constituer l'atlas géologique de la République Socialiste de Roumanie.

En ce qui concerne cette dernière étape, on y présente :

La méthode employée à la rédaction des cartes gravimétriques et magnétométriques échelle au 1/200 000^e de la République Socialiste de Roumanie, en exposant : les principes fondamentaux qui ont présidé à la rédaction de ces cartes dont le point de départ est constitué par les recommandations de deux commissions de spécialistes créées en ce but (recommandations générales, communes aux cartes gravimétriques et magnétométriques et recommandations spéciales pour chacune d'entre elles) ; la mise en parallèle des principes établis et de ceux indiqués par les groupes de spécialistes de la COMECON concernant la rédaction des cartes géophysiques ; la comparaison avec des méthodes de rédaction et des réalisations de cartes géophysiques dans d'autres pays du globe.



Les opérations préliminaires effectuées pour la rédaction proprement dite des feuilles de la carte au 1/200 000^e indiquant la manière dont on a sélectionné et inventorié le matériel primaire existant, ainsi que les travaux en terrain nécessaires à être effectués pour la rédaction des feuilles de la carte nationale (mesurages pour recouvrir les „zones blanches” du réseau d’observation, complètement des déterminations sur les côtés des réseaux nationaux du I, II, et III^e ordre, réduction au niveau comparable des réseaux de terrains sélectionnés) ;

Rédaction des feuilles de la carte au 1/200 000^e. On y décrit les opérations exécutées au cours de la rédaction des cartes gravimétriques (anomalie Bouguer pour deux variantes de calcul : à $\sigma = 2,20 \text{ g/cm}^3$ et à $\sigma = 2,67 \text{ g/cm}^3$) et magnétométriques (de la composante ΔZ et de l'anomalie ΔZa), le stade actuel des travaux pour l’ensemble de 50 feuilles dans lequel on a regroupé le quadrillage initial de la carte de Roumanie (les étapes de la mise en œuvre et de la rédaction sont présentées schématiquement dans la planche I pour la carte gravimétrique et dans la planche II pour la carte magnétométrique) et la manière dont on a exécuté les travaux préliminaires pour l’impression des maquettes. L’impression est exécutée directement sur les feuilles de la carte géologique au 1/200 000^e de la République Socialiste de Roumanie.

Pour les feuilles imprimées on rédige un texte explicatif qui — sur des considérations géologiques et structurales — se rapporte à une seule feuille ou à un groupe de feuilles. Ce texte donnera des renseignements tectoniques, météorologiques et interprétatifs, en mettant l’accent sur l’efficience des significations économiques-minières.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I

Schéma indexe. Stade des travaux de rédaction de la carte gravimétrique de la Roumanie au 1/200 000^e :

1, feuilles en phase de préparation pour la rédaction définitive ; 2, feuilles en phase avancée de rédaction ; 3, feuilles en phase intermédiaire de rédaction ; 4, feuilles en phase initiale de rédaction.

Planche II

Schéma indexe. Stade des travaux de rédaction de la carte magnétique ΔZ de la Roumanie au 1/200 000^e :

1, feuilles en phase de préparation pour la rédaction définitive ; 2, feuilles en phase avancée de rédaction ; 3, feuilles en phase intermédiaire de rédaction ; 4, feuilles en phase initiale de rédaction.





Institutul Geologic al României

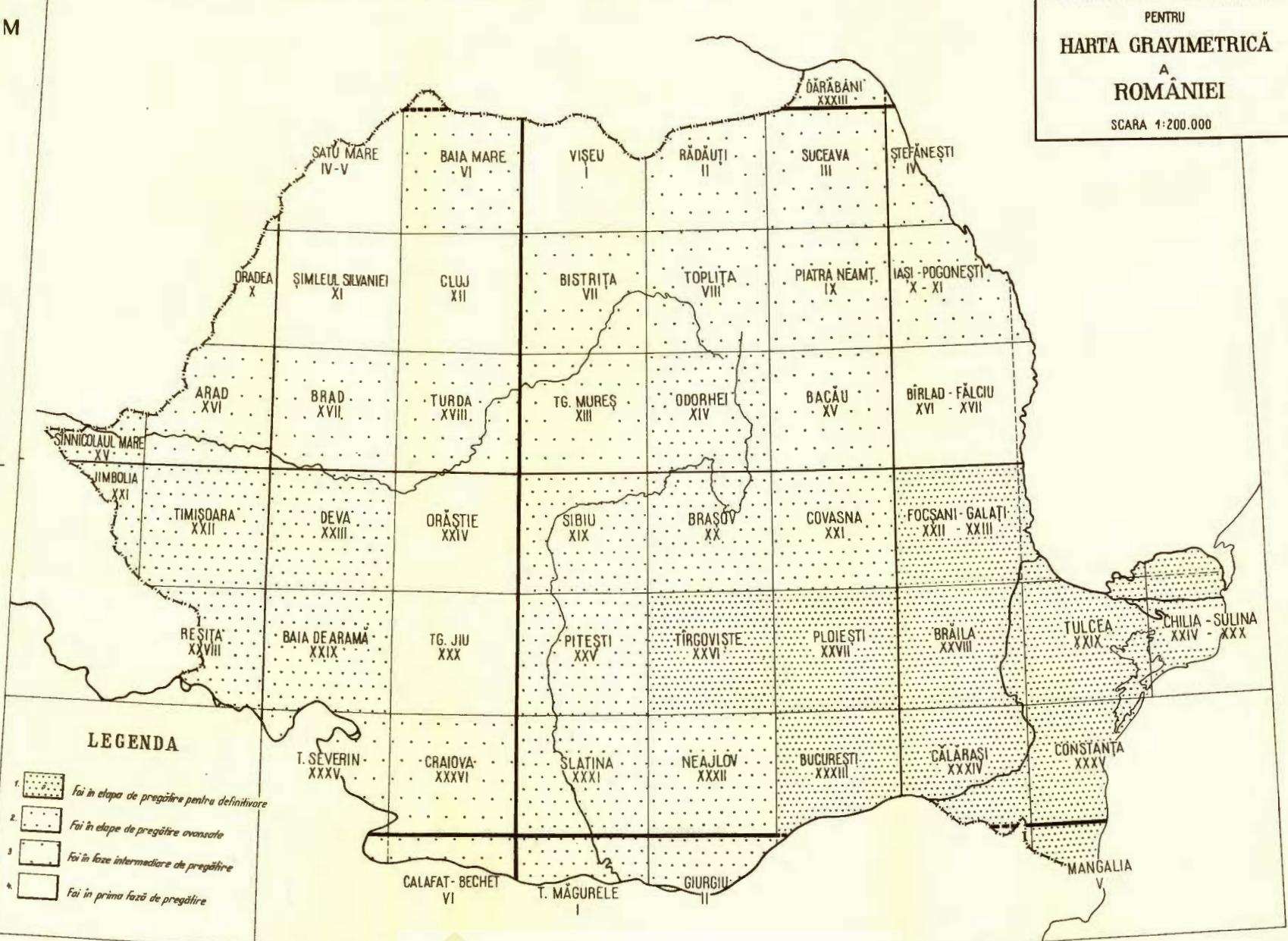
M

34

35

**SCHEMA INDEX
STADIUL LUCRĂRILOR DE REDACTARE
PENTRU
HARTA GRAVIMETRICĂ
A
ROMÂNIEI**

SCARA 1:200.000



34

35

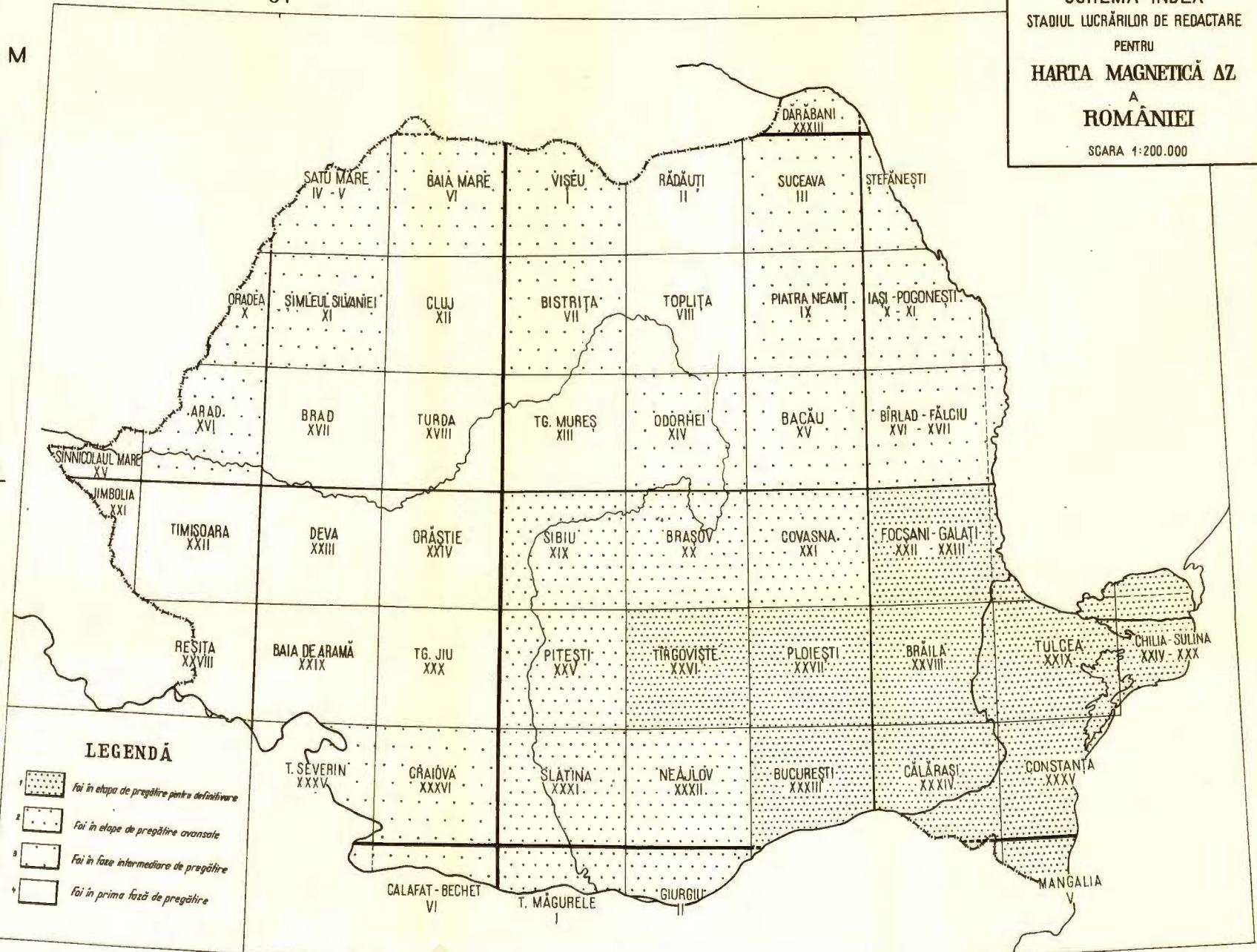
SCHEMA INDEX

STADIUL LUCRĂRILOR DE REDACTARE

PENTRU

HARTA MAGNETICĂ ΔZ
A ROMÂNIEI

SCARA 1:200.000



ANOMALIA GRAVITĂȚII PE ARIA MIOCENĂ ȘI ZONELE ADIACENTE DIN TRE MĂLINI ȘI SOLCA DIN MOLDOVA DE NORD¹

DE

ION PLĂVAN, STELIAN DUMITRU²

Abstract

Gravity Anomaly over the Miocene Area and Adjacent Zones between Mălini and Solca Localities in North Moldova. Data obtained as a result of gravimetric survey works carried out in North Moldova between Mălini and Solca are presented. On the basis of the distribution of the gravity field anomaly there have been obtained: data indicating a sinking of the Moldavian Platform approximately trending E-W; a series of minimum and maximum anomalies characterized by lines trending NW-SE, which reflect the structural correlations and the nature of the geological formations in the zone investigated, as well as the tectonical lines E-W that evidence flexures or fractures in the basement of this region.

INTRODUCERE

Rezultatele gravimetrice sintetizate în această lucrare reprezintă materialul colectat de autori în cursul anilor 1951, 1952, 1964 și 1965, în urma cercetărilor gravimetrice regionale și de detaliu, întreprinse de Comitetul Geologic, în scopul obținerii de date privitoare la amplasamentul și extinderea masivelor de săruri de Na, K și Mg, de-a lungul limitei externe a flișului Carpaților Orientali din Moldova de nord.

Zona care face obiectul acestei lucrări este situată în regiunea Suceava, între localitățile Mălini și Solca.

GEOLOGIA REGIUNII

În trecut, regiunea a fost studiată, din punct de vedere geologic, de numeroși cercetători. Lucrări mai recente au fost executate de Băncilă (1952, 1958), Joja (1952), Filimon (1958), Polonie, Polonie (1960, 1962) și alții.

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice a Întreprinderii geologice de prospecțiuni din martie 1966.

² Întreprinderea geologică de prospecțiuni. Cal. Griviței nr. 64, București.



Din lucrările geologilor citați, rezultă că regiunea este constituită, cel puțin la suprafață, din formațiuni geologice aparținând următoarelor unități structurale: platforma podolică, unitatea pericarpatică și sub-unitatea flișului marginal.

Platforma podolică. Platforma podolică din Moldova de nord este constituită dintr-un fundament de roci cristaline, care trec lateral la granite de Rapakiwi și grano-gnaisse de vîrstă precambriană, ce suportă o cuvertură sedimentară constituită din depozite siluriene, cretacice, paleogene și neogene (tortonian-sarmatiene). Caracteristicile acestei succesiuni sunt: poziția aproape orizontală a stratelor și lacunele mari de sedimentare, cărora le corespund suprafete de eroziune, formate în condiții de exondare regională, prin mișcări mari și repetate pe verticală.

Fundamentul, împreună cu sedimentarul său, se scufundă lent spre W și SW, către regiunile carpaticice, permitînd acumularea unor sedimente cu grosimi din ce în ce mai mari în aceste zone.

Unitatea pericarpatică. În cuprinsul acestei unități, geologii separă următoarele formațiuni: eocen-oligocene, aquitanian-burdigaliene, helvețiene și tortoniene.

Formațiunile eocen-oligocene apar sub forma unei butoniere în axul cutei anticlinale Pleșa, pe Pîrîul lui Isac, fiind dezvoltate în faciesul strătelor de Biserici și menilitelor inferioare.

Formațiunea inferioară cu sare (Aquitanian-Burdigalian), cu un facies lagunar salmastru reprezentat prin marne cu slabe intercalări de gresii, gips și sărături, apare la S de pîrîul Suha Mică, de sub conglomeratele de Pleșu, sub forma unei benzi înguste dirijate NW—SE.

În cuprinsul Helvețianului, geologii separă un orizont inferior, constituit în bază din conglomerate de Pleșu cu elemente verzi, ce trec la partea superioară în microconglomerate, gresii și marne verzi și un orizont superior, alcătuit dintr-o alternanță de marne și gresii, nisipuri și gipsuri de culoare cenușie (formațiunea cenușie).

Tortonianul (formațiunea superioară cu sare) apare sub forma unei benzi neîntrerupte între Solca și Pîrîul lui Isac, fiind constituit din depozite lagunare, reprezentate prin marne nisipoase cenușii intercalate cu gipsuri, sărături și gresii micacee moi. La Cacica și pe pîrîul Blîndețu, aceste depozite înglobează corpuri de sare, interceptate prin numeroase lucrări de foraj și miniere.



Subunitatea flișului marginal. Subunitatea flișului marginal cuprinde : Senonianul, Eocenul și Oligocenul, care formează cute izoclinale și cute-solzi de încălecare, deversate spre E.

Senonianul apare sub formă de benzi în axul cutelor sau la baza solzilor din regiune, fiind alcătuit din strate cu inocerami, în cuprinsul cărora, pe bază de criterii litologice, sunt separate : un orizont inferior marnocalcaros și un orizont superior grezo-calcaros.

Eocenul, în facies marginal, apare în continuitate de sedimentare peste formațiunile senoniene. În cadrul acestuia se distinge următoarea succesiune : strate de Straja care pe alocuri au la bază un orizont conglomeratic ; orizontul grezo-calcaros ; orizontul calcarelor de Pasieczna, asociat cu gresia de Păltinoasa-Seorbura și orizontul stratelor de Biserici - Plop.

Oligocenul, cu o alcătuire relativ constantă, este reprezentat prin : orizontul gresiei de Lucăcești, orizontul marnelor bituminoase și al menitelor inferioare, orizontul gresiei de Kliwa, care pe alocuri este substituită de conglomerate, ca în cazul solzului Tarnița - Bălcoaia, care vine în contact tectonic cu Miocenul unității pericarpatiche, după planul de șariaj al pînzei marginale. În cuprinsul acestei subunități, de la W la E, se separă următoarele structuri :

Cuta-solz Toaca-Obeina Voroneț care încalecă de la W sinclinalul Mămuca, constituit din Oligocen în facies de Kliwa și sinclinalul apartinând solzului mai estic Pleșa-Măgura-Maghernița ;

Cuta-solz Trestioara-Maidan-Cacica, cu structura Tiganca-Văcărie, care trece pe direcție către N, în anticlinalul Osmo-Lena, iar la E în anticlinalul Cacica ;

Cuta-solz Tarnița-Bălcoaia, în cuprinsul căreia se remarcă sinclinalul Dulcea, sinclinalul Păltinoasa și sinclinalul Blidireasa. La S de pîrîul Suha Mică, J o j a (1952) separă : solzul Mămuca-Fîntinele și Rachitiș-Corduneanu cu sinclinalul Bursunaru.

La N de Solonețul Nou, solzul Tarnița-Bălcoaia, încalecă la E, în ordine, solzii Aluniș-Cociniș și Hașca.

LUCRĂRI GEOFIZICE ANTERIOARE

Regiunea studiată a făcut în ultimii 15 ani obiectul unor cercetări geofizice executate atât în scopuri științifice cât și economice. Dintre aceste lucrări, remarcăm prospectiunea gravimetrică regională întreprinsă de



Dumitru³ în scopul studierii variației regionale a cimpului gravitației, care a stat la baza unei lucrări publicate împreună cu Botезat (1957). Lucrarea a pus în evidență descreșterea regională a valorilor cimpului gravitației de la E la W, descreștere pusă pe seama scufundării funda-mentului platformei și îngroșării progresive a cuverturii sedimentare (tortonian-sarmatiene), mai puțin dense. S-au pus în evidență de asemenea două linii gravimetrice, una de maxim și alta de minim situate de-a lungul limitei externe a flișului, de unde se trage concluzia că acestea corespund contrastului de densitate creat între limita externă a flișului și sedimentarul platformei moldovenești.

Lucrări gravimetrice cu caracter de semidetaliu au mai fost întreprinse de N. Popescu din Ministerul Industriei Petrolului care, în linii generale, dă o interpretare similară anomalilor gravimetrice cartate.

În aceeași perioadă, s-au efectuat cercetări seismometrice de către Comitetul Geologic și de Ministerul Industriei Petrolului, utilizându-se diverse metode de investigație, în scopul urmăririi extinderii cuverturii platformei sub flișul Carpaților Orientali, al descifrării structurii formațiunilor geologice aparținând pînzei marginale a flișului, precum și în scopul stabilirii raporturilor dintre acestea. Lucrările seismometrice au pus în evidență, în bazinul rîului Moldova, o slabă boltire a formațiunilor sedimentare de platformă, situată sub 2500 m adîncime, și o structură sin-clinală între Vicovul de jos și Cacica, plasată pe aria de dezvoltare a depozitelor miocene.

În anul 1965, au mai fost executate și cercetări magnetometrice cu caracter regional, în scopul completării hărții magnetice a Republicii Socialiste România.

Metodica lucrărilor. Măsurările gravimetrice de teren au fost executate cu un gravimetru Nörgaard (1951—1952) și un gravimetru GAK-4M. Numărul de puncte de observație a variat între 7 și 20 pe km². Valorile gravitației au fost măsurate cu o eroare maximă de $\pm 0,30$ mgal. Acestea li s-au aplicat corecții de temperatură și drift instrumental.

Reducerea de elevație (Bouguer-Faye) s-a realizat, utilizându-se valoarea normală a gradientului vertical și cotele stațiilor determinate prin nivelmetru geometric. Ca plan de referință al lucrării a fost ales nivelul Mării Negre.

³ S. Dumitru. Raport asupra prospecțiunilor gravimetrice regionale executate în Moldova de nord, regiunea Tg. Neamț-Fălticeni—Rădăuți, 1951. Arh. Com. Stat Geol. București.



Reducerea de cîmp normal s-a determinat pe baza formulei internaționale, folosindu-se valoarea gradientului orizontal mediu de $1 \text{ mgal}/1235 \text{ m}$, de-a lungul meridianului geografic. Ca bază de reducere a fost aleasă paralela 47°N .

Reducerile laterale s-au realizat prin intermediul metodei Schleusener pînă la 20 km în jurul fiecărei stații gravimetrice.

Anomalia gravitației în reducerea Bouguer a fost calculată utilizînd valoarea densității medii pentru strat intermediu egală cu $2,20 \text{ g/cm}^3$.

Datorită faptului că structura geologică a regiunii este extrem de complicată, anomalia gravitației înglobînd efecte cumulate generate de numărul mare de elemente structurale, s-a ivit necesitatea obținerii anomalilor regionale și locale și interpretării lor independente. Anomalia regională a gravitației a fost obținută utilizîndu-se metoda mediilor mobile. În acest scop s-a utilizat o rețea pătratică cu latura de 1,5 km, aplicînd formula de calcul propusă de L. Constantinescu et al. Anomalia locală a gravitației a rezultat prin scăderea anomaliei regionale din anomalia Bouguer, în fiecare stație gravimetrică.

DENSITATEA FORMAȚIUNILOR GEOLOGICE

Contrastele de densitate existente între formațiunile geologice care iau parte la alcătuirea regiunii studiate, precum și ponderea acestor formațiuni în coloana stratigrafică constituie cauzele principale care generază anomaliiile gravimetrice cartate.

Astfel, în zona platformei se realizează un contrast de densitate de cca $0,30 \text{ g/cm}^3$ între un orizont inferior, care încorporează fundamentalul cristalin și depozitele paleozoice și mezozoice, a cărui densitate este cuprinsă între $2,45$ și $2,70 \text{ g/cm}^3$ și un orizont superior, alcătuit din formațiuni eocene și neogene, cu o densitate ce variază între $2,20$ și $2,35 \text{ g/cm}^3$.

În zona pericarpatică, rezultatele determinărilor de laborator indică următoarele densități medii: formațiunea sării $1,80$ – $1,90 \text{ g/cm}^3$, conglomerate de Pleșu $2,59 \text{ g/cm}^3$, stratele de Drăceni $2,49 \text{ g/cm}^3$, formațiunea cenușie $2,39 \text{ g/cm}^3$, iar Oligocenul în facies menilitic $2,10$ – $2,25 \text{ g/cm}^3$. Înînd seama de heterogenitatea litologică și structura complexă a acestei unități geologice, precum și de datele mai vechi de densitate obținute prin determinări în condiții de laborator de Costă-Foru din cadrul Întreprinderii de Laboratoare Geologice, rezultă că principalele contraste de densitate și masă se realizează între un orizont conglomeratic-grezos (conglomerate de Pleșu + strate de Drăceni), a cărui densi-



tate oscilează între $2,50 - 2,60 \text{ g/cm}^3$, și un orizont al formațiunii sării, cu densitatea cuprinsă între $1,80 - 2,20 \text{ g/cm}^3$.

Trecind mai la W, pe aria flișului marginal, determinările de densitate efectuate asupra unui număr mare de probe indică următoarele cifre: Senonian $2,58 - 2,60 \text{ g/cm}^3$, Eocen $2,45 - 2,49 \text{ g/cm}^3$ și Oligocen $2,25 - 2,35 \text{ g/cm}^3$. Contrastul de densitate de $0,30 \text{ g/cm}^3$ care apare între depozitele senoniene și paleogene la care se adaugă și contrastul de masă, determină imaginea anomaliei locale a cîmpului gravitației.

Sintetizînd rezultatele prezentate asupra densităților existente în regiunea studiată, putem preciza, în general, existența următoarelor contraste de densitate între cele trei unități structurale: între platforma podolică, reprezentată la suprafață prin Sarmatian, și unitatea pericarpatică, de ordinul a $0,10 - 0,30 \text{ g/cm}^3$ și între formațiunile unității pericarpaticice și flișul marginal, de $0,10 - 0,20 \text{ g/cm}^3$.

REZULTATELE GRAVIMETRICE ȘI INTERPRETAREA LOR

Rezultatele pe care le prezentăm completează și detaliază cunoștințele geologice-structurale din lucrările anterioare, lucrări care au furnizat, la scară regională, o serie de date privitoare la distribuția anomaliei gravitației și existența unor linii tectonice în Moldova de nord.

Cercetările întreprinse de noi pun în evidență o scădere continuă a valorilor gravitației de la E la W, de cca $0,8 - 1,2 \text{ mgal/km}$, perturbată, la limita externă a flișului, de prezența a două linii gravimetricice de minim și maxim, oarecum paralele, dirijate aproximativ NW-SE. De aici spre W, valorile cîmpului gravitației continuă să scadă pînă la linia de minimum-minimorum a Carpaților Orientali, situată pe aria depozitelor cretacic-paleogene intens cutate. Orientarea generală a izolinilor cîmpului gravitației este NW-SE, la N de accidentul tectonic transversal Boișteapipirig și N-S, la S de această dislocație.

Această descreștere a valorilor cîmpului în zona de E a hărtii, o punem, ca și Botezatu și Dumitru (1957) pe seama efectului provocat de scufundarea fundamentului platformei pe direcția SW, efect la care se adaugă și cel al îngroșării progresive a cuverturii sedimentare sarmatian-tortoniene, care atinge maximum de amploare formînd minimul regional de la Herla (Drăceni). Spre N și S, anomalia regională de minim de la Herla suferă o reducere treptată în suprafață, însotită de o scădere continuă în intensitate, sub acest aspect putîndu-se urmări pînă la paralelele Păltinoasa și Tg. Neamț. La N de Păltinoasa, anomalia



capătă caracterul unei tendințe regionale de minim, care se accentuează între localitățile Cacica și Soloneț.

Spre W, anomalia regională de minim Herla cedează locul unei anomalii regionale de maxim, comandată în principal de prezența conglomeratelor de Pleșu, care constituie flancurile structurii anticlinale cu același nume. Această anomalie regională de maxim este segmentată în patru compartimente a căror orientare și intensitate diferă local.

Anomalia regională de maxim din compartimentul sudic își face apariția ceva mai la N de pîriul Suha Mare și se continuă înspre SE crescînd în intensitate, pînă la Tg. Neamț, cu cca 12 mgal. Maximul corespunde în întregime ariei conglomeratelor de Pleșu. De la Drăceni, din valea Suha Mică, și pînă la Capul Codrului în valea Moldovei, se urmărește o anomalie regională de maxim de cca 2,5 mgal, de formă ovală, ce are flancul de W plasat pe aria depozitelor flișului marginal. Orientarea acestei anomalii este N—S. Ca și anomalia regională de maxim din compartimentul sudic, această anomalie este produsă de efectul conglomeratelor de Pleșu, care au o densitate crescută ($2,60 \text{ g/cm}^3$), aceste roci luînd parte la alcătuirea structurii anticlinale Pleșa. Întreruperea anomaliei în bazinul văii Moldovei atestă scufundarea pe această direcție, sub depozitele de fliș, a conglomeratelor de Pleșu, scufundare însoțită nu numai de o efilare în grosime a acestui corp perturbant, dar și de o schimbare direcțională de facies, așa cum rezultă și din datele geologice prezentate anterior.

La N de valea Moldovei, anomalia regională de maxim, cu o amplitudine redusă (cca 1 mgal) și o suprafață restrînsă, tinde să se dirijeze către NW, orientare ce pare a se menține și la N de Solonețul Nou, în compartimentul cel mai nordic al hărții, unde intensitatea anomaliei crește brusc la 3,5 mgal.

Sîntem de părere că la producerea anomaliiilor de maxim descrise își aduc contribuția, pe lîngă conglomeratele de Pleșu, și stratele de Solca, care, în acest sector, se află spațial la un nivel inferior, îngropate sub fruntea pînzei marginale a flișului, și depozitele cretacic-paleogene care alcătuesc cutele-solz Tarnița-Bălcoaia, ce se întind pînă la paralela Cacica, Cociniș-Aluniș și Hașca, de la N de Soloneț. Migrarea anomaliei regionale de maxim spre W, ce se remarcă pe întreg cuprinsul regiunii studiate, atestă existența unui important deficit de densitate și masă situat în substratul conglomeratelor de Pleșu și al flișului marginal. Datele furnizate de forajele de adîncime confirmă existența Sarmățianului, interceptat la diverse adîncimi, precum și a formațiunii sărrii, a căror densitate medie, este cuprinsă între 1,80 și 2,30 g/cm^3 .

La W de cele două linii gravimetrice regionale de minim și maxim descrise, cîmpul gravitației se manifestă sub forma unui gradient descreșător în intensitate pînă la linia de minimum-minimorum a Carpaților Orientali.

Din interpretarea dată, ca și din lucrările anterioare, existența celor două linii de minim și maxim sugerează prezența în contact de front, a două blocuri cu densități diferite : unitatea pericarpatică și platforma podolică, reprezentată la suprafață prin Sarmațian.

Întreruperile survenite în anomalia regională pe direcția de extindere N – S din bazinul văii Moldovei, văii Suha Mică și văii Solonețului, ca și perturbațiile de orientare a acestora, reflectă existența a trei linii tectonice transversale orientate E – W, care fragmentează zona studiată în patru blocuri dispuse spațial la niveluri diferite : blocurile nordic și sudic – mai ridicate – în timp ce blocurile centrale apar mai coborîte. Transpuse în termeni geologici, aceste linii ar reprezenta, probabil, deranjamente tectonice de tipul flexurilor sau fracturilor localizate în fundația regiunii pe direcția E – W.

Trecind la studierea detaliată a anomaliei locale ale gravitației, constatăm existența unor anomalii de minim și maxim, condiționate de dispoziția spațială superficială a formațiunilor miocene, sarmațiene și senonian-paleogene, care alcătuiesc regiunea.

Așa cum am arătat mai sus, intensitatea anomaliei gravimetrice variază de la sector la sector, fapt care atestă o modificare a distribuției de masă în cuprinsul zonei cercetate. Regiunea cuprinsă între valea Suha Mare și valea Solca este dominată de prezența unor importante anomalii locale de minim, variabile ca intensitate. De remarcat este faptul că acestea se plasează atât pe aria de dezvoltare a depozitelor sarmațiene cât și pe aria ocupată de formațiunea sării, conglomeratele de Pleșu și stratele de Solca la N de Strigoaia. Anomaliiile locale de minim prezintă, în general, o morfologie simplă și o dezvoltare relativ largă în suprafață.

Anomalia locală de minim Herla-Păltinoasa, cu apexul la Capul Cîmpului prezintă o sugrumare în partea sa mediană, provocată de avansarea către E a conglomeratelor de Pleșu, care acoperă, sub forma unei plăci, din W, formațiunea sării.

Anomalia locală de minim S Strigoaia-Ilișești, mai redusă ca extindere decit prima, plasată pe depozite sarmațiene și pe formațiunea sării, prezintă o asemănare destul de mare, atât ca formă cât și ca intensitate, cu cea situată mai la N în pîrîul Blindețu-Cacica, unde numeroasele lucrări miniere și de foraj au interceptat la diverse orizonturi corpuri lamelare de sare sau formațiunea sării.



În continuare spre N, s-au mai pus în evidență : o anomalie de minim, ovală ca formă, cu o intensitate de cca 2 mgal la E de Solonețul Nou și una, rămasă deschisă din lipsă de date, în zona localității Solca, ambele plasate, ca și celelalte anterior descrise, parțial pe depozitele sarmațiene, parțial pe formațiunea sării.

Anomaliile descrise sunt generate preponderent de îngroșarea considerabilă a formațiunilor sarmațiene situate în fața liniei pericarpaticе; la producerea lor participă și efectul generat de formațiunea sării față de care Sarmațianul în facies detritic prezintă practic un contrast neglijabil de densitate și masă. Acest lucru face imposibilă separarea anomalilor locale de minim, comandate de formațiunea sării, de cele produse de depozitele sarmațiene de platformă. Deși formațiunea sării nu figurează pretutindeni în harta geologică, existența sa sub depozitele cuaternare bine dezvoltate în bazinul văii Moldovei și Suha este evidentă, dacă se au în vedere aspectul anomaliei de minim din sectorul Blindețu-Cacica și rezultatele lucrărilor de foraj și miniere executate în scopuri economice aici. Acest mod de interpretare geologică a anomalilor locale de minim ne conduce la ideia că efectele de minim cartate la S și N de Blindețu-Cacica reprezintă desigur un efect cumulat, generat, pe de o parte de prezența formațiunii sării dispusă sub conglomeratele de Pleșu, iar pe de altă, de depozitele sarmațiene de platformă din E. În lumina celor discutate, ne exprimăm părerea că falia pericarpatică s-ar situa în cuprinsul acestei regiuni, de-a lungul liniei care unește apexul anomalilor locale de minim sau puțin mai la W de ea.

Având în vedere raporturile de încălecare care se remarcă la limita externă a unității pericarpaticе, reflectarea acestora în anomalia gravitației obținută, precum și datele forajelor din regiune, lucrările de explorare prin foraje de mică adâncime pentru săruri de Na, K și Mg trebuie amplasate în zona situată între apexul anomalilor locale de minim și zona de gradient crescător, care separă anomaliiile minime de anomaliiile maxime din partea de W.

Pe zona situată la E de aliniamentul minimal descris, apar destul de haotic cîteva anomalii gravimetrice de maxim și minim, unele dintre ele cu o morfologie destul de ciudată, a căror intensitate, de regulă, nu depășește 1 mgal. Aceste anomalii sunt generate de contrastele superficiale, ce-și au originea în variațiile de facies semnalate în cuprinsul secțiunii stratigrafice a Sarmațianului, care la partea superioară conține un orizont de prundișuri cu elemente de sisturi verzi.

Partea de W a hărții este dominată de prezența cîtorva linii anomale de minim și maxim, dirijate diferit în cele patru sectoare separate anterior.



În sectorul sudic remarcăm existența unei anomalii locale de maxim de cca 3 mgal, situată la S de vîrful Răchitiș, care se plasează aproape integral pe aria formațiunilor miocene, care alcătuiesc flancul vestic al cutei anticlinale Pleșu. Anomalia este orientată NW—SE și reprezintă efectul dat de conglomeratele de Pleșu și stratele de Drăceni, care se îngroapă spre SW sub depozitele formațiunii cenușii și pînzei marginale a flișului.

La S de anomalia descrisă apare o anomaliie de minim orientată N—S, plasată pe sinclinalul Bursunaru, constituit din Oligocen în facies de Kliwa, în contrast negativ de densitate și masă față de formațiunile geologice adiacente.

În sectorul cuprins între valea Suha Mică și valea Moldovei, se remarcă prezența unor anomalii locale de maxim și minim, care se însiră de-a lungul unor aliniamente orientate N—S. Astfel, pe aria conglomeratelor de Pleșu, se remarcă linia de maxim din dealul Pleșa—dealul Văcărie, care este generată de îngroșarea superficială a acestora pe flancul de W al structurii Pleșa. Această linie de maxim este flancată la W de o linie locală de minim plasată pe formațiunea cenușie, iar la E de linia locală de minim Capul Cîmpului; ultima linie s-ar situa pe axul structurii Pleșa, alcătuit din Paleogen ce ieșe la zi în Pîrîul lui Isac, sub forma unei butoniere restrînse ca suprafață. Terminația nordică a acestei linii de minim, cu anomalii mai larg dezvoltate în suprafață și ceva mai intense, poate să reflecte, pe de o parte o ridicare axială a structurii Pleșa, simburele ei, în acest sector putînd să fie constituit din Paleogen, iar pe de altă parte să reprezinte deficitul de masă creiat de existența formațiunii sării, mascată în întregime la suprafață de terasele aluvionare ale rîului Moldova. Aici, formațiunea sării, în concepția noastră, s-ar interpune la partea inferioară a conglomeratelor de Pleșu, fie peste depozitele sarmașiene, fie peste clinul de strate de Bisericanî și menilitele inferioare. Echivocul interpretării geologice a acestei anomalii locale de minim va căpăta o rezolvare definitivă numai în cazul executării unor foraje de mică adințime în scopul punerii în evidență a unor acumulări de săruri.

În sfîrșit, la N de Capul Cîmpului mai apare o anomaliie de maxim, comandată în întregime de conglomeratele de Pleșu, în contrast pozitiv de masă și densitate față de formațiunea sării și Sarmașianul din substrat. Aici, conglomeratele de Pleșu ar constitui flancul E al cutei anticlinale Pleșa.

Mai spre W, pe aria flișului anomalia locală este reprezentată prin două linii de maxim separate de una de minim, generate de contrastul de densitate ce se creiază între solzii Obcina Voroneț-sinclinalul Mămuca și Trestioara-Maidan-Cacica.



La N de valea Moldovei, liniile de minim și maxim plasate pe aria flișului reflectă, ca și la S, contrastele de densitate și masă generate de structura superficială a pînzei. Structurile anticlinale sau fruntea solzilor, constituite din formațiuni senoniene și eocene se manifestă prin linii de maxim, iar sinclinalele oligocene, prin linii de minim.

Liniile tectonice transversale (E-W) se remarcă cu aceeași claritate și în imaginea anomaliei locale a gravitației.

CONCLUZII

Prospecțiunea gravimetrică executată a permis să se tragă următoarele concluzii :

a) Cartarea gravimetrică a precizat forma și extinderea anomaliei gravimetrice de minim de pe aria miocenă, la contactul cu zona marginală a flișului, interesante din punct de vedere al acumulării de săruri de Na, K și Mg ;

b) Prin cercetarea gravimetrică, s-a reușit evidențierea structurii geologice a zonei frontale a flișului marginal ;

c) Compartimentarea în blocuri a anomaliei gravimetrice regionale, pe direcția N-S, a permis să se pună în evidență existența a trei linii tectonice de adâncime, orientate aproximativ E-W, care, probabil, condiționează în mare măsură structura geologică superficială a cuverturii sedimentare.

BIBLIOGRAFIE

- Băncilă I. (1952) Geologia regiunii Gura Humorului—Voroneț—Suha (Cimpulung—Baia). *D. S. Inst. Geol. Rom.*, XXXVI (1948—1949) București.
- (1958) Geologia Carpaților Orientali, Ed. Științifică, București.
- Botezatu R., Dumitru S. (1957) Efectul gravimetric al limitei externe a Flișului din Moldova de Nord, Acad. R.S. România. *Bul. șt.*, II/2, 1957.
- Dumitru S., Visarion M. (1965) Caracteristicile reflectării în anomalii gravimetrice a zonelor structurale din nord-estul Republicii Socialiste România. *Bul. Inst. Petrol, Gaze și Geologie*, XIII, 1965.
- Ioja T. (1952) Structura geologică a Flișului marginal din regiunea Suha Mică—Suha Mare, *D.S. Inst. Geol. Rom.*, XXXVI, 1952, București.
- Onicescu N. (1958) Geologia R.P.R., Ed. Tehnică, București.
- Polonic Gabriela, Polonic P. (1960) Cercetări geologice în regiunea Gura Humorului—Drăceni. *D.S. Inst. Geol. Rom.*, XVII, București.



ANOMALIE DE LA GRAVITATION DE L'AIRE MIOCÈNE ET DES ZONES ADJACENTES ENTRE MĂLINI ET SOLCA (N DE LA MOLDAVIE)

(Résumé)

Les travaux de prospections gravimétriques effectuées afin de compléter et de donner des détails concernant l'aire miocène et les zones adjacentes comprises entre Mălini et Solca (N de la Moldavie) nous renseignent sur la manière dont la structure géologique de la région se reflète dans la distribution de l'anomalie du champ gravitationnel.

En examinant l'anomalie régionale, les recherches gravimétriques accusent une décroissance continue des valeurs du champ de la gravitation de l'E à l'Ouest, décroissance perturbée dans la zone de la ligne externe du flysch marginal, entre Mălini et Solca, par deux lignes anomalies gravimétriques, dont celle orientale de minimum et celle occidentale de maximum sont approximativement parallèles et dirigées NW—SE.

La ligne de minimum réunit toute une série d'anomalies de minimum échelonnées le long de la ligne péricarpatique. La ligne de maximum file approximativement le long de la ligne marginale du flysch.

Vers l'Ouest, à mesure que les dépôts sédimentaires gagnent en épaisseur, la décroissance continue des valeurs du champ de la gravitation est mise, comme les ouvrages antérieurs le relèvent, sur le compte de l'affaissement progressif en cette direction du soubassement de la Plateforme moldave.

L'existence des deux lignes anomalies gravimétriques suggère la présence de deux blocs qui prennent contact par leurs parties frontales, constitués par des formations de densités différentes, notamment : l'Unité péricarpatique ensemble avec la Plateforme moldave, représentées par des dépôts salifères et sarmatiens de plateforme moins denses et le flysch marginal représenté par des dépôts crétacés-paléogènes plus denses.

Le changement du régime gravimétrique le long des anomalies gravimétriques mentionnées, ainsi que certaines déviations de direction plaident en faveur de l'existence de trois lignes transversales dirigées de l'E à l'Ouest situées dans les zones de Găinești, Gura Humorului et Cacica qui représentent des dérangements tectoniques (fractures ou flexures), logés dans le soubassement de la région.

En examinant l'anomalie locale, on a obtenu des données de détail concernant les anomalies échelonnées le long de deux lignes gravimétriques.



ques de minimum et de maximum, alors que dans les zones du flysch, entre Drăceni et Gura Humorului, se dessinent les anomalies de maximum et de minimum filant le long de quatre axes en direction spécialement SE—NW.

Les maximums signalés dans l'Unité péricarpatique sont dus aux conglomérats de Pleșu qui sont plus denses que les formations salifères.

Les anomalies de minimum et de maximum situées dans le flysch sont, généralement, générées par les contrastes de densité qui existent entre les différentes formations du flysch. Les minimums sont générés par les formations oligocènes moins denses, alors que les maximums par les formations sénoniennes-éocènes plus denses.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Schéma de l'anomalie locale.

Schéma de l'anomalie régionale :

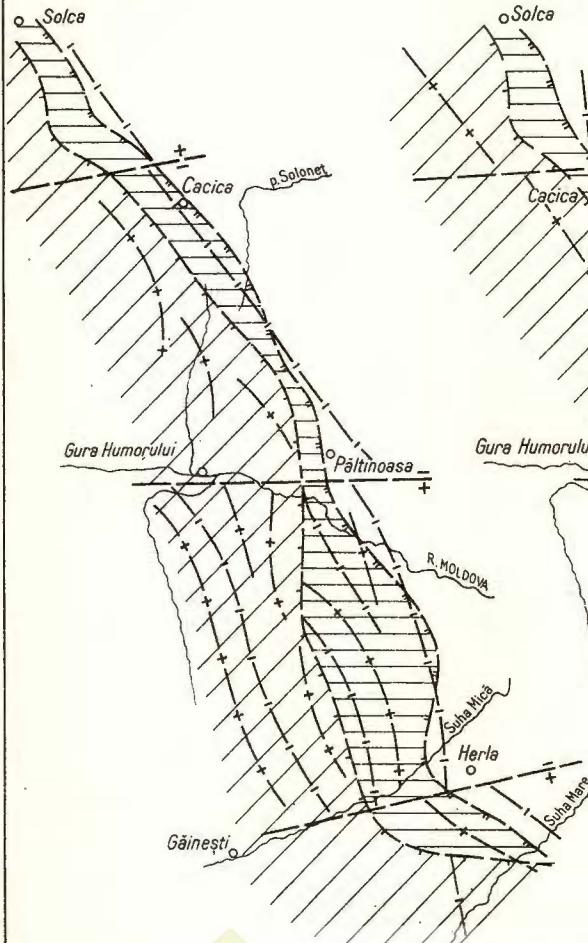
1, Sarmatien de plateforme ; 2, unité péricarpatique ; 3, flysch marginal ; 4, ligne péricarpatique ; 5, ligne marginale ; 6, lignes tectoniques ; 7, lignes de maximum ; 8, lignes de minimum.



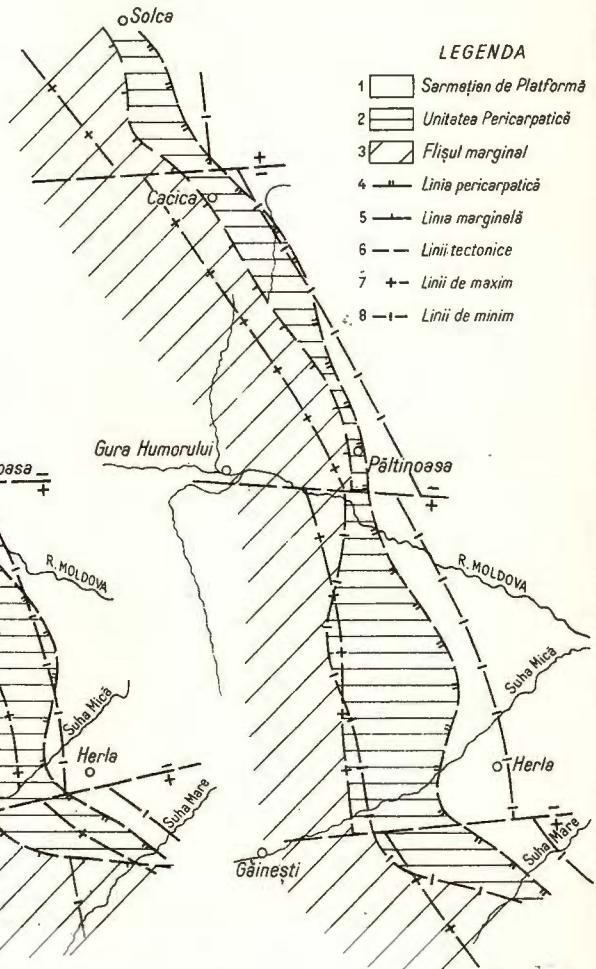


Institutul Geologic al României

SCHEMA ANOMALIEI LOCALE



SCHEMA ANOMALIEI REGIONALE



LEGENDA

- 1 □ Sarmatiens de Platfornă
- 2 ▨ Unitatea Pericarpatică
- 3 △ Flisul marginal
- 4 — Linie pericarpatică
- 5 - - Linia marginelă
- 6 - · - Liniile tectonice
- 7 + - Linii de maxim
- 8 - - Linii de minim

ANOMALII LOCALE DE GRAVITATE PE ARIA FLIȘULUI MARGINAL ȘI EXTERN DIN MOLDOVA CENTRALĂ¹

DE

MARIUS VISARION²

Abstract

Local Gravity Anomalies over the Marginal and External Flysch Area in the Central Moldova. Detailed gravity research work carried out in the marginal and external flysch area, located in Central Moldova, has pointed to possibilities of establishing a correlation between local maximum anomalies and anticlines, and local minimum anomalies and synclines, as a result of the fact that the cores of anticlines are composed of Cretaceous and Eocene dense deposits, whereas the synclines are filled with Oligocene deposits under the Kliwa sandstone facies, or by Miocene salt-bearing deposits..

INTRODUCERE

Cercetări gravimetrice de detaliu, întreprinse pe aria flișului marginal și extern din Moldova centrală, au semnalat posibilitatea folosirii metodei în scopuri structurale, în vederea descifrării tectonicii unității externe, în semiferestre sau în zonele unde aceasta este mascată de pînza medio-marginală.

Structura în pînă de șariaj a unității medio-marginale este pusă în evidență prin ferestre tectonice (Dumesnic, Tazlău etc.), semiferestre (Bistrița, Slănic-Oituz) și petece de acoperire (Măgura Moinești etc.), elemente care arată raporturile de acoperire dintre unitatea superioară în pînă și unitatea inferioară, ca para-autohton (Băncilă, 1958; Băncilă, Hristescu, 1963).

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice a Institutului geologic din februarie 1968.

² Institutul de geofizică aplicată. Sos. Kiseleff nr. 55. București.



În regiunile în care pînza medio-marginală acoperă pe suprafețe întinse unitatea externă, cartarea geologică nu mai poate folosi la localizarea elementelor structurale.

Pînă de curînd s-a considerat, în mod nejustificat, că există o corespondență între zonele de maximă ridicare ale pînzei și cele ale unității externe ascunse. Lucrări de verificare, cu foraje, pentru detectarea unor noi structuri de perspectivă pentru hidrocarburi au fost executate pe ferestrele tectonice în care aflorează depozitele miocene cu sare, considerînd că acestea ar reprezenta zone de ridicare ale unității externe. Rezultatele obținute au infirmat, parțial, această ipoteză. Într-adevăr, ferestrele tectonice pot reprezenta zone de ridicare (Mitocul Bălan, Tazlău etc.), dar pot fi situate și pe flancurile structurilor sau chiar în sinclinaile.

O serie de informații, obținute ca rezultat al lucrărilor de verificare cu foraje, atestă stilurile tectonice deosebite ale celor două unități. Astfel, în sectorul Uture-Tazlăul Mare, unde cutile unității externe sunt acoperite cu depozite miocene, datele obținute prin lucrări de cartare nu coincid întotdeauna cu datele de sondă de la niveluri mai adînci, corespunzătoare Paleogenului. Anticlinalului Mihoc-Cucuieți, cartat în depozitele miocene, îi corespunde în adîncime un anticinal — cu sîmbure de Eocen — dar deplasat spre vest. Structura Tazlăul Mare nu are corespondență în tectonica depozitelor miocene de suprafață. Aceste neconcordanțe sunt cu atît mai evidente cu cît ne situăm mai aproape de limita de suprafață a flișului paleogen cu depozitele miocene.

Din cele cîteva exemple menționate, la care ar putea fi adăugate multe altele, se constată eficiența redusă a cercetărilor geologice de suprafață. În aceste condiții, se impune utilizarea metodelor geofizice, în vederea obținerii unor informații cu privire la structura ascunsă a unității externe. Experiența prospecțiunilor geofizice executate în ultimii ani arată că numai două metode : gravimetria și seismometria — prin procedeul seismosondajului spațial de masă — sunt capabile să contribuie la rezolvarea problemelor legate de structura unității externe.

În cele ce urmează, sunt prezentate rezultate mai interesante, care ilustrează capacitatea metodei gravimetrice de a semnală și contura unele elemente structurale ale flișului extern, fără a neglija însă și limitările ei. În acest scop, vom lua în considerare trei situații existente : a elementelor structurale semnalate în semiferestre, a elementelor structurale puse în evidență în zone acoperite de pînza medio-marginală și a elementelor structurale ale Paleogenului extern semnalate în zone cu depozite miocene la suprafață.



ANOMALII LOCALE DE GRAVITATE DETERMINATE DE STRUCTURA GEOLOGICĂ A DEPOZITELOR DE FLIȘ DIN SEMIFEREASTRA BISTRITÉI

În semifereastra Bistriței, unitatea externă a flișului include o succesiune de depozite cretacice și paleogene, la care se adaugă în anumite sectoare și depozite miocene inferioare. Din punct de vedere tectonic, această semifereastră se caracterizează prin succedarea unor structuri deversate către est. În raport cu gradul de ridicare și de eroziune, în sâmburii anticlinalelor se dezvoltă depozite cretacice (structura Doamna-Cuejdiu) sau eocene (structura Oușorul-Măgura Tazlăului), în timp ce sinclinalele adiacente au umplutura constituită din depozite oligocene.

În semifereastra Bistriței, s-a putut face o corelație între maximele locale ale gravitației și anticlinale și între minimele locale și sinclinale, ca urmare a contrastului de masă care se realizează între depozitele cretacice-eocene și depozitele oligocene de acoperire.

Elementul dominant al hărții anomaliei locale a gravitației, în semifereastra Bistriței, este linia de maxim pîrul Calu — pîrul Cuejdiu (fig. 1), care se suprapune cu axul geologic — de suprafață — al anticinalului Doamna — pîrul Cuejdiu. Apexul anomaliei pozitive se situează pe aria de dezvoltare a depozitelor cretacice, care aflorează în zona axială a structurii. Intensitatea anomaliei scade odată cu afundarea depozitelor cretacice spre nord și sud — pe terminațiile periclinale ale anticinalului.

Informații prețioase au fost obținute și în zona de afundare către sud a unității externe, între văile Nechitu și Frumoasa. În acest sector, datorită scufundării axiale a anticlinalelor, intensitățile anomaliei devin din ce în ce mai mici, fapt ce impune luarea unor măsuri speciale pentru a asigura precizia cerută valorilor de gravitate observată și precizia de efectuare a reducerilor geofizice.

Figura 2 reproduce imaginea anomaliei locale a gravitației, în paralel cu harta geologică de suprafață.

Imaginea anomaliei locale este constituită dintr-o succesiune de linii de maxim și minim ale gravitației, care reflectă structura flișului exterior, cu anticlinale constituite din Eocen superior (strate de Bisericană) și sinclinale cu umplutura din depozite oligocene.

ANOMALII LOCALE DE GRAVITATE CARE REFLECTĂ STRUCTURA UNITĂȚII EXTERNE ÎN ZONELE DE AFUNDARE SUB PÎNZA MEDIO-MARGINALĂ

Descoperirea unor zăcăminte de hidrocarburi, în Oligocenul unității externe, a determinat efectuarea unui număr considerabil de lucrări de prospecție și explorare, în vederea conturării elementelor structurale din cadrul acestei unități ascunse sub pînza medio-marginală.



În zonele de afundare ale unității externe, sămburii anticlinalelor sunt uneori alcătuiți din depozite eocene, în timp ce sinclinalale adiacente au umplutura constituită din depozite oligocene. De cele mai multe ori însă, în special în zonele mai afundate, Oligocenul apare în șarniera anticlinalelor, sinclinalalele cuprindând în acest caz și depozite miocene cu sare.

Rezultatele gravimetrice care se obțin în asemenea sectoare sunt în directă legătură cu grosimea pînzei și cu prezența depozitelor miocene

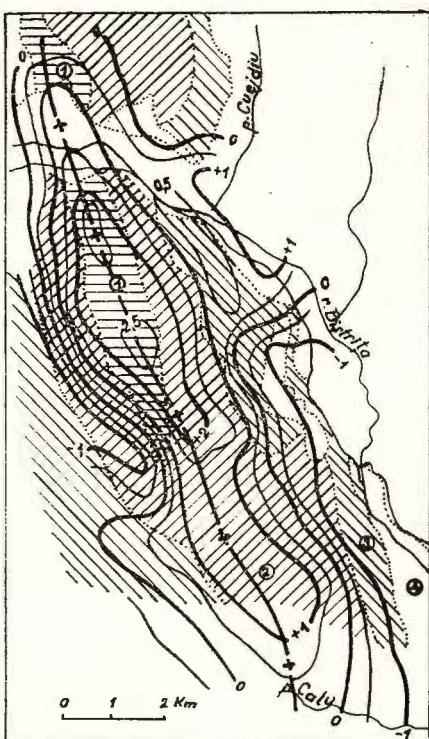


Fig. 1. — Anomalia locală a gravitației din zona anticinalului Doamna, în paralel cu harta geologică reproducă după O. Mirăuță.

1. Cretacic; 2, Eocen; 3, Oligocen; 4, Miocen cu sare.

Anomalie locale de la pesanteur dans la zone de l'anticlinal de Doamna, sur le même fond que la carte géologique reproduite d'après O. Mirăuță.

1. Crétacé; 2. Eocène; 3. Oligocène; 4. Miocène à sel.

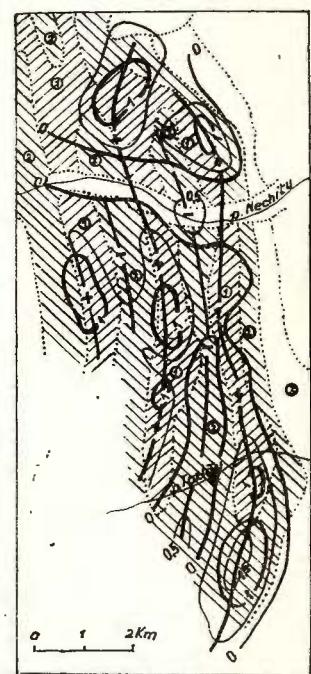


Fig. 2. — Anomalia locală a gravitației din zona pîriul Tazlău—pîriul Nechitu; fond geologic după O. Mirăuță,

Elena Mirăuță.
1, Eocen; 2, Oligocen; 3, Miocen cu sare.

Anomalie locale de la pesanteur dans la zone du ruisseau Tazlău— ruisseau Nechitu ; le fond géologique d'après O. Mirăuță, Elena Mirăuță.

1. Eocène; 1, Oligocène; 3, Miocène à sel.

cu sare în alcătuirea geologică a unității ascunse. Dacă grosimea pînzei este apreciabilă, cumularea efectelor produse de structurile pînzei și para-autohtonului, precum și a acelora cu caracter litologic, conduc la o imagine gravimetrică complexă pe care este cu neputință de separat diferențele surse de anomalii.

Prezența formațiunii cu sare, prin contrastul de masă pe care-l realizează în raport cu depozitele paleogenice, permite cartarea unor anomalii gravimetrice cu suport structural sigur, în sectoarele unde depozitele acoperitoare, în pînză, au o grosime redusă. Cu toate acestea, fără informații extra-gravimetrice, stabilirea unei corelații între anomalia gravitației și tipul structurii nu este, în general, posibilă pe suprafețe mari.

În majoritatea cazurilor, anomaliiile locale de maxim sunt generate de ridicarea axială a depozitelor paleogenice în simburii anticlinalelor, iar anomaliiile locale de minim de îngroșarea depozitelor miocene cu sare în sinclinal. Această corelație este valabilă pentru sectoare importante ale unității externe.

În sectorul Chilii-Arșița, situat la sud de valea Frumoasa, unitatea externă prezintă o scufundare axială, cu periclinurile nucleelor de fliș paleogen dispuse în culisă. Tectonica acestui sector este extrem de complicată și se caracterizează prin superpoziția a două unități, medio-marginală (în pînză) și externă (para-autohton), cu stiluri de cutare diferențiate.

Structura interioară a pînzei este reprezentată prin cute-solzi și cute-falii. Solzificarea poate ajunge pînă la reducerea completă a flancului anticlinal de la est, astfel încât, se realizează o repetiție de roci oligocene, eocene și senoniene, ultimele stînd direct pe cele dintîi (Băncilă, 1958). În cuprinsul pînzei medio-marginale a fost stabilită existența a două contraste de masă și anume, între Senonian și Eocen (+) și între Eocen și Oligocen (+). Datele de foraj arată că suprafața de șariaj a pînzei este slab înclinată și prezintă ondulații largi, din care unele mulează cutile unității acoperite. Dacă avem în vedere și grosimea relativ redusă a pînzei, este de presupus că efectele gravimetrice produse de aceste contraste vor fi mici.

Afundarea axială importantă a unității externe, la sud de valea Frumoasa, determină o acoperire a flișului paleogen cu depozite miocene, ele alcătuind umplutura sinclinalelor. Contrastele de masă, care se realizează în cuprinsul unității externe, sunt următoarele ; Eocen — Oligocen(+), Oligocen-formațiunea saliferă inferioară(+), formațiunea saliferă inferioară-orizontul roșu(—). La acestea trebuie adăugat contrastul de masă negativ dintre sare și depozitele terigene.



Harta anomaliei locale a gravitației (fig. 3), obținută după separarea efectului regional, prin metoda speranței matematice, pune în evidență o serie de anomalii de maxim și minim, care se înșiră de-a lungul unor

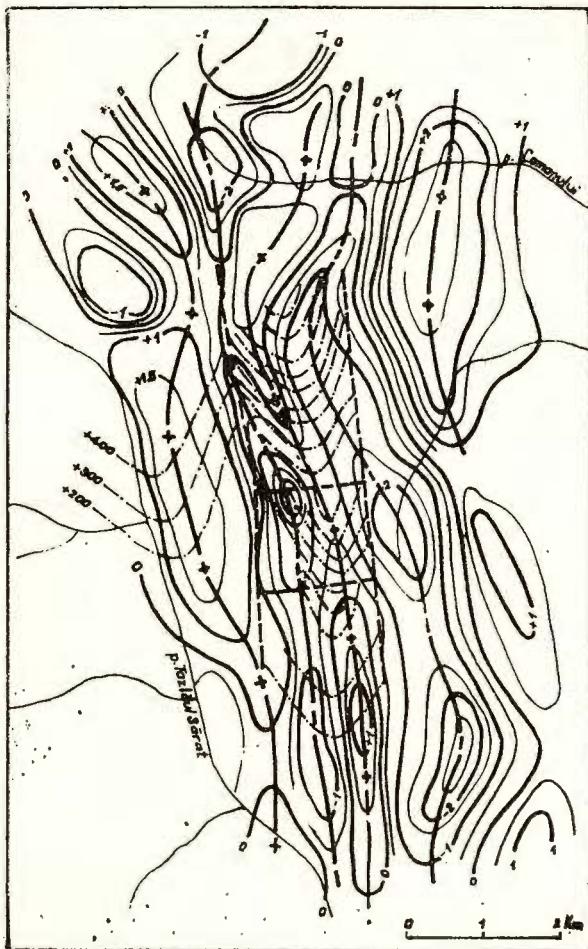


Fig. 3. — Anomalia locală a gravitației în regiunea Chilia—Arșița.

Anomalie locale de la pesanteur dans la région de Chilia—Arșița.

aliniamente, cu orientare nord-sud. Aceste aliniamente nu urmăresc decât parțial direcțiile elementelor structurale din cuprinsul pînzei medio-marginală și de aceea se presupune că anomalia gravitației este determinată

preponderent de contrastele de masă care se realizează în sănul unității inferioare ascunse.

La limita vestică a hărții de anomalie locală se individualizează un aliniament de maxim, care reflectă preponderent cuta anticinală Fruntea Comanului. Poziția acestui aliniament arată însă că anomalia gravitației cumulează și efectul dat de solzul senonian Plaiul Chilii, aparținând pînzei medio-marginale.

Paralel și la est, se situează un aliniament de minim — determinat de îngroșarea formațiunii salifere în sinclinalul autohton — care separă cutile-anticinale Fruntea Comanului și Tisoasa. Anomalii locale, axate pe acest aliniament, reflectă în plus existența unor acumulări de sare în cuprinsul formațiunii salifere. Sarea倾de să se concentreze pe flancul vestic al anticinalului Tisoasa, fapt care atrage după sine o oarecare deplasare către est a aliniamentului de minim.

Aliniamentul de maxim pîrul Frumoasa-Arșița reflectă ridicarea axială a Eocenului superior în sîmburile anticinalului Tisoasa. Această interpretare este confirmată de o serie de foraje (1, 2, 3 Arșița etc.), care au stabilit continuarea structurii spre sud, pe sub pînza medio-marginală. Comparăția directă între anomalie locală a gravitației și izobatele structurii, construite la limita Miocen-Oligocen, arată o bună concordanță.

În continuare către est, se dezvoltă un al doilea aliniament de minim, care reflectă îngroșarea formațiunii salifere în sinclinalul ce separă structurile Tisoasa și Iuga. Pe acest aliniament se localizează două anomalii închise, care sugerează existența unor acumulări de sare în cuprinsul formațiunii salifere. Cîteva sonde de mică adîncime, săpate pe aria acestei zone de minim, au indicat prezența sării gême și a sărurilor de K și Mg, la diverse nîveluri pe verticală.

Aliniamentul de maxim este reflectă atât ridicarea axială a depozitelor eocene în sîmburile structurii Iuga, cît și prezența arcozei de Căsoasa între formațiunea saliferă și orizontul roșu — cauză de ordin litologic.

Cu scopul de a reliefa corelația satisfăcătoare, care se realizează între datele gravimetrice și structura flișului autohton, în figura 4 e prezentat un profil indicind variația anomaliei locale a gravitației în paralel cu secțiunea geologică probabilă, pe direcția Fruntea Comanului-Iuga.

Aceeași corelație, între structura flișului extern și anomalia gravitației, se poate stabili și către sud, în regiunea Moinești-Tazlăul de Sus. În figura 5 e prezentată anomalia locală de minim de la Tazlăul de Sus, care în condițiile fizico-geologice precizate, corespunde unei cută-sinclinale, cu umplutura constituită din depozite ale formațiunii salifere, mascată parțial de pînza medio-marginală.



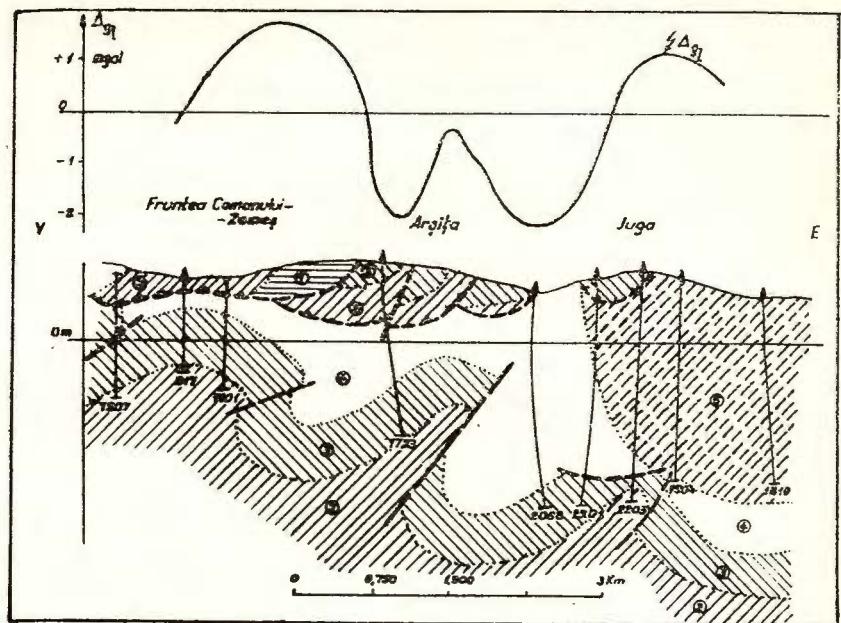


Fig. 4. — Profil indicind variația anomaliei locale a gravitației, în paralel cu secțiunea geologică probabilă, pe direcția Fruntea Comanului—Iuga.
1, Senonian; 2, Eocene; 3, Oligocene; 4, formațiunea saliferă inferioară; 5, orizont roșu.

Coupe indiquant la variation de l'anomalie locale de la pesanteur sur le même fond que la coupe géologique probable, en direction Fruntea Comanului—Iuga.
1, Sénonien; 2, Éocène; 3, Oligocène; 4, formation salifère inférieure; 5, horizon rouge.

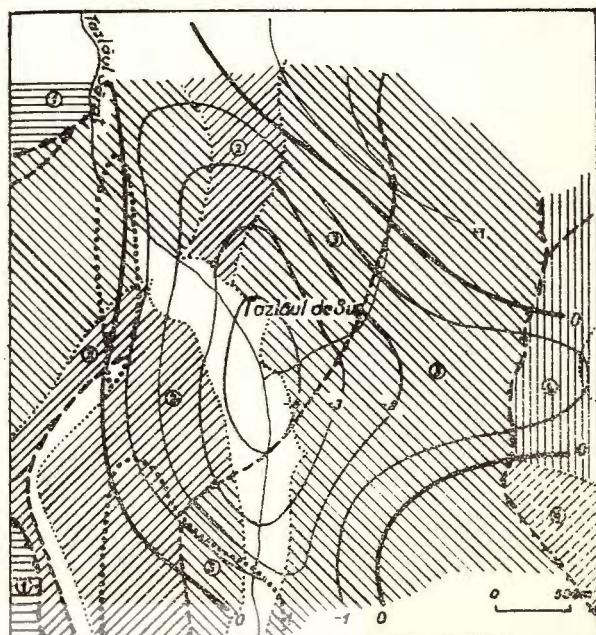


Fig. 5. — Anomalie locală de minim din zona Tazlăul de Sus—Modirzău.

1, Senonian; 2, Eocene; 4, Oligocene;
4, Miocen cu sare; 5, orizont roșu;
○ zone fără sare.

Anomalie locale de minim dans la zone de Tazlăul de Sus—Modirzău.

1, Sénonien; 2, Éocène; 3, Oligo-
cène; 4, Miocène à sel; 5, horizon
rouge; ○ zone sans sel.

În figura 6 e prezentat un profil de variație a anomaliei gravitației, în paralel cu secțiunea geologică pe direcția Tazlău-Uture. Elementele principale semnalate sunt: minimul gravimetric, efect al sinclinalului miocen și maximul gravimetric, efect al anticinalului Modirzău-Măgura.

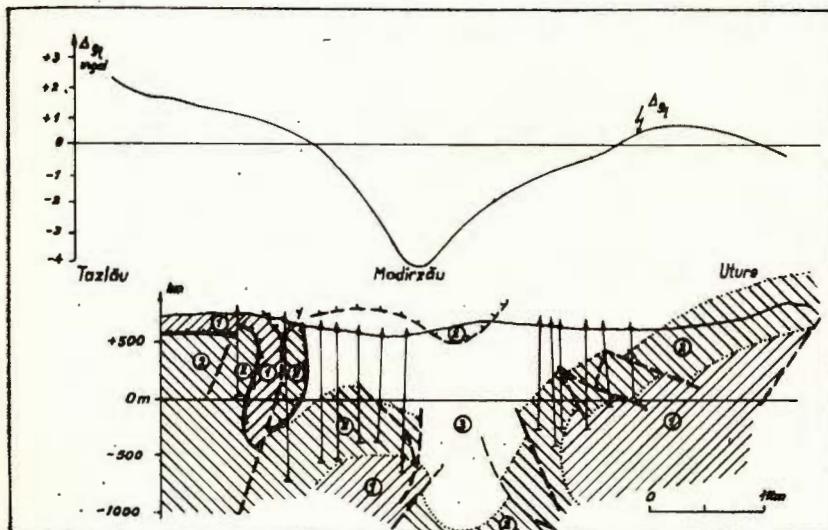


Fig. 6. — Profil indicind variația anomaliei gravitației în sectorul Tazlău—Modirzău—Uture, în corelație cu secțiunea geologică întocmită de E. Hristescu.

1. Eocen, 2. Oligocen; 3. Miocen cu sare.

Coupe géologique indiquant la variation de l'anomalie de la pesanteur dans le secteur de Tazlău—Modirzău—Uture en corrélation avec la coupe géologique rédigée par E. Hristescu.

1. Éocène; 2. Oligocène; 3. Miocène à sel.

Poziția deplasată către vest, a apexurilor anomaliei, față de poziția cunoscută a axelor structurale, este determinată de asimetria structurilor și deversarea lor către est, precum și de prezența sării și sărurilor delicatescente la diverse niveluri — între 100 și 700 m — în cuprinsul depozitelor miocene de pe flancul vestic al sinclinalului.

Structura anticinală Modirzău-Măgura este constituită din mai multe blocuri tectonice, care marchează căderea depozitelor paleogenice de la nord către sud, de-a lungul unor accidente rupturale transversale. În figura 7 este reproducă imaginea anomaliei locale a gravitației pentru blocul tectonic Piatra Crăpată, în paralel cu izobatele trasate la baza orizontului de tranziție. După cum se poate remarcă, acest bloc structural

se reflectă în anomalia gravitației printr-un maxim cu intensitatea de cca 1,5 mgal.

În figura 8 e prezentat un profil, care indică variația anomaliei locale a gravitației din sectorul Piatra Crăpată, în paralel cu secțiunea

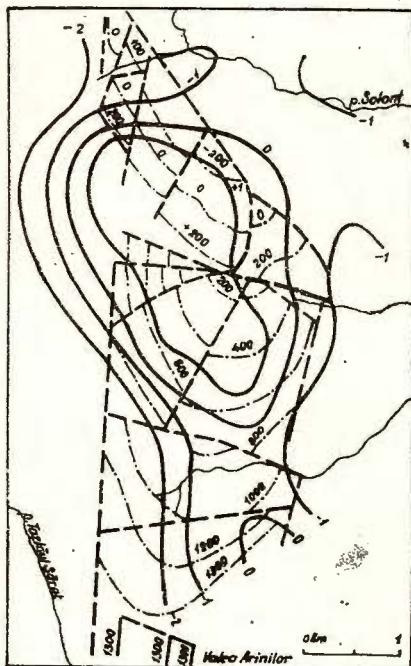
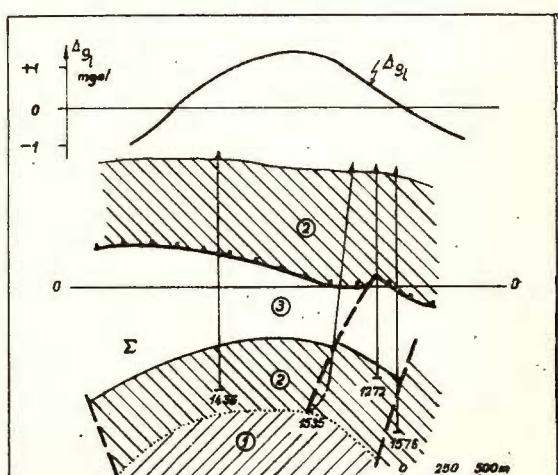


Fig. 7. — Anomalia locală a gravitației reflectând structura Modirzău—Măgura.
Anomalie locale de la pesanteur réfléchissant la structure de Modirzău—Măgura.

Fig. 8. — Profil indicind variația anomaliei locale a gravitației în zona Piatra Crăpată, în paralel cu secțiunea geologică.
1. Eocene; 2. Oligocen; 3. Miocen cu sare.

Coupe géologique indiquant la variation de l'anomalie de la pesanteur dans la zone de Piatra Crăpată, sur le même fond que la coupe géologique.
1. Éocène; 2. Oligocène; 3. Miocène à sel.



geologică — construită pe baza datelor furnizate de numeroasele sonde, săpate pentru hidrocarburi. Pinza, cu o grosime aproape constantă și o alcătuire cvasi-omogenă (Oligocen), intervine cu pondere mică și prin urmare, anomalia nu reflectă altceva decit cula ascunsă a flișului extern.

Dacă avem în vedere complicațiile structurale caracteristice zonei Moinești-Chilii, rezultatele gravimetrice prezentate pot fi considerate ca satisfăcătoare.

În regiunea de la sud de Moinești și pînă la Tg. Ocna, depozitele în pînză capătă o amplă dezvoltare pe verticală. Din acest motiv precum și datorită complicațiilor structurale deosebite care apar, prin superpoziția unor unități cu stiluri tectonice diferite, cercetarea gravimetrică nu mai poate contribui la descifrarea elementelor structurale ale flișului extern, cu atît mai mult cu cît formațiunea saliferă nu mai participă, pe scară regională, la alcătuirea acestuia.

ANOMALII LOCALE DE GRAVITATE ÎN ZONE DE AFUNDARE ALE FLIȘULUI EXTERN SUB DEPOZITELE MIOCENE

La sud de pîrul Frumoasa, datorită afundării regionale a flișului paleogen, delimitarea unității externe de unitatea pericarpatică este dificilă, deoarece depozitele paleogene sunt acoperite de depozite miocene — dezvoltate în același facies ca și cele din Subcarpați. Studii geologice recente (Băncilă, Hristescu, 1963) au dus la concluzia că zona miocenă, cuprinsă între fruntea pînzei medio-marginală și meridianul Cucuieti-Mihoc, prin structura fundamentalui său, aparține unității externe a flișului.

Interpretarea geologică a anomaliei gravimetrice în această regiune este dificilă deoarece profilul geologic pune în evidență mai multe contraste de densitate, de semne diferite, care fac posibilă o compensare totală sau parțială a efectelor, în condițiile unei structuri geologice extrem de complicate. Cu toate acestea, printr-o prelucrare adecvată a datelor, se pot pune în evidență, preponderent, efectele gravimetrice produse de surse anomale, situate la diferite adâncimi. Pentru exemplificare, în cele ce urmează, se prezintă rezultatele obținute în sectorul Mihoc-Cucuieti. Anomalia gravitației (fig. 9) pune în evidență existența a două minime locale — separate printr-o tendință de maxim — care se suprapun pe fondul regional de scădere a valorilor gravitației de la est către vest.

Tendința de maxim se datorează unei culi de depozite paleogene, care constituie substratul formațiunilor miocene de suprafață și coincide cu zona axială a structurii anticlinale Mihoc-Cucuieti. Excesul de masă,



creat de ridicarea depozitelor paleogenice în simburele structurii, este parțial compensat de prezența depozitelor miocene cu sare în bolta anticlinului.

Formațiunea saliferă — care conține acumulări de sare și săruri de K și Mg — participând la alcătuirea structural geologică a regiunii, intervine cu o pondere apreciabilă în producerea anomalilor locale de minim.

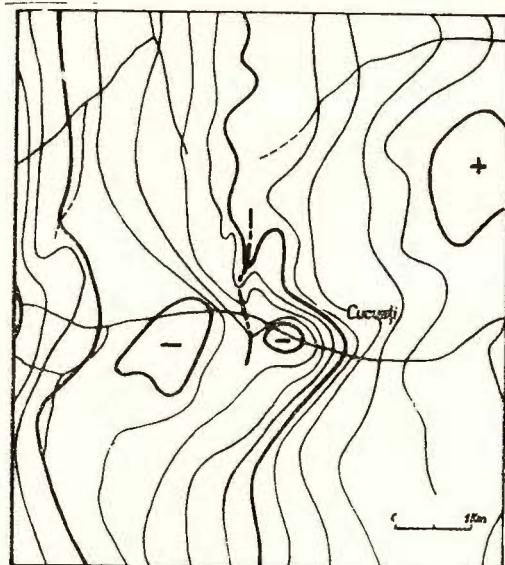


Fig. 9. — Anomalia gravitației din zona Cucuieți—Mihoc.

Anomalie de la pesanteur dans la zone de Cucuieți—Mihoc.

În condițiile fizico-geologice prezentate — caracteristice zonelor de afundare a flișului paleogen sub un înveliș miocen — și având la bază harta de anomalie Bouguer, s-au construit hărți cu izopahite gravimétrice de tipurile A,B și C, prin procedeul Bible (Bible 1961, 1964).

Harta gravimetrică cu izopahite de tip A (fig. 10) — construită cu ajutorul formulei $\Delta g_A = g(0) - \bar{g}(5000)$ — reflectă, preponderent, contrastele de masă din cuprinsul depozitelor miocene de cuvertură. Această hartă, echivalentă hărții de anomalie locală, dar cu o semnificație fizică diferită, sugerează intensa tectonizare a regiunii, semnalând existența mai multor accidente disjunctive — longitudinale și transversale — din care o bună parte sint în acord cu datele de cartare și de foraj.

Anomalia de minim este generată, în cea mai mare parte, de contrastul de masă realizat între sare și depozitele terigene. Izolinia de zero

conturează, aproximativ, zona de interes pentru conținutul în sare și săruri de K și Mg. Lucrări de verificare, executate pe baza propunerilor autorului, au condus la descoperirea unui zăcămînt de sare și săruri de K și Mg, care are probabil dimensiuni comparabile cu ale celui explorat.

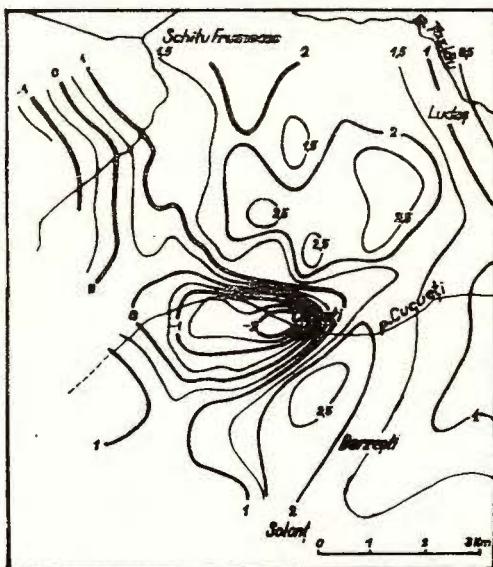


Fig. 10. — Harta gravimetrică cu izopahite de tip A, stabilită pe baza formulei $\Delta g_A = g(0) - \bar{g}(5000)$

Carte gravimétrique avec isopachytes de type A, rédigée à partir de la formule $\Delta g_A = g(0) - \bar{g}(5000)$

la Tazlăul Mare. Maximele adiacente corespund, fie unor sinclinali cu umplutura alcătuită din depozitele orizontului roșu, fie unor aflorimente ale stratelor de Borzești și atunci au o cauză litologică.

Cu scopul obținerii de informații asupra structurii geologice mai adânci, au fost construite hărți cu izopahite gravimetrice de tip B, pentru diverse valori ale razelor cercurilor de mediere. Dintre acestea, figura 11 reproduce o hartă gravimetrică cu izopahite de tip B, construită pe baza formulei $\Delta g_B = \bar{g}(2000) - \bar{g}(5000)$, care reflectă, cu preponderență, structura depozitelor paleogenice. Din analiza hărții prezentate se constată că anomaliiile care își au sursa în cuvertura miocenă se estompează și în schimb se accentuează anomaliiile de pe aliniamentul de maxim, generat de simburele paleogen al structurii Mihoc-Cucuiești. Pentru aprecierea rezultatelor obținute, figura 11 reproduce și schița tectonică — calitativă — a regiunii,

intocmită pe baza corelării datelor seismometrice cu cele de foraj (Cucușan, 1966).

Pentru precizarea surselor anomale adânci, s-a construit o hartă gravimetrică cu izopahite de tip C (fig. 12), folosindu-se relația $\Delta g_C = \bar{g}(7000)$

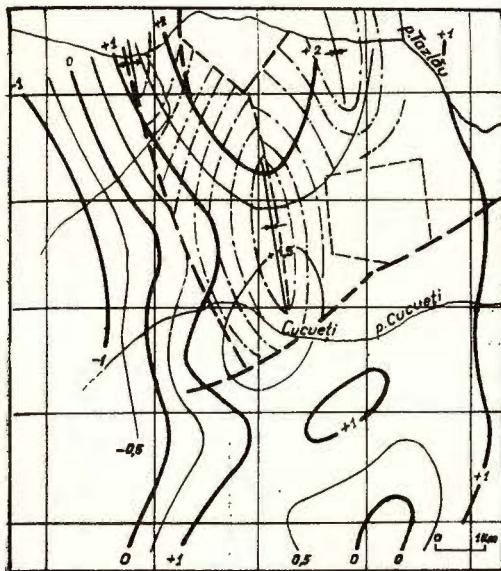


Fig. 11 — Harta gravimetrică cu izopahite de tip B, stabilită pe baza formulei $\Delta g_B = \bar{g}(2000) - \bar{g}(5000)$ în paralel cu schița tectonică a regiunii.

Carte gravimétrique à isopachytes de type B, rédigée à partir de la formule $\Delta g_B = \bar{g}(2000) - \bar{g}(5000)$ sur le même fond que l'esquisse tectonique de la région.

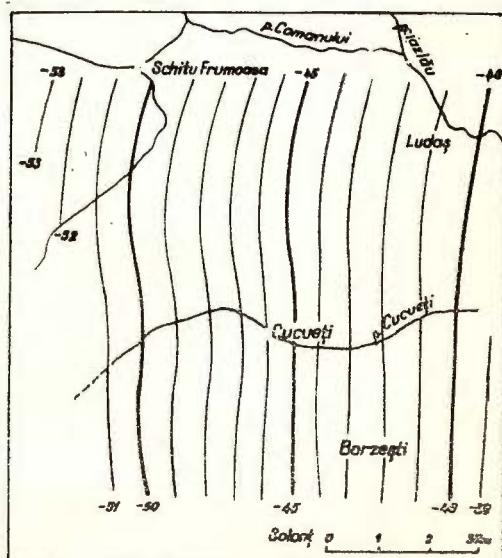


Fig. 12. — Harta gravimetrică cu izopahite de tip C, stabilită pe baza formulei $\Delta g_C = \bar{g}(7000)$

Carte gravimétrique à isopachytes de type C, rédigée à partir de la formule $\Delta g_C = \bar{g}(7000)$

$$\Delta g_C = \bar{g}(7000)$$

$$\Delta g_C = \bar{g}(7000)$$

Imaginea obținută, echivalentă cu aceea a anomaliei regionale, marchează o scădere continuă a valorilor de la est către vest — în legătură cu scufundarea pe această direcție a maselor dense aparținind funda-
mentului.

Metoda izopahitelor gravimetrice a fost folosită, cu rezultate re-
marcabile și în alte sectoare, dintre care menționăm : Tazlăul Mare, Valea
Arinilor etc. Utilizarea ei pare a fi indicată, în situații nefavorabile de
cumul a efectelor gravimetrice, în special, în zonele de afundare a flișului
paleogen sub depozitele miocene, cu atit mai mult cu cît, în asemenea ca-
zuri, datele geologice nu sint uneori concludente. Comportarea diferită
a formațiunilor geologice de fliș și de molasă, în procesul de deformare,
are drept rezultat o dizarmonie între cuvertura miocenă și substratul ei,
astfel încit, axele structurilor de la niveluri mai adânci — corespunză-
toare Paleogenului — apar deplasate spre vest, față de axele stabilite la
suprafață.

CONCLUZII

Din experiența acumulată prin utilizarea cercetării gravimetrice
la descifrarea complicatelor probleme legate de structura depozitelor în
facies de fliș, rezultă cîteva recomandări de care trebuie să se țină seama,
pentru ca analiza datelor obținute să conducă la informații geologice
utilizabile.

Pentru ca interpretarea rezultatelor cercetării gravimetrice să se
poată efectua în condiții satisfăcătoare, sint necesare următoarele :

Executarea măsurătorilor gravimetrice și topografice cu maxim de
precizie — care poate fi atins cu aparatura din dotăție ;

Asigurarea unei densități medii, de acoperire cu puncte de observație,
de cel puțin 10 stații/km² ;

Evaluarea riguroasă a reducerilor de relief, folosind hărți topogra-
fice precise și metode adecvate de calcul ;

Utilizarea unor procedee moderne de separare a surselor de ano-
malii, care să permită interpretarea individuală a acestora ;

Evitarea unei rețete unice de separare a surselor anomale pe supra-
fețe mari și studierea individuală a fiecărei anomalii, în condițiile fizico-
geologice concrete ale regiunii respective ;

Existența unei cartări geologice detaliate și precise ;

Determinarea densității formațiunilor geologice pe un mare număr
de probe colectate de la suprafață sau din subteran, cu scopul de a utiliza
în interpretare valori medii cît mai apropiate de realitate ;



Corelarea strânsă a datelor gravimetrice cu datele geologice, furnizate de lucrările de verificare și explorare și cu informațiile seismometrice, obținute prin procedeul seismosondajului spațial de masă.

În concluzie, sub raport metodologic — pentru stabilirea corelațiilor și criteriilor de interpretare — cercetările gravimetrice vor trebui să acopere mai întâi arile în care para-autohtonul aflorează și numai după aceea, să urmărească, în extindere, elementele structurale ale flișului extern, în zonele măscate de pînza medio-marginală.

BIBLIOGRAFIE

- Airinei Şt., Dumitru St., Velcescu Georgea (1964) Contribuții gravimetrice la cunoașterea structurii și potențialului economic al formațiunilor neogene din regiunea Tg. Ocna. *Stud. cerc. geol., geof., geogr.*, seria geofizică, II. București.
- Băncilă I (1958) Geologia Carpaților Orientali. Ed. științifică. București.
- Hristescu E. (1963) Linia externă a flișului și linia pericarpatică dintre valea Sucevei și valea Trotușului (Carpații Orientali). *Asoc. geol. Carp.-Balc.*, Congresul V, Comunicări, IV, București.
 - Bible J. L. (1961) Old gravity should never die. World Petroleum, Texas.
 - (1964) Gravity for the geologists. *World Oil*, 159,5 Texas.
 - Cucu V., Chișcan V. (1966) Asupra experimentării seismosondajului spațial în zone cu tectonică și morfologie complicată. *St. tehn. econ.*, D 5, București.
 - Dumitrescu I. (1952) Studiul geologic al regiunii dintre Oituz și Coza. *An. Com. Geol.*, XXVII. București.
 - Gavăt I. (1964) Geologia petrolului și a gazelor naturale. Ed. didactică și pedagogică, București.
 - Grigoraș N. (1961) Geologia zăcămintelor de petrol și gaze din R.P.R., Ed. tehnică. București.
 - Joja Th. (1958) Recherches géologiques entre les vallées de la Rîșca et de l'Agapia. *An. Com. Geol.*, XXIV—XXV (résumé), București.
 - Mirăuță O. (1962) Stilul tectonic al Flișului marginal și al molasei subcarpatice în regiunea Piatra Neamț. *D.S. Com. Geol.*, XLVIII. București.
 - Mirăuță Elena (1964) Structura geologică a molasei miocene dintre valea Bistriței și Tazlău. *D.S. Com. Geol.*, XLIX/1. București.
 - Mirăuță Elena (1964) Faciesurile și tectonica molasei miocene din anticlinialul fals Almașu (N Piatra Neamț). *D.S. Com. Geol.*, XLIX/2, București. - Olteanu F. (1958) Depresiunea subcarpatică între Ozana (Pîrul Neamțului) și Buzău. *An. Com. Geol.*, XXXI. București.
 - Visarion M. (1961) Contribuția prospecțiunii gravimetrice la determinarea structurilor cu sare și săruri de potasiu din depozitele neogene ale Carpaților Orientali. *Stud. cerc. geol.*, VI/3, București.
 - (1963) Contribuții geofizice cu privire la structura geologică a Depresiunii Precarpatice din Moldova de mijloc. *Asoc. geol. Carp.-Balc.*, Congr. V, Comunicări VI, București.



**ANOMALIES LOCALES DE LA PESANTEUR DANS L'AIRE
DU FLY SCH MARGINAL ET EXTERNE DE LA PARTIE CENTRALE
DE LA MOLDAVIE**

(Résumé)

Des recherches gravimétriques de détail effectuées dans l'aire du flysch marginal et externe de la partie centrale de la Moldavie nous renseignent qu'on peut utiliser cette méthode pour déchiffrer la tectonique de l'unité externe des demi-fenêtres ou des zones où cette unité est masquée par la nappe moyenne-marginale.

L'auteur présente quelques résultats intéressants, en tenant compte de trois situations possibles : éléments structuraux signalés dans les demi-fenêtres, éléments structuraux signalés dans des zones recouvertes par la nappe moyenne-marginale et éléments structuraux du Paléogène externe signalés dans des zones avec des dépôts miocènes à la surface.

L'étude effectuée dénote la possibilité d'établir une certaine corrélation entre les anomalies locales de maximum et les anticlinaux, entre les anomalies locales de minimum et les synclinaux, dues au fait que les noyaux des anticlinaux sont constitués de dépôts crétacés et éocènes denses, alors que les synclinaux sont comblés de dépôts oligocènes sous faciès du grès de Kliwa ou de dépôts miocènes à sel gemme.





Institutul Geologic al României

STUDIUL DENSITĂȚII ROCILOR DIN ZONA ERUPTIVU- LUI NEOGEN DE LA BAIA MARE¹

DE

RADU BOTEZATU², JUSTIN ANDREI², CONSTANTIN CALOTĂ³, MARIUS
VISARION²

Abstract

Study on Rock Densities of the Eruptive Neogene Zone from Baia Mare. In order to obtain a better knowledge of physical conditions, the density distribution of sedimentary and eruptive formations in the Baia Mare region (East Carpathians) is studied. Direct determinations carried out on 2.200 rock samples collected from surface geological formations and from the subsoil ones, and indirect determinations by means of gravity measurements in 12 shafts and at 30 Nettleton profiles are used. The analysis of the results obtained provides means for improving the Bouguer map in this region, and to establish the more probable regional and local mass contrasts required by geological interpretation of the gravity anomalies.

INTRODUCERE

Problema efectuării unui studiu atent cu privire la repartitia densităților rocilor de suprafață pe aria ocupată de eruptivul neogen de la Baia Mare, domeniile în care se inseră variațiile densității diferitelor tipuri de roci prezente, precum și stabilirea unor eventuale legități în legătură cu aceste aspecte, s-a pus odată cu inițierea activității de întocmire a unei sinteze a rezultatelor geofizice obținute pînă în prezent în această regiune.

În acest scop, s-a procedat la o recoltare de probe din aflorimente, din foraje și din subteran (exploatari miniere), însumîndu-se un total de 308 puncte de recoltare și cca 2200 probe; de asemenea au fost efectuate

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice a Institutului de geofizică aplicată din 25 martie 1968.

² Institutul de geofizică aplicată. Șos. Kiseleff, nr. 55. București.

³ Institutul de petrol, gaze și geologie. Str. Traian Vuia, nr. 6. București.



sondaje gravimetrice în 12 puțuri, aparținând principalelor exploatari miniere din regiune. În paralel, au fost calculate densitățile rocilor de suprafață pe 30 de profile prin procedeul Nettleton, pe baza datelor măsurătorilor existente din rețeaua gravimetrică de prospecțiune. Rezultatele obținute au fost folosite pentru comparații și corelari. La recoltarea probelor de suprafață, s-au avut în vedere principalele tipuri de roci și de transformări hidrotermale ale acestora precum și o acoperire geografică cît mai uniformă, evitîndu-se zonele cu alterări superficiale evidente. Distribuția în suprafață a sondajelor gravimetrice a fost aleasă avîndu-se în vedere — în măsura posibilităților — o acoperire geografică armenoasă.

Determinările directe de densitate volumetrică au fost efectuate pe probe uscate, în prealabil, prin procedeul cîntăririi în aer și în apă. Apoi, folosind piezometre cu apă, s-au determinat densitățile minerale ale probelor preparate în mod adecvat. Cunoscînd densitatea volumetrică a probelor uscate și densitatea lor minerală, s-au calculat atît porozitatea totală cît și densitatea saturată. Aceste determinări au fost executate de către Serviciul de geologie tehnică al Intreprinderii geologice de prospecțiuni.

Sondajele gravimetrice au fost realizate folosind metoda aplicată de autori într-o lucrare anterioară (Botezatu, Visarion, Andrei, 1966). Față de tehnica de lucru expusă în lucrarea respectivă, este de precizat că pentru determinarea corecțiilor de excavație s-a folosit, de data aceasta, un procedeu grafic, concretizat printr-o abacă tridimensională — elaborată cu această ocazie.

DENSITĂȚI ȘI CONTRASTE DE DENSITATE

Rezultatele determinărilor de densitate, prin procedee directe și indirecte, sunt prezentate, sintetic, în planșele I și II.

Graficul din planșa I exprimă rezultatul determinărilor directe de densitate. În partea stîngă a graficului, au fost înscrise — în ordine cronologică — formațiunile geologice prezente în regiune și în cadrul acestora, principalele litotipuri care le caracterizează. Acolo unde a fost cazul, s-au figurat tipurile de transformări endogene, care afectează unele formațiuni. În coloana a doua a graficului, este indicat numărul punctelor de recoltare corespunzător fiecărei formațiuni și tipul litologic considerat. Datele de densitate sunt reprezentate în partea dreaptă a figurii. Liniile orizontale pline indică domeniul de variație al densității volumetrice pentru probele uscate, iar cele întrerupte, domeniul de variație a valorilor densității pentru pro-



bele saturate. În situația în care recoltarea unui anumit litotip s-a efectuat într-un singur punct, rezultatele au fost reprezentate prin cercuri. Liniiutele verticale marchează valorile medii de densitate. Acolo unde am dispus de date amănuințite, privind alcătuirea litologică, valorile medii ale densităților au fost calculate ca medii ponderate. Valorile medii reproduc mai fidel valorile reale, în cazul în care pentru calculul lor au putut fi utilizate rezultatele unui număr mare de puncte de recoltare. Exceptând cazul formațiunilor și litotipurilor pentru care nu dispunem de multe puncte de recoltare, mărimea intervalului de variație a densității are o anumită semnificație. Observăm că, el depinde în special de gradul de variație a porozității și, în măsură mai mică, de variația densității minerale.

Densitatea naturală (δ_n) probabilă, a formațiunilor studiate, se placează între valorile de densitate volumetrică a probelor uscate (δ_u) și a celor „saturate cu apă” (δ_s). Cum gradul de umiditate a rocilor este funcție și de mărimea porozității, se poate considera că în cazul rocilor cu porozitate scăzută, densitatea naturală are valori mai apropiate de cele ale densității volumetrice a probelor uscate, și invers, cu cît porozitatea este mai ridicată, valoarea densității naturale se apropie mai multe, de densitatea volumetrică a probelor saturate.

Datele prezentate în planșa I oferă o bază judicioasă pentru stabilirea contrastelor de densitate și de masă. Ele nu pot fi luate în considerație pentru efectuarea reducerii de elevație, deoarece reflectă în mică măsură densitatea formațiunilor care alcătuiesc pătura de alterație superficială și, mai ales, nu reflectă influența anomalieiilor de gradient vertical, foarte active în regiune.

Analiza graficului din planșa I, pune în evidență faptul că rocile sedimentare (de la Eocen la Pannonian) prezintă densități mai mari în zonele în care sunt asociate cu rocile eruptive, datorită fenomenelor de contact termic sau diagenezei accentuate, cauzată de circulația soluțiilor bogate în elemente minerale. Acest fenomen este mai evident pentru rocile mai tinere. Fenomenele amintite, cînd sunt prezente, creează variații intense de densitate pe orizontală în cuprinsul formațiunilor sedimentare. Ca și în alte regiuni se remarcă și aici o creștere a densității cu vîrstă geologică a seriilor sedimentare. Deși nu a făcut obiectul studiului de față, apreciem că formațiunea sării, tortoniană, care se dezvoltă în sectorul Ocaș Sugatag, trebuie să facă excepție de la această regulă.

Riolitele sau riocacitele — tortoniene, cum sunt considerate de unii autori, — reprezentate în special prin piroclastite, constituie un orizont puțin dens (densitatea medie a probelor uscate, $\delta_u = 2,23 \text{ g/cm}^3$). Fiind



răspândite, aşa cum rezultă din datele recente de foraj⁴, în toată zona de vest de valea Băiței, ele constituie —alături de rocile sedimentare tortoniene — un orizont în raport cu care se realizează contraste de masă locale, pozitive, ale corporilor andezitice, pușe în loc ulterior.

Andezitele de Seini proaspete ($\delta_u = 2,64 \text{ g/cm}^3$) sunt, în medie, ceva mai dense decât formațiunile eocene, netransformate. În general, fenomenele de metamorfism hidrotermal au provocat o scădere a densității andezitelor de Seini, de cca $0,1 \text{ g/cm}^3$.

Riolitele de Mestecăniș (în medie, $\delta_u = 2,38 \text{ g/cm}^3$), spre deosebire de cele tortoniene, nu au intercalării de piroclastite și de aceea sunt ceva mai dense. Dacă sunt dispuse în corpuri intrusive, discordante, ele creiază — în raport cu lavele andezitice de Seini, pe care le străpung — deficite de masă suficient de importante pentru a condiționa anomalii locale de minim.

Dacitele de Limpedea netransformate sau puțin transformate hidrotermal, au o densitate foarte ridicată (în medie, $\delta_u = 2,66 \text{ g/cm}^3$), care le placează în rîndul andezitelor cuarțifere. De altfel, ele conțin fenocristale de cuarț de dimensiuni mici și având un caracter sporadic; în schimb procentul de minerale melanocrate este foarte ridicat, în comparație cu al altor dacite. În stare netransformată ele sunt mai dense decât formațiunile eocene necornificate.

Dacitele de Ulmoasa ($\delta_u = 2,61 \text{ g/cm}^3$) sunt mai puțin dense decât cele de Limpedea, probabil datorită faptului că ele conțin fenocristale de cuarț mai mari și mai frecvente. Totuși și ele sunt mai dense decât dacitele întâlnite în alte regiuni din România, în special decât cele din Munții Metaliferi.

Dacitele de Șindilit, având un caracter dominant brecios și fiind de aceea mai intens transformate hidrotermal, au o densitate mai scăzută (în medie, $\delta_u = 2,36 \text{ g/cm}^3$). Ele condiționează deficite importante de masă atunci când străpung discordant, andezite mai vechi cum sunt, de exemplu, andezitele de Seini.

Andezitele cuarțifere din Piscuiatu, Șuior și Highișa au valori de densitate comparabile (în medie, $\delta_u = 2,60 \text{ g/cm}^3$), asemănătoare cu cele întâlnite în cazul andezitelor cuarțifere de Barza din Munții Metaliferi. În general, aceste andezite sunt puțin transformate hidrotermal. În schimb,

⁴ A. Botnarenco, S. Rădulescu, O. Edelstein, L. Nedelcu. Proiectul lucrărilor de prospecții complexe din regiunea minieră Baia Mare pe anul 1967. Arh. Min. Min. 1966 București.



andezitele cuarțifere de Murgău⁵, fiind intens transformate hidrotermal, au valori de densitate mai mici decât precedentele cu aproximativ $0,15\text{ g/cm}^3$.

Andezitele cu piroxeni și amfiboli, de Jereapă, au în stare proaspătă sau puțin transformată (în special, în cazul cînd se prezintă sub formă de corpuri), densități foarte ridicate (în medie, $\delta_u = 2,69\text{ g/cm}^3$). Ele sunt mai dense decât toate formațiunile anterioare ca vîrstă geologică. Cînd sunt afectate intens de metamorfism hidrotermal, densitatea lor scade în medie cu $0,2\text{ g/cm}^3$. Dacă alterarea de tip caolinitic predomină net și silicifierea este absentă, fenomenele de levigare covoară densitatea acestor andezite pînă la $2,25\text{ g/cm}^3$. Fenomenul de levigare a rocilor intens transformate este puternic, în special în pătura de alterație superficială; în zonele mai adînci acest fenomen este rar întîlnit, el apărind doar în vecinătatea fracturilor cu circulație intensă de soluții.

Andezitele bazaltoide de Ilba, compacte, au o densitate ridicată (în medie, $\delta_u = 2,71\text{ g/cm}^3$). Tipul compact este cel care caracterizează de obicei corporile de andezite. Pinzele de lavă prezintă uneori vacuoale de răcire, ceea ce conduce la o creștere a porozității și implicit, la o scădere a densității. În medie, această scădere a densității este de aproximativ $0,15\text{ g/cm}^3$ însă, în unele cazuri, poate atinge chiar $0,50\text{ g/cm}^3$. Pirolastitele acestor andezite prezintă densități scăzute (în medie, $\delta_u = 2,30\text{ g/cm}^3$). Pirolastitele andezitelor mai vechi, în special a celor care au fost expuse circulației soluțiilor hidrotermale, au densități și mai scăzute. Zonele de acumulare a pirolastitelor sunt deci în măsură să condiționeze deficite importante de masă.

Andezitele de Brezele sunt ceva mai puțin dense decât cele de Ilba (în medie, $\delta_u = 2,66\text{ g/cm}^3$).

Așa cum s-a precizat mai înainte, au fost efectuate și determinări indirecte de densitate a rocilor „în loc”, prin sondaje gravimetrice.

Comparînd determinările directe cu cele indirecte obținute în cele 12 sondaje gravimetrice, așa cum reiese din planșa II, se remarcă în general o bună concordanță a celor două serii de rezultate. Determinările directe în acest caz au fost făcute pe probe recoltate din vecinătatea fiecărei stații a profilelor gravimetrice verticale. Aceasta se poate constata și din datele întabulate mai jos, în care au fost luate în considerație valorile medii ale densităților :

⁵ N. Gherasî (1969). Observații asupra mineralizațiilor de la Baia Mare, în legătură cu tectogeneza neogenă. D.S. Inst. Geol. LV/2 (sub tipar.)



Formațiunea geologică	Nr. de puțuri	δ_u g/cm ³	δ_s g/cm ³	$\delta_{i,i}$ g/cm ³	$\delta_u - \delta_{i,i}$ g/cm ³	$\delta_s - \delta_{i,i}$ g/cm ³
Andezit de Seini	5	2,597	2,646	2,601	-0,004	+0,045
Andezit de Murgău	1	2,441	2,527	2,443	-0,002	+0,084
Andezit de Suior + andezit de Jereapăn	1	2,637	2,678	2,656	-0,019	+0,022
Andezit de Jereapăn	2	2,625	2,673	2,651	-0,026	+0,022
Andezit de Jereapăn (Baia Sprie)	2	2,483	2,556	2,566	-0,083	+0,010
Eocen	2	2,652	2,685	2,655	-0,003	+0,030

Simbolurile utilizate au următoarea semnificație :

δ_u = densitatea volumetrică a probelor uscate,

δ_s = densitatea probelor teoretic saturete cu apă,

$\delta_{i,i}$ = densitatea „în loc” (din determinări indirecte).

Exceptând cazul determinărilor de la Baia Sprie, rezultatele determinărilor indirecte „în loc”, obținute din sondajele gravimetrice, prezintă valori mai mari decât cele directe pe probe uscate și mai mici decât cele directe pe probe teoretic saturete cu apă; în general sunt mai apropiate de primele. Așa cum am arătat, deja, această situație este absolut normală. În cazul puțurilor de la Baia Sprie, rezultatele determinărilor indirecte, mai ridicate decât ambele tipuri de determinări directe, sunt de suspectat datorită existenței unor deficite locale de masă în zona minei; cunoașterea incompletă a acestor distribuții locale de masă nu ne-a permis să efectuăm, în mod integral, reducerile geologice corespunzătoare. Analizind tabelul de mai sus, putem constata că atât determinările directe cât și cele indirecte au fost realizate, în general, cu o precizie mai bună de $\pm 0,05$ g/cm³.

Studiind variația determinărilor de densitate obținute din sondaje gravimetrice, așa cum se poate urmări în planșa II, se observă în majoritatea cazurilor o creștere a densității cu adâncimea. În cazul rocilor eruptive, această creștere este legată de scăderea gradului de transformare hidrotermală în profunzime. Fenomenul este deosebit de evident în cazul puțurilor: Sofia de la Săsar, a celor de la Baia Sprie și Central Nou de la Cavnic. În partea superioară a secțiunii geologice predomină fenomenele de caolinizare, spre deosebire de zonele mai adânci unde alterarea prezintă un caracter, predominant, propilitic. În plus, în zonele superioare, fenomenul de levigare a rocilor intens transformate hidrotermal este mult mai accentuat. Levigarea activă conduce la o mărire, uneori remarcabilă, a porozității și implicit, la o scădere apreciabilă a densității.

În fine, profilele gravimetrice de densitate, calculate prin proceșul Nettleton, indică valori sistematic mai mici decât cele obținute prin celelalte



procedee. Profilele amplasate pe formațiunile magmatice și sedimentare neogene indică o valoare medie, $\delta = 2,32 \text{ g/cm}^3$, iar cele amplasate pe formațiunile paleogene, valoarea medie, $\delta = 2,51 \text{ g/cm}^3$. Tendința semnalată trebuie pusă atât pe seama anomaliei regionale pozitive de gradient vertical existentă în regiune, cît și pe seama alterației superficiale a rocilor.

POSSIBILITĂȚI DE REALIZARE A CONTRASTELOR DE MASĂ

Analiza densităților și a contrastelor de densitate prezentate, permite conturarea posibilităților sau probabilităților de realizare a contrastelor de masă în zona studiată. Din această analiză reiese că există posibilități pentru realizarea a două categorii principale de contraste de masă și anume : contraste cu caracter regional și contraste cu caracter local.

Contraste de masă cu caracter regional

Aceste contraste condiționează anomalia majoră de maxim gravimetric de pe aria sudică a eruptivului neogen, precum și anomalii majore de minim, adiacente. Din analiza efectuată reiese următoarele raporturi care concură la realizarea lor :

a) Contrastul pozitiv de masă dintre fundamentul cristalin și acoperirea de formațiuni cretacic-paleogene ($\Delta\delta = +0,10 \text{ g/cm}^3$).

b) Contrastul pozitiv de masă dintre relieful îngropat al Paleogenului, în poziție elevată pe aria sudică a eruptivului neogen și formațiunile sedimentare neogene din depresiunile adiacente ($\Delta\delta = +0,40 \rightarrow 0,50 \text{ g/cm}^3$). Contrastul de densitate ridicat, volumul important al maselor geologice respective, precum și poziția lor foarte apropiată de suprafață, conferă acestui contrast de masă un caracter major.

c) Contrastul pozitiv de masă dintre placa de magmatite neogene (în special curgerile de lave) și sedimentele neogene, de vîrstă similară, din bazinile neogene adiacente ($\Delta\delta = +0,30 \rightarrow 0,50 \text{ g/cm}^3$). Importanța acestui contrast de masă este, în mod evident, proporțională cu grosimea pînzelor de lavă care iau contact lateral, spre bazinile sedimentare, cu depozitele adiacente lor.

d) Contrastul pozitiv de masă dintre sedimentele neogene, transformate (cornificate, silicificate sau mai intens diagenizate), de pe aria eruptivului neogen și cele similare, netransformate, de pe aria depresiunilor adiacente ($\Delta\delta = +0,40 \rightarrow 0,50 \text{ g/cm}^3$).

e) Contrastul pozitiv de masă dintre evenualele mase intrusive andezitice, neogene, de adîncime (de Seini, de Jereapă, de Ilba) și formațiunile paleogene străpunse ($\Delta\delta = +0,05 \rightarrow 0,15 \text{ g/cm}^3$).

Contraste de masă cu caracter local

Contrastele de masă cu caracter local pot fi pozitive sau negative.

Principalele contraste de masă pozitive care se realizează sunt următoarele :

a) Contrastul dintre corpurile de andezite (Seini, Piscuiatu, Jereapă, Ilba) sau dacite (Limpedea, Ulmoasa) și orizonturile mai puțin dense din stiva de vulcanite și sedimente neogene (sedimentele tortoniene, riolitele tortoniene, piroclastitele andezitului de Seini, sedimentele sarmațiene, piroclastitele dacitului de Limpedea, sedimentele pannoniene). Contrastele de densitate sunt uneori mari (pînă la $\Delta\delta = + 0,70 \text{ g/cm}^3$), însă contrastele de masă sunt variabile, după cum urmează :

În zona vestică, la W de valea Băiței, contrastele de masă sunt în general mici datorită grosimii reduse a formațiunilor de densitate mică, străpunse (sedimentele tortoniene și riolitele tortoniene), precum și faptului că ele se află îngropate, la adâncimi variabile, sub o pătură densă, reprezentată de lavele andezitului de Seini.

În zona estică, în special în sectorul Șuior-Cavnic, precum și în zonele de bordură a erupțiilor neogene, grosimea apreciabilă a formațiunilor sedimentare neogene, intercalate în stiva de magmatite, conferă acestui tip de contrast de masă valori ridicate. La aceasta se adaugă volumul, forma și adâncimea corpuriilor de magmatite puse în loc.

În raport cu lavele andezitice sau dacitice pe care le străpung, aceste corpuri realizează contraste de densitate, în general pozitive, de valoare redusă. Densitatea crescută a corpuriilor, în raport cu a lavelor de același tip petrografic, este condiționată de două cauze : în primul rînd, lavele au o porozitate mai mare, datorită prezenței vacuoanelor de răcire și în al doilea rînd, densitatea minerală a lavelor este mai scăzută, datorită conținutului mai ridicat de substanță vitroasă.

De multe ori fenomenele de contact termic produc o creștere apreciabilă a densității formațiunilor sedimentare străpunse, ceea ce conduce la o variație gradată a densității, de la roca eruptivă intrusă, la sedimentele neterminante. Astfel unele corpuri, chiar dacă au secțiunea orizontală redusă, pot condiționa anomalii pozitive de extindere importantă.

b) Contrastul dintre culminațiile locale, ale reliefului de eroziune paleogen și cuvertura de sedimente și vulcanite neogene sub care sunt îngropate. În acest caz, se reedită — la o scară redusă — condițiile de realizare discutate în cadrul contrastelor de masă regionale.



c) Contrastul dintre formațiunile sedimentare cutate sau faliate, mai vechi și cele mai noi, de pe aria ocupată de magmatitele neogene. Condițiile de realizare a acestor contraste de masă nu diferă, în mod esențial, de acelea întâlnite în alte bazine de sedimentare din domeniul carpatic și intracarpatic.

Contrastele de masă negative, mai importante, sunt următoarele :

a) Contrastul dintre zonele de îngroșare a formațiunilor piroclastice și zonele adiacente ocupate de lave, unde piroclastitele au dezvoltări mai reduse sau se găsesc la niveluri diferite, datorită cutării sau falierii. Cele mai frecvente situații de acest fel, se întâlnesc în cazul zonelor de acumulare a pirolastitelor andezitelor de Seini, Piscuiatu, Hîghișa și Ilba.

b) Contrastul dintre coșurile vulcanice de explozie, umplute cu brecii și zonele adiacente, de lave mai dense. Situația se observă, în special, în cazul breciilor de explozie ale dacitului de Sindilit.

c) Contrastul dintre zonele cu magmatite intens transformate de autometamorfismul hidrotermal și ariile adiacente unde aceste transformări sunt mai reduse sau chiar lipsesc. Uneori, scăderea densității nu este însoțită de apariția unor contraste negative de masă, din cauză că rocile intens transformate ocupă de obicei un volum mic. Alteori, ca de exemplu în dealul Minei de la Baia Sprie și în mai mică măsură, la Dealul Crucii, datorită unei circulații de soluții hidrotermale, pe o arie mai largă, s-au creat totuși deficite de masă, care au determinat anomalii de minim cartabile (Boțezatu, Andrei, Calotă, Fotopoulos, Popovici, Proca, Suceava, 1966).

CONCLUZII

Studiul cu privire la densitatea rocilor, din zona eruptivului neogen de la Baia Mare, reprezintă o primă etapă în încercarea de sintetizare a datelor geofizice din această regiune și a fost necesar atât pentru construirea hărții gravimetrice de sinteză cît și pentru interpretarea geologică a acestea.

Interesul datelor prezentate, privind densitatea rocilor din regiune, este legat în primul rînd de găsirea semnificației geologice a anomaliei gravimetrice cartate, a căror morfologie este în general foarte complicată. În acest sens, aceste date constituie o veritabilă cheie în procesul de interpretare, reprezentând puntea care permite stabilirea legăturii celei mai probabile între anomaliiile gravitației și structura geologică. Atât determinările de densitate directe cît și cele indirecte, obținute din sondaje gravimetrice, răspund acestui deziderat. Studiul de față aduce astfel o nouă



confirmare privitor la posibilitatea determinării corecte, în limitele unei precizii satisfăcătoare, a densității formațiunilor geologice, prin îmbinarea judicioasă a metodei directe cu metoda sondajului gravimetric.

În ceea ce privește problema stabilirii valorii sau valorilor densității optime, necesare construirii hărții gravimetrice, observăm și în cazul studiat, că atât determinările prin metoda directă cât și prin metoda sondajului gravimetric, nu răspund în mod satisfăcător acestui deziderat. Prezența activă a unei anomalii regionale pozitive de gradient vertical al gravitației, pe aria studiată, face ca valorile de densitate, obținute prin metoda profilului gravimetric, să fie net diferite și sistematic mai mici, decât cele obținute prin celelalte două metode. Se confirmă astfel, încă odată, caracterul aparent al valorilor de densitate obținute prin metoda profilului. Aceste valori de densitate aparentă prezintă însă avantajul de a fi cele mai indicate pentru realizarea reducerilor geofizice, necesare la întocmirea hărților gravimetrice.

BIBLIOGRAFIE

- Botezatu R., Andrei J., Calotă C., Fotopolos S., Popovici D., Proca A., Suciuva M. (1966) Aperçu de l'applicabilité de la prospection gravimétrique à l'étude des structures éruptives néogènes en Roumanie. *Rev. Roum. de Géol. Géoph. et Géograph. Serie de Géophysique*, 1, 10, București.
- Visarion M., Andrei J. (1966) Cîteva cazuri de cercetări gravimetrice în subteran efectuate în Republica Socialistă România. *St. tehn. econ., Com. Geol.*, D. 5, București.
- Giușcă D., Rădulescu D., Gherasi N., Bombiță G., Vasilescu Al., Kräutner H. (1967) Harta geologică scara 1 : 200.000 Baia Mare. Com. Stat. Geol., Inst. geol. București.
- Ianovici V., Giușcă D., Gherasi N., Jude R., Gheorghiuță I., Dimitrescu R. (1961) Ghidul excursiilor Baia Mare. *Asoc. geol. Carp.-Balcan. Congr.* V, București
- McCulloch H. T. (1965) A confirmation by gravity measurements of an underground density profile based on core densities. *Geophysics*, 30, 6.
- Nettleton L. L. (1939) Determination of density for reduction of gravimeter observation. *Geophysics*, 4, 3.
- Whetton I. T., Myers J. O., Smith R. (1957) Correlation of rock density determinations for gravity survey interpretation. *Geophys. Prosp.*, 5, 1.
- Yüngül S. H. (1961) Gravity prospecting for reefs effects of sedimentation and differential compaction. *Geophysics*, 26, 1.



ÉTUDE DE LA DENSITÉ DES ROCHES EFFECTUÉE DANS LA ZONE DE L'ÉRUPTIF NÉOGÈNE DE BAIA MARE

(Résumé)

Pour obtenir une meilleure image de l'anomalie de Bouguer dressée pour l'aire de l'éruptif néogène de la zone de Baia Mare (Carpates Orientales) en vue d'une interprétation judicieuse de cette anomalie, des études attentives se sont imposées sur la répartition des densités des formations géologiques de cette région. On a exécuté dans ce but des mesures directes de la densité volumétrique et minéralogique, pour environ 2200 échantillons de roches prélevés tant des affleurements que du sous-sol ; on a effectué 12 sondages gravimétriques dans les principaux puits de mine et on a également calculé les densités pour 30 profils en utilisant le procédé de Nettleton. L'emplacement de ces travaux a été choisi de manière à nous faire obtenir une répartition géographique uniforme et envisage les principaux types de roches et de transformations postmagmatiques présents dans la région.

Les résultats des mesures directes de densité volumétrique sont présentés d'une manière synthétique dans la planche I ; la planche II présente les mesures indirectes de densité „in situ” obtenues par la méthode du sondage gravimétrique et par les mesures directes effectuées sur des échantillons récoltés des mêmes 12 puits.

L'analyse des résultats obtenus trahit une corrélation remarquable entre les mesures directes de la densité et celles indirectes obtenues par la méthode du sondage gravimétrique. En général, entre ces deux séries de résultats on ne trouve pas des différences qui dépassent $\pm 0,05 \text{ g/cm}^3$. Par contre les mesures indirectes de densité obtenues par le procédé de Nettleton sont constamment inférieures de 0,10 à 0,25 g/cm^3 à celles obtenues au moyen des deux autres méthodes. Cette tendance ci-dessus signalée doit être mise sur le compte de l'anomalie du gradient vertical de la gravité, à caractère régional et positif, existente dans la région, autant que sur le compte de l'altération superficielle des roches.

L'étude de la répartition de la densité apparente, obtenue par le procédé de Nettleton amène des améliorations sur le point de départ dans la manière de construire la carte gravimétrique de Bouguer dans la région de Baia Mare. En même temps l'analyse combinée de la densité des roches et de la distribution des différents complexes sédimentaires et volcaniques nous a conduit à établir les contrastes de masse probables, régionaux et



locaux. De cette façon se dessinent quelques points de départ utiles à l'interprétation géologique des anomalies gravimétriques de la région étudiée.

EXPLICATION DES PLANCHES

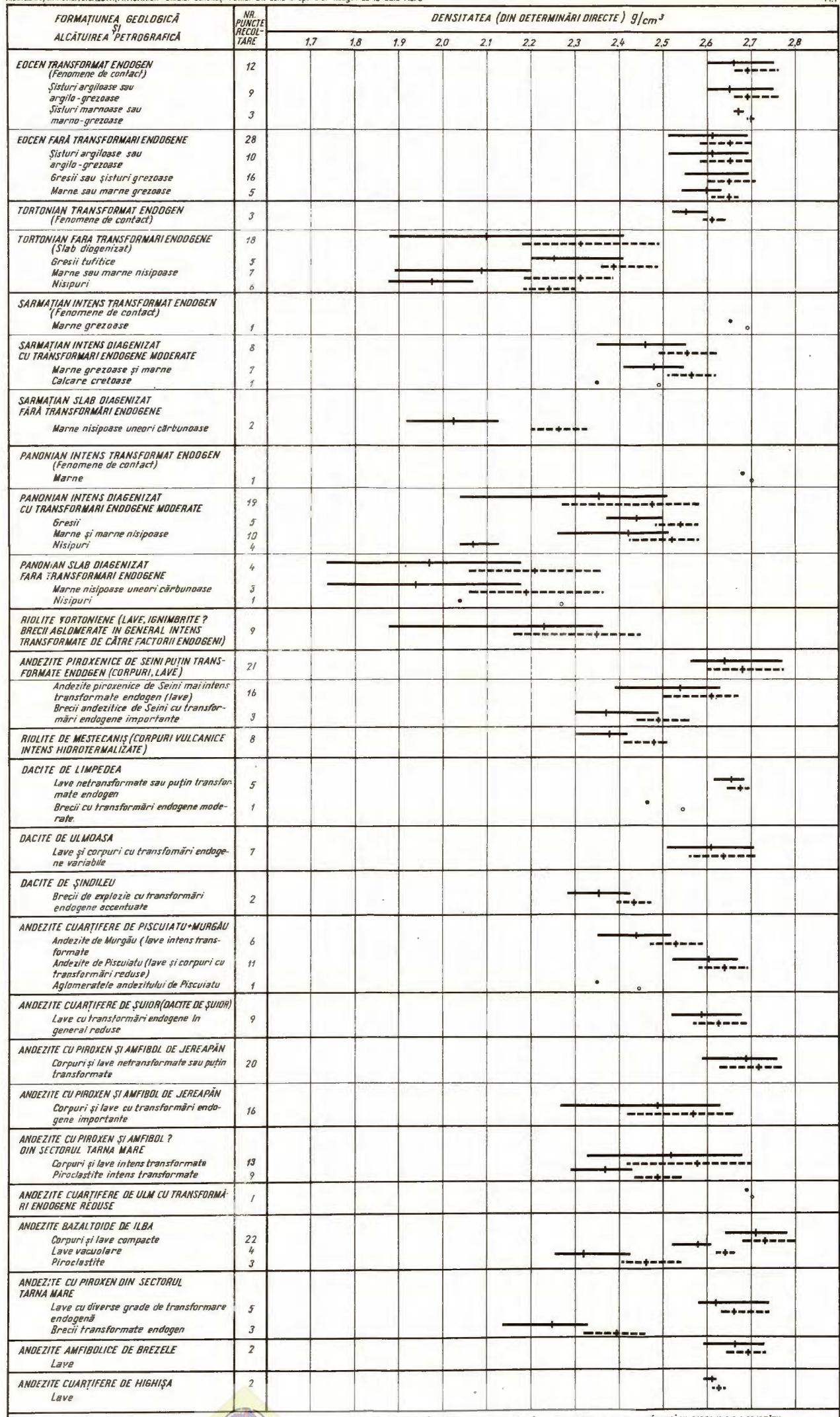
Planche I

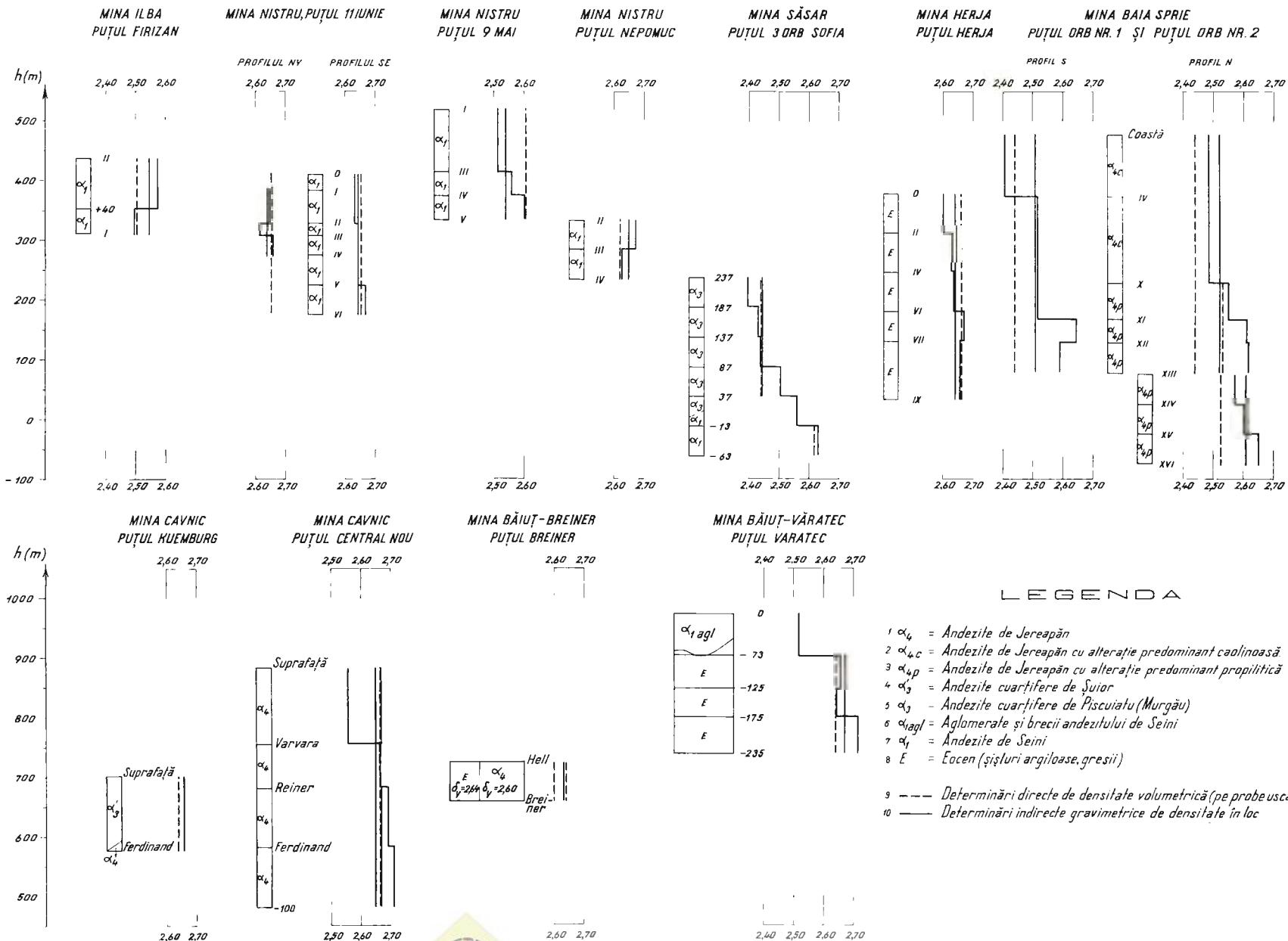
Mesures directes de la densité dans la zone de l'éruptif néogène de Baia Mare.

Planche II

Mesures de la densité par le procédé du sondage gravimétrique effectuées dans quelques puits de mine dans la zone de Baia Mare.







PROSPECTIUNI GRAVIMETRICE ÎN MUNTII CĂLIMANI¹

DE

MIRCEA SUCEAVA, SOTIRIS FOTOPOLOS²

Abstract

Gravimetric Prospecting in the Călimani Mts. The results of gravimetric prospecting carried out in the Călimani Mts in order to localize magmatic masses from this district within the Călimani—Gurghiu—Harghita eruptive chain, are presented in this paper. After a geological presentation of the region, as well as several considerations on the density of geological formations which constitute the area investigated, the obtained gravimetric results are expounded and their interpretation is supported. The efficiency of gravimetric prospecting method for deciphering the geological structure of the zone studied is proved.

Introducere

Cartarea gravimetrică de detaliu a lanțului vulcanic Călimani-Gurghiu Harghita, inițiată de către Comitetul de Stat al Geologiei și efectuată, pînă la sfîrșitul anului 1964, în munții Harghita de N și Gurghiu (rezultatele obținute au fost comunicate într-o altă lucrare din volumul de față)³, a fost extinsă în toamna anului 1965 asupra unui sector mai nordic care cuprinde aproape în întregime munții Călimani.

Scopul lucrării de față este prezentarea unei prime imagini gravimetricice a acestui masiv muntos și interpretarea geologică a acestei imagini.

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice a Întreprinderii geologice de prospecții din martie 1966.

² Întreprinderea geologică de prospecții. Cal. Griviței nr. 64. București.

³ M. Sucava, A. Proca. Prospecții gravimetrice în munții Gurghiu și Harghita de nord (vol. de față).



PREZENTAREA GEOLOGICĂ A REGIUNII

În lumina cercetărilor organizate de Comitetul de Stat al Geologiei, geologia regiunii se prezintă astfel : pe un fundament de șisturi cristaline, ce apare la zi la E și se afundă în direcția S-W, stau depozite sedimentare eocene, oligocene și miocene ; la rîndul lor, aceste formațiuni sedimentare suportă produsele activității vulcanice, constituind o alternanță de piroclastite și curgeri de lavă, străbătută de canalele de alimentare ale apărătelor vulcanice sau de intruziuni eruptive.

Roci cristaline. Apar la zi la limita estică a lucrării noastre, la E de o linie Panaci-Păltiniș-Drăgoiasa-vîrful Păltiniș-vîrful Ariniș-izvoarele văii Secul. La vest de această linie și în apropierea ei, rocile cristaline mai apar izolat la Bîrca-Seștina, pe versantul drept al pîrului Voivodeasa și pe valea Mureșului la Toplița. La cca 11 km W de Toplița, șisturile cristaline au fost întâlnite în forajul de pe valea Zebracului la 1532 m adincime.

Șisturile cristaline aparțin seriei epizonale și subordonat celei mezozonale și sunt reprezentate prin șisturi cu compoziție variată, cuarțite, mica-șisturi cu muscovit și biotit, calcare dolomitice, dolomite.

Fundamentul cristalin se afundă în trepte spre W și SW după liniile de fractură care îl afectează. Dintre acestea, de o importanță deosebită este linia de fractură de mare amplitudine, marcată azi prin cursul pîrului Călimănel, care se continuă (Sa vu l, 1938) pînă în regiunea Tulgheș. Ea ar fi în relații cu scufundarea mai veche a bazinului Transilvaniei și cu erupția dacitelor de Drăgoiasa.

Roci sedimentare. Apar, de asemenea, în sectoare de limită ale lucrării noastre și sunt atribuite Eocenului, Oligocenului, Miocenului și Pliocenului.

E o c e n u l apare la W de Neagra Șarului, pe periclinul sudic al bazinului Neagra Șarului — Șarul Dornei constituit din conglomerate, gresii și marne. Aceeași constituție o are și Eocenul de la E de Colibița.

O l i g o c e n u l apare la zi, între valea Dorna și valea Colibița, reprezentat prin gresii, marne, argile și șisturi argiloase, constituind un monoclin cu înclinări mici pe direcția SW. El este străbătut de corpuri andezitice iar în zonele de contact este ridicat pînă la verticală. În sectorul sudic, în bazinul văii Zebrac, Oligocenul apare la limita cu o intruziune andezitică care îl afectează. În forajul de pe valea Zebracului, un Oligocen cu o constituție asemănătoare a fost întâlnit între 1334 m și 1532 m stînd pe șisturi cristaline.



M i o c e n u l apare la zi în ochiuri de eroziune de sub piroclastite la N de Stînceni și este constituit dintr-o alternanță de conglomerate, marne nisipoase, șisturi marno-argiloase. Forajul de pe valea Zebrac a străbătut, pe o grosime de 1334 m, același Miocen.

P l i o c e n u l constituie bazinul Bilbor, precum și cîteva petece la SW de el și este reprezentat printr-o alternanță de argile și gresii cu urme de plante și fragmente de cărbuni. De asemenea, mai apare reprezentat prin depozite marno-argiloase, la Drăgoiasa.

C u a t e r n a r u l constituie depozite aluvionare, terase, conuri de dejecție, grohotișuri de pantă și uneori tufuri calcaroase (la Toplița).

Roci eruptive. Ocupă în mare parte suprafața cartată gravimetric și constituie de fapt masivul Călimanilor. Marea majoritate a produselor vulcanice provin din caldera Călimani bine conservată la W, S și E și deschisă la N de Valea Neagra. La marginea estică a ei, în zona vîrfului Căliman Cerbuc, se situează un crater, deschis spre W de pîrful Calului. Pe conturul calderei se găsesc coșurile vulcanice ale unor aparate din a doua generație, păstrate doar ca forme pozitive ale reliefului : vîrfurile Căliman-Izvor, Rețitiș Pietricelul și Pietrosul.

În SE-ul munților Călimani, eroziunea a fost mai avansată și în consecință nu se mai întlnesc aparate bine conservate. De fapt, activitatea acestora, în comparație cu cea din caldera Călimani, a fost mult mai restrînsă. Totuși, au fost identificate următoarele centre de erupție :

Zona vîrful Hurdugaș — aparat cu activitate mixtă, explozivă și efuzivă ;

Bîrca Mogoșului — aparat de tip central cu activitate preponderent explozivă ; el prezintă o apofiză nordică (Bîrca Lomas) ;

Tarnița — cu activitate exclusiv efuzivă ;

Leul — cu activitate mixtă, preponderent explozivă ;

Onăsel — cu activitate mixtă, preponderent explozivă ;

Bîrca Bradului, dealul Tătarului, Bîrca Năruită, Bîrca Tarnița, Piatra Scutului, toate, aparate cu activitate mixtă, preponderent explozivă.

În estul Călimanilor, se situează, produsele vulcanilor dacitici din zona Păltiniș-Drăgoiasa.

Activitatea tuturor acestor aparate vulcanice s-a concretizat prin apariția produselor lor, care constituie o alternanță de curgeri de lave și piroclastite de grosimi considerabile.

Produsele efuzive sunt reprezentate, în mare majoritate, prin diverse tipuri de andezite : andezite bazaltoide, andezite cu biotit, hornblendă și quart, andezite piroxenice, andezite amfibolice, andezite leucocrate.,



andezite cu ambifoli și piroxeni. Cu totul subordonat apar bazalte. Dacite apar numai în sectorul Păltiniș-Drăgoiasa. În general s-a observat o evoluție normală a lavei de la acidă spre bazică, ultimele eruptiuni fiind de obicei andezite bazaltoide sau chiar bazalte. Produsele explozive sunt reprezentate prin piroclastite. Deoarece activitatea vulcanică, manifestată în Călimani, a fost preponderent explozivă, depozitele piroclastice au grosimi considerabile. Astfel în S, cele patru niveluri de piroclastite au grosimi de 300, 400, 150 și respectiv 50 m, iar larga dezvoltare a piroclastitelor în N (în special primele 2 niveluri) ne permite să presupunem și în această zonă o situație similară.

Separat de piroclastitele propriu-zise, apar în sudul munților Călimani, pe suprafețe relativ restrânse, depozite vulcanogen-sedimentare, care constituie materialul de umplutură al bazinelor intravulcanice Lunca Bradului, Androneasa, Neagra și Toplița.

În atara produselor extrusive menționate, în munții Călimani apar lazi și roci intrusive, care străbat aproape întotdeauna roci eruptive de tipul andezitelor. Astfel în partea centrală a calderei Călimanilor, apare un corp intrusiv de mari dimensiuni, constituit din roci dioritice și gabbroice (microdiorite, microdiorite porfirice, microgabbrouri, microgabbrouri porfirice). El prezintă o apofiză spre N, care apare la zi la confluența văii Haitii cu pârâul Haitii.

Aceleași roci dioritice apar la zi și la W de vîrful Struniorul, constituind aici un alt doilea corp intrusiv, care la suprafață are dimensiuni mai mici.

Tot în partea centrală a Călimanilor, apar ca intruziuni de mici dimensiuni, doleritele de la N de pârâul Struniorul și lamprofirele de la N de pârâul Colbului.

În partea sudică a munților Călimani, între valea Zebrac și valea Mermezeu, andezite amfibolice consolidate subcrustal constituie un alt corp intrusiv de mari dimensiuni și se presupune că el se extinde pe direcția N – E, pe sub piroclastite și andezite.

Intruziuni de tip dom, cupolă, filon, dyke, apar în mai multe puncte dar au dimensiuni reduse. Astfel, în sudul munților Călimani au fost identificate : domurile Gyulhaza, Bezma, Făgețel, cupolele Higeu, Mesterhaza, filonul Cica Mică, toate de natură andezitică sau andezit-bazaltică.

Transformările hidrotermale afectează, în general, toate rocile eruptive cu excepția dacitelor, andezitelor bazaltice și bazaltelor. Ele dă naștere la propilitizări, piritizări, silicificieri, caolinizări ale dioritelor și ale diverselor tipuri de andezite.



În general, mineralizațiile sunt lenticulare, discontinui și de cele mai multe ori lipsite de importanță economică.

Se cunosc de asemenea izvoare carbo-gazoase și subtermale, dintre care cele mai cunoscute sunt cele de la Bradul și Lunca Mureșului.

Din punct de vedere tectonic au fost puse în evidență mai multe linii cu caracter de fractură, având orientări variate de la NW—SE la E—W. Cea mai estică, marcată azi prin direcția de curgere a pîrîului Călimănelul, are o direcție NW—SE și este cea mai importantă. Ea se continuă probabil pînă în zona Tulgheș și pare a fi în relație cu scufundarea bazinului Transilvaniei și cu apariția dacitelor de Drăgoiasa. În caldera Călimani, între vîrful Pietrosul și vîrful Bradul Ciont apare o altă linie de fractură care a permis apariția corpului intrusiv dioritic. În munții Bîrgăului de S, între vîrful Miroslava și vîrful Tomnatec, apare, orientată NW—SE, o altă linie de fractură, de mare amploare, de-a lungul căreia au venit la zi rocile eruptive din această zonă. Tot în acest sector, pe valea Colibița, se situează o fractură E—W, care scoate la zi Eocenul de la S de valea Colibița. În partea sudică a munților Călimani, centre de erupție, dyke-uri, marchează alte linii tectonice de mai mică extindere.

În ceea ce privește vîrsta erupțiilor, s-a stabilit că activitatea vulcanică începe în estul regiunii în Helvețian — Tortonian, prin activitatea vulcanilor de pe linia Păltiniș — Drăgoiasa și se continuă apoi, la vestul acestei linii, după Miocenul superior, având intensitatea maximă în Pliocen și continuându-se pînă în Cuaternarul inferior.

CONSIDERAȚII ASUPRA DENSITĂȚII FORMAȚIUNILOR GEOLOGICE DIN REGIUNE

Studiul atent al densității diverselor formațiuni geologice, care apar în această zonă, având la bază determinări directe sau indirekte (profile Nettleton) precum și date din literatura de specialitate, privind formațiunile miocene, conduce la stabilirea următoarelor valori medii de densitate :

	Sedimentar	<u>g/cm³</u>
Miocen	2,30
Paleogen	2,50
Eruptiv		
Placa de produse eruptive luate în totalitate	2,20
Aglomerate vulcanice	2,00
Andezite	2,55
Dacite	2,45



	<u>g/cm³</u>
Bazalte	2,70
Microdiorite	2,65
Microgabbrouri	2,75
Gabbrouri	2,80
Cristalin	
Sisturi cristaline	2,65

Analiza datelor de mai sus pune în evidență existența următoarelor contraste de densitate mai importante :

Între fundamentul cristalin și formațiunile sedimentare la care se adaugă placa de produse eruptive luate în totalitate ($+ 0,35 \text{ g/cm}^3$) ; valoarea contrastului se micșorează cînd depozitele miocene sunt slab dezvoltate ;

Între placa de produse eruptive și formațiunile paleogene ($- 0,25 \text{ g/cm}^3$) ;

Între masele eruptive compacte, nealterate, care constituie canalele de alimentare ale aparatelor vulcanice sau corpurilor intrusiv și formațiunile sedimentare sau eruptive pe care acestea le străbat sau în care s-au pus în loc ($+ 0,30 \text{ g/cm}^3$) ;

Între dacite și sisturile cristaline ($- 0,20 \text{ g/cm}^3$) ;

Între sisturile cristaline și placa de produse eruptive ($+ 0,40 \text{ g/cm}^3$).

Deoarece, în situația geologică dată, unora dintre aceste contraste de densitate le corespund importante contraste de masă, este de așteptat ca harta gravimetrică se reflecte prezența lor, prin anomalii caracteristice.

Astfel intruziunile eruptive, ce constituie corpuri de mari dimensiuni, vor determina anomalii de maxim gravimetric, de intensități remarcabile și cu extinderi mari în suprafață, în cazul în care ele străbat fundamentul cristalin și s-au consolidat în formațiuni sedimentare. Dacă aceste intruziuni rămîn la nivelul fundamentului cristalin și prezintă densități mai mari decît ale acestuia, anomaliiile de maxim vor scădea în intensitate.

Coșurile vulcanice, nek-urile, dyke-urile, filoanele, vor determina anomalii de maxim gravimetric, de mică intensitate și extindere în suprafață, în cazul în care ele străbat formațiuni sedimentare și placa de produse eruptive.

Înrădăcinările dacitice care străbat fundamentul cristalin vor determina anomalii de minim gravimetric.



PREZENTAREA ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR GRAVIMETRICE

Materialul primar care stă la baza acestei lucrări a fost obținut pe teren în 1965. Suprafața cartată gravimetric, delimitată de o linie de contur Panaci-Bilbor-Toplița-Deda Bistra-Tihuța-Panaci (1350 km^2), a fost acoperită cu o rețea de profile gravimetrice însumând mai mult de 5 000 puncte de observație și realizând o densitate medie de acoperire de 3,8 stații gravimetrice pe 1 km^2 . Gravimetrele utilizate pentru determinarea variației componentei verticale a cimpului gravitației au fost de tip GAK și au furnizat măsurători cu o eroare maximă în punctul de observație de $\pm 0,20 \text{ mgal}$. Lucrarea fiind în continuarea prospectiunilor gravimetrice efectuate în anii precedenți, s-au păstrat caracteristicile tehnice adoptate anterior: calculul gravitației observate în valoare absolută prin încadrarea în triangulația gravimetrică a țării, calculul anomaliei Bouguer cu o densitate unică a stratului intermediar și cu planul de referință 0 m, prin utilizarea procedeului standard.

Pentru densitatea medie a stratului intermediar am admis, ca și pentru sectorul sudic al lanțului eruptiv, cartat anterior, — în scopul obținerii unei imagini gravimetrice unitare — valoarea de $2,20 \text{ g/cm}^3$. În majoritate, stratul intermediar este constituit din complexul produselor vulcanice, având o densitate medie de $2,20 \text{ g/cm}^3$. Forajul de pe valea Zebraului (elevație 675 m) intră în formațiuni sedimentare (miocene) cu o densitate medie de $2,30 \text{ g/cm}^3$, pe care le străbate pe o grosime de 1334 m. Menționăm că la limita estică a lucrării, unde apare la zi fundamentul cristalin, cît și limita de NW, unde se dezvoltă formațiuni sedimentare oligocene, utilizarea densitații medii de $2,20 \text{ g/cm}^3$ determină apariția în harta gravimetrică a unor efecte de relief parazitare, mai evidente la limita estică. În general, considerăm că efectele de relief menționate sunt neglijabile sub aspectul interpretării calitative pe care o vom face.

Imaginea anomaliei Bouguer a fost redată prin izolinii cu echidistanță de 1 mgal, autorii considerînd că erorile — provenite din toate operațiile — permit această interpolare.

O primă analiză a hărții gravimetrice (vezi planșa) pune în evidență continuarea și în acest sector al lanțului vulcanic, a regimului gravimetric remarcat în munții Gurghiu și Harghita, în lucrarea noastră anterioară⁴ prezența, pe întreg sectorul median al lanțului eruptiv, ca efect dominant, a unei zone maximale orientată după o direcție generală NW—SE, încadrată lateral de linii de minim gravimetric.

⁴ Op. cit. pet. 3.



Zona maximală, dispusă pe aliniamentul vîrfurilor Arii, Struniorul, Pietrosu, Drăguș, Cica Mică, W Tarnița situată după cum am menționat în continuarea maximelor cartate anterior la sud, rămîne deschisă la limita NW a hărții noastre unde, pe aceeași direcție a fost pusă în evidență anterior, de către V i s a r i o n (1956), la cca 10 km distanță, anomalia de maxim Colibița. Incadrarea zonei maximale cu linii de minim gravimetric (la E Panaci-Drăgoiasa-vest Bilbor, la SW Răstolița-Lunca Bradului) contribuie la realizarea unui aspect aparent unitar al acesteia ; în realitate ea este constituită dintr-o serie de anomalii de maxim bine individualizate, caracterizate prin intensități și extinderi mari, înscrise pe direcția generală NW — SE specificată.

De la NW la SE aceste anomalii sunt următoarele :

M a x i m u l A r i i, rămas deschis la vest, amplasat pe formațiuni sedimentare oligocene, străpunse de intruziuni andezitice în partea centrală a anomaliei ;

M a x i m u l S t r u n i o r u l - B i s t r i c i o r u l, larg extins în suprafață, situat pe lave andezitice placate pe formațiuni sedimentare oligocene, stăpунse de intruziunea dioritică, de dimensiuni reduse, de la vest de vîrful Struniorul ; anomalia are o formă eliptică cu axa mare orientată NW — SE ;

M a x i m u l C ă l i m a n i (vîrful Pietrosu-vîrful Bradul Ciont) cu o formă alungită pe direcția E — W, avind o extindere mare în suprafață, este situată cu partea lui centrală pe creasta sudică a calderei Călimani ; anomalia prezintă mai multe apexe și cîteva tendințe maximale dintre care, cea mai importantă este situată între vîrfurile Iezer Călimani și Călimani Cerbuc, suprapusă pe craterul din acest sector ; maximul este amplasat pe lave andezitice străpunse de intruziunea de roci dioritice și gabbroice din caldera Călimani ;

M a x i m u l S C i c a M i c ă (vîrful Drăgușul-vîrful Tarnița) cu o formă alungită pe direcția NW — SE, are partea lui centrală situată parțial pe intruziunea andezitică Zebrac-Mermezeu, precum și pe lave andezitice și piroclastite ; anomalia prezintă cîteva tendințe maximale orientate spre Mesterhaza și vîrfurile Leul, Tarnița, Runcului, Frăsinești.

Prezența maximelor gravimetrice menționate, care, deși prezintă o largă extindere în suprafață și intensități mari, au un caracter local, maschează alura regională a cimpului gravitației. Pe valea Mureșului, în sectorul cel mai puțin perturbat al hărții gravimetrice, efectul regional apare ca o scădere a valorilor gravitației de la E la W (de la Toplița la Răstolița), determinată de scufundarea fundamentalui cristalin spre SW și îngroșarea pe această direcție a depozitelor sedimentare.



Maximele gravimetrice cu caracter local menționate prezintă caractere comune cu maximele cartate anterior în munții Gurghiu și Harghita, având ca și acestea extinderi mari în suprafață, intensități remarcabile, forme aproape izometrice, cordoane marginale de gradient orizontal mărit.

Pe de altă parte, situația geologică este similară, munții Călimani constituind un sector al marii unități geologice de care aparțin și munții Gurghiu și Harghita. În aceste condiții, se impune extrapolarea interpretării geologice a maximelor gravimetrice locale din munții Gurghiu și Harghita, asupra anomaliei similare din munții Călimani. Astfel, anomaliiile Arii, Struniorul-Bistriciorul, Călimani și Cica Mică reprezintă efectul unor intruziuni eruptive importante, puse în loc în formațiunile sedimentare și eruptive situate deasupra fundamentului cristalin. Dacă, pentru lucrările noastre anterioare, această interpretare avea un caracter ipotetic, (recentele date geologice de suprafață nu evidențiază astfel de intruziuni, acestea neajungind la suprafață) ea e confirmată net, în munții Călimani de datele geologice de suprafață. Aici, toate maximele puse în evidență se află situate, cu zona lor centrală parțial pe intruziuni eruptive ajunse la zi astfel încât relația efect cauză este evidentă.

În vederea unei mai bune aproximări a dimensiunilor și formelor unora dintre corpurile perturbante, au fost analizate anomaliiile Struniorul-Bistriciorul și Leul, prin comparare cu efecte calculate teoretic cu ajutorul abacerelor construite de Calotă et al.⁵, pentru cilindri verticali finiți. Existenza forajului de pe valea Zebracului, în imediata vecinătate a maximului gravimetric Leul, creiază pentru această anomalie o situație avantajoasă, furnizîndu-ne informații precise cu privire la corpul perturbant: stabilește înălțimea acestuia (1500 m, de la fundamentul cristalin la suprafață) și valoarea contrastului de densitate pe care îl realizează cu formațiunile geologice adiacente ($+0,25 \text{ g/cm}^3$). Efectul teoretic care aproximează cel mai bine efectul măsurat corespunde unui cilindru cu diametrul de 1600 m, având înălțimea de 1500 m și fiind situat cu fața superioară la suprafață (fig. 1).

Dimensiunile mari ale corpului perturbant indică existența unei intruziuni, evidențiată și de cartarea geologică.

În mod analog, s-a procedat cu maximul gravimetric Struniorul-Bistriciorul pentru care s-au calculat, menținînd contrastul de densitate la valoarea $+0,2 \text{ g/cm}^3$, considerat ca cel mai apropiat de realitatea geo-

⁵ C. Calotă, S. Pătruț, D. Ionașcu. O formă expeditivă de determinare a efectului gravitațional al cilindrului vertical semiinfinit și finit (manuscris).

gică din zonă — o serie de curbe reprezentând efectul teoretic al unor cilindri verticali finiți, care au fost comparate cu efectul gravimetric măsurat. S-a ajuns, astfel, la concluzia că anomalia gravimetrică este deter-

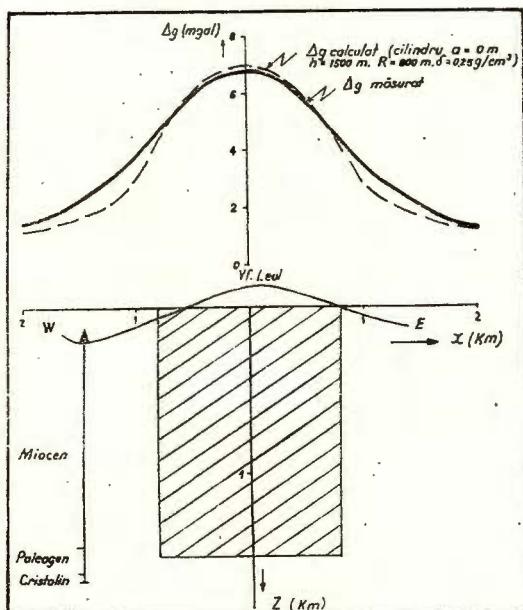


Fig. 1. — Profile gravimétriques comparées. Anomalie Leul.

Profils gravimétriques comparés. Anomalie de Leul.

minată de un corp perturbant de forma unui cilindru vertical cu diametrul de 4 km, înălțimea de 3 km și cu față superioară la suprafață (fig. 2). În consecință intruziunea dioritică de la vest de vîrful Struniorul, care determină maximul gravimetric, are o extindere mult mai mare decât reiese din cartarea geologică de suprafață.

Anomalia de maxim gravimetric Călimani, se extinde și la SW de conturul corpului intrusiv precizat de cartarea geologică, fapt explicabil dacă admitem extinderea intruziunii în această direcție, pe sub lavelle andezitice și piroclastite. Apariția mai multor apexe, în cadrul acestei anomalii, se poate explica printr-o diferențiere magmatică în sînul intruziunii, care a condus la crearea unui exces de masă secundar, în interiorul corpului perturbant. Suprapunerea unuia dintre apexe pe gabbrourile de sub vîrful Pietrosu pledează pentru această posibilitate. Efectul coșurilor vulcanice, situate la marginea calderei Călimani, este mascat de efectul cu mult mai puternic al intruziunii.

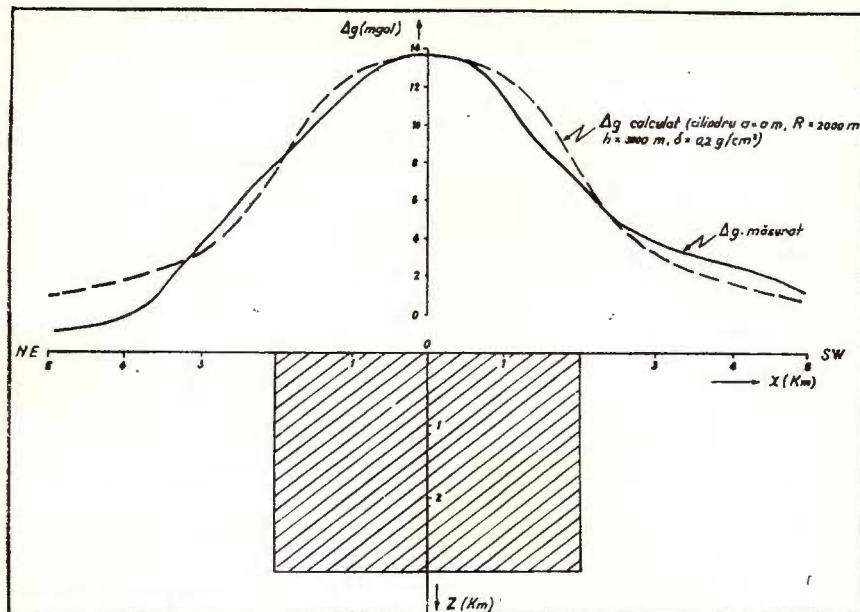


Fig. 2. — Profile gravimetrice comparate. Anomalia Struniorul—Bistriciorul.
Profils gravimétriques comparés. Anomalie de Struniorul—Bistriciorul.

Maximul gravimetric S Cica Mică este determinat de prezența intruziunii andezitice Zebrac-Mermezeu, care se extinde după datele gravimetrice în direcția NE, ca și după datele geologice, pe sub curgerile de lavă și piroclastite. Faptul că intensitatea acestui maxim, este mult mai mică decât a celor discutate pînă acum, se explică prin contrastul de densitate pe care îl realizează corpul perturbant care, fiind natura lui andezitică, este sensibil mai mic decât al intruziunilor din caldera Călimani și vîrful Struniorul. Tendințele maximale, puse în evidență reprezentă efectul gravimetric al unor coșuri vulcanice situate, în apropierea corpului intruziv sau, al unor prelungiri sub formă de apofize ale acestui corp.

Dintre aliniamentele de minim gravimetric care încadrează zona maximală, cel vestic: Răstolița — W Lunca Bradului apare ca terminația nordică a liniei de minim cartată anterior între Corund-Prajd-Sovata-Ibănești de Pădure-vîrful Seleșeu și atribuită unei zone depresionare, cu caracter regional, a fundamentului cristalin și implicit unei îngroșări a depozitelor sedimentare. Aliniamentul de minim, estic, Panaci-vest Drăgoiasa-Bilbor este constituit din două zone de minim gravimetric

orientate NW—SE. În cadrul zonei nordice de minim se individualizează anomalia W Coverca (rămasă deschisă la NE) determinată de existența unei zone depresionare, cu caracter tectonic, a fundamentului cristalin, umplută cu depozite sedimentare și piroclastite și anomalia W Drăgoiasa (Păltiniș-vârful Bursucărie) situat parțial pe aria de răspândire a dacitelor de Drăgoiasa la un nivel topografic mai ridicat decât precedenta și determinată de deficitul de masă realizat prin acumularea dacitelor în cadrul sistemelor cristaline de-a lungul unei linii tectonice. Remarcăm că minimele gravimetrice puse în evidență pledează pentru existența liniei de falie Călimănelul, evidențiată anterior numai pe baze geologice. Zona sudică de minim W Bilbor, este incomplet cartată. De altfel, în acest sector marginal al hărții apar unele efecte de relief, aşa încit atât minimul specificat cât și maximele adiacente lui la W și N nu vor face obiectul analizei noastre.

Perturbând efectul de creștere a gravitației spre SW apar în sectorul nordic al hărții, rămase deschise la nord, două anomalii de minim situate în regiunea Gura Haitii și respectiv N vârful Tămău. Deficitele de masă care le determină sunt realizate probabil, prin acumulări ale produselor vulcanice, puțin dense (piroclastite), în zonele depresionare ale sedimentarului paleogen mai dens.

În sectorul nord-estic al hărții apare o tendință de maxim: S Bîrca Seștina care reprezintă efectul gravimetric determinat de prezența calcarelor cristaline de aici aflate în contrast pozitiv de densitate cu formațiunile sedimentare înconjurătoare; după datele gravimetrice, rocile cristaline din bîrca Seștina se extind spre S, acoperite de depozite sedimentare. Tot roci cristaline condiționează și apariția maximului local, amplasat pe vârful Voivodeasa. Această anomalie se situează la terminația sudică a unui probabil aliniament de maxim: pîrful Voivodesii-vârful Strejii-pîrful Neagra, care ar reflecta existența unui relief pozitiv de cristalin acoperit de produse eruptive. O altă anomalie locală de maxim, bine individualizată, apare în zona crestei Hurdugaș, determinată de aparatul vulcanic cu același nume.

În cele de mai sus au fost analizate efectele gravimetrice mai importante, puse în evidență în harta Bouguer; ele constituie elementele principale în descifrarea structurii geologice a munților Călimani. S-au neglijat efectele minore, considerate ca neinteresante pentru lucrarea de față, al cărei scop este prezentarea, în linii generale, a rezultatelor obținute prin prospecțiunea gravimetrică în acest sector al lanțului eruptiv Călimani-Gurghiu-Harghita.



CONCLUZII

S-a prezentat imaginea gravimetrică de detaliu, pentru întreaga suprafață ocupată de munții Călimani și s-a demonstrat eficiența metodei de prospecțiune gravimetrică în descifrarea structurii geologice a munților Călimani.

Harta gravimetrică evidențiază, cu claritate, prezența unor importante mase magmatice situate deasupra fundamentului cristalin al regiunii și constituind mari corpuri intruzive, în contrast pozitiv de densitate față de formațiunile sedimentare și eruptive, în care sunt intruse. Această interpretare geologică a datelor gravimetrice a fost aplicată inițial în cercetările anterioare, asupra anomalilor similare din munții Gurghiu și Harghita; numai că, pentru aceste sectoare ale lanțului eruptiv, ea a avut un caracter ipotetic deoarece datele geologice recente nu lăsau să se întrevadă posibilitatea existenței unor mari intruziuni în apropierea suprafeței. În munții Călimani, interpretarea noastră găsește o confirmare în apariția la zi a acestor intruziuni, în zonele centrale ale maximelor gravimetrice de intensitate și extinderi mari. Calculele cantitative efectuate sugerează pentru corpurile intruzive forme asimilabile cu cilindri verticali de dimensiuni apreciabile.

Prezența intruziunilor eruptive deasupra fundamentului cristalin, constituind surse anomale majore, condiționează apariția în harta gravimetrică a unor efecte dominante, locale, care nu permit estimarea efectului regional.

Corpurile intrusive se dispun într-o orientare generală NW—SE și se situează pe două aliniamente distințe, vîrful Arii-vîrful Strunior-vîrful Pietrosu (NW—SE) și vîrful Pietrosu-vîrful Drăgușul-vest vîrful Tarnița (NNW-SSE).

Canalele de alimentare ale aparatelor vulcanice, nek-urile, cupolele, domurile, se manifestă în harta gravimetrică prin anomalii de mică intensitate, puțin extinse și se evidențiază clar numai în zonele în care lipsesc alte mase magmatice mai importante.

Materialul gravimetric obținut este vast și el oferă încă largi posibilități de valorificare superioară prin interpretări cantitative a căror utilitate a fost demonstrată și în prezenta lucrare.



BIBLIOGRAFIE

- A n a s t a s i u I. (1953) Cineritele din neogenul românesc și vîrstă erupțiunilor vulcanice corespunzătoare. *An. Com. Geol.* XXV. București.
- B o t e z a t u R., Ștefănescu R. (1963) Rețeaua gravimetrică a R.P.R. III. Reduceri de cîmp normal după formula internațională pentru teritoriul R.P.R. Academia R.P.R. *Stud. cerc. geof.* 1, 2. București.
- C o s m a S., Peltz S (1962) Cercetări geologice în regiunea Păltiniș – Drăgoiasa (munții Bistriței). *D.S. Com. Geol.* XLVII. București.
- Teodoru I., Teodoru Camelia (1965) Contribuții la cunoașterea geologiei munților Călimani de N și Bîrgău de S. *D.S. Com. Geol.* L/2, București.
- G ö t z A. (1955) Vulcanologia și stratigrafia munților Gurghiu de N și raporturile formațiunilor cu cele din masivul Călimanilor. *D.S. Com. Geol.* XXXIX București.
- N i c h i t a O. (1948) Petrografia părții de N și W a Masivului Călimani și mineralizațiile din regiunea Colibița (Năsăud), 1948.
- N i ț ă P i o n P., I s t o c e s c u D. (1965) Considerații geologice asupra bazinelor sedimentare Borsec și Bilbor cu privire specială asupra cărbunilor. *D.S. Com. Geol.* LI/1. București.
- Peltz S. (1965) Cercetări geologice și petrografice în regiunea Ilva – Stinceni – Călimănel (extremitatea sudică a munților Călimani). *D.S. Com. Geol.* LI/1. București.
- R ă d u l e s c u D. (1960) Asupra existenței formațiunilor subvulcanice în lanțul Călimani – Gurghiu – Harghita. *Anal. Univ. C.I. Parhon, Geol., Geogr.* 23. București.
- S a v u l M., Kräutner Th. (1936) Die Basaltandesite von Toplița und Sărmaș. *C.R. Acad. Sc. Roum.* 1, 3 București.
- S z á d e c z k y I. (1930) Munții vulcanici Hârghita – Călimani, *D.S. Inst. Geol. Rom.* XVI. București.
- T ö r ö k Z. (1929) Trecătoarea Mureșului la Toplița. *An. Lic. Prințipele Nicolae*, Sighișoara.
- (1952) Ridicări geologice efectuate în masivul eruptiv al Călimanilor. *D.S. Com. Geol.* XXXVI. București.
 - (1954) Vulcanologia și stratigrafia Călimanilor de NE și tectonica întregului masiv. *D.S. Com. Geol.* XXXIX București.
 - (1956) Problemele teoretice și practice ale metodei faciesurilor complexe. Acad. R.P.R. Fil. Cluj. *Stud. cerc. geol., geogr.*, 7, 1–4. Cluj.
- T r e i b e r I. (1952) Cercetări geologice în munții Călimani. *D.S. Com. Geol.* XXXVII. București.
- V a s i l e s c u A l., Peltz S., Peltz M a r g a r e t a (1964) Contribuții la cunoașterea structurii geologice a munților Gurghiu. *An. Com. Geol.* XXXIII. București.
- V i s a r i o n M. (1959) Anomalia majoră a cîmpului gravific de la Colibița *D.S. Com. Geol.* XLIV. București.

PROSPECTIONS GRAVIMÉTRIQUES DANS LES MONTS CĂLIMANI

(Résumé)

Dans cet ouvrage sont présentés les résultats obtenus par la méthode de la prospection gravimétrique dans le secteur de la chaîne volcanique néogène située à l'intérieur des Carpates Orientales, notamment les monts



Călimani. Ces travaux ont été exécutés afin de continuer le levé gravimétrique de cette vaste unité géologique dont une grande partie a été déjà levée et dont les résultats, très intéressants ont été consignés dans un ouvrage récent.

Pour rédiger cette carte gravimétrique on a utilisé un dispositif à mesurer de réseau de profils dont les points d'observations sont disposés à une distance moyenne de recouvrement de 3,5 stations gravimétriques pour 1 km². L'anomalie Bouguer a été calculée par le procédé standard pour une densité de 2,20 g/cm³ de la couche intermédiaire, avec une précision qui a permis l'interpolation à l'équidistance de 1 mgal. La planche présente une esquisse de cette carte où les anomalies gravimétriques sont indiquées par des teintes rouges et bleues.

La géologie de cette région se présente, d'une façon tout à fait schématique, comme il suit : sur un soubassement de schistes cristallins qui affleure à l'E et s'affaisse vers le SW, reposent des dépôts sédimentaires éocènes, oligocènes et miocènes qui à leur tour supportent les produits de l'activité volcanique constitués par une alternance de pyroclastites et de coulées de laves ; tout cet édifice est recoupé par les voies d'alimentation des appareils volcaniques et parfois même par d'importantes intrusions éruptives. La plus grande partie du matériel qui constitue le massif de Călimani est de nature volcanique, généralement andésitique.

Au point de vue tectonique, plusieurs lignes de fractures y ont été mises en évidence, ayant diverses orientations à partir du NW—SE vers l'E—W.

L'étude des densités moyennes des formations géologiques de cette région relève l'existence des suivants contrastes de densités plus importants : entre le soubassement cristallin et les formations sédimentaires surmontées par la plaque des produits éruptifs (+ 0,35 g/cm³) ; entre la plaque des produits éruptifs et les formations paléogènes (- 0,25 g/cm³) ; entre les masses éruptives compactes, non-altérées, constituant les voies d'alimentation des appareils volcaniques ou les corps intrusifs et les formations sédimentaires ou éruptives qu'ils recoupent ou dans lesquelles ils ont été mis en place (+ 0,30 g/cm³) ; entre les dacites et les schistes cristallins (- 0,25 g/cm³).

La carte gravimétrique obtenue trahit la continuation, même dans ce secteur de la chaîne volcanique, du régime gravimétrique signalé par les auteurs dans les monts Gurghiu et Harghita dans un ouvrage antérieur, à savoir : la présence tout le long du secteur moyen de la chaîne éruptive, comme effet dominant, d'une zone de maximums orientés à même la direction générale NW—SE, flanquée latéralement par des lignes de



maximum gravimétrique. La zone de maximum est jalonnée approximativement par les sommets suivants : Arii, Pietrosu, Cica Mică, ouest de Tarnița. Elle reste ouverte vers la limite NW de cette carte où dans cette même direction a été dépistée antérieurement l'anomalie de maximum de Colibița (Visarion, 1956).

La présence des lignes de maximum (à l'E : Panaci-Bilbor, au SW : Răstolița-Lunca Bradului) contribue à nous donner une image apparemment unitaire de la zone de maximum, qui toutefois est constituée par une série d'anomalies locales nettement individualisées (les maximums de : Arii, Struniorul-Bistrițorul, Călimani, sud de Cica Mică) dont la présence dissimule l'allure régionale du champ de la gravitation. Le long de la vallée du Mureș (le secteur le moins perturbé de cette carte) l'effet régional se laisse voir par un abaissement des valeurs de la pesanteur de l'E à l'Ouest dû à l'affaissement du soubassement cristallin vers le SW autant qu'à l'épaisseissement des dépôts sédimentaires dans cette même direction.

Les maximums gravimétriques locaux mentionnés présentent des caractères communs à ceux mis antérieurement en évidence dans les monts Gurghiu et Harghita (vastes étendues, intensités considérables, cordons de gradient horizontal). Il en est de même de la situation géologique. Aussi l'interprétation géologique des maximums de la pesanteur des monts Gurghiu et Harghita doit-elle être, sans faute, extrapolée aux anomalies similaires des monts Călimani. Ainsi les anomalies d'Arii, Struniorul-Bistrițorul, Călimani et sud de Cica Mică représentent-elles aussi l'effet de certaines intrusions éruptives importantes, mises en place dans les formations sédimentaires et éruptives qui surmontent le soubassement cristallin.

Afin d'établir les dimensions du corps perturbateur et d'apprécier ses contours géométriques, deux des maximums gravimétriques (Strunior - Bistrițorul et Leul) ont été analysés à l'aide de comparaisons avec des effets calculés théoriquement pour les cylindres verticaux finis (à partir des abaques construites par Calotă et al., 1967); des résultats promettants en résultent.

Les alignements de minimums qui contournent la zone de maximum sont en fonction soit de la présence de certaines zones dépressionnaires du soubassement cristallin (Răstolița-Lunca Bradului et Ouest de Coverca) soit de la présence, au sein des schistes cristallins, de certaines accumulations de laves dacitiques (ouest de Drăgoiasa).

Pour conclure, les résultats gravimétriques obtenus dénotent l'efficacité de la méthode de la prospection gravimétrique pour déchiffrer



la structure géologique des monts Călimani. La carte gravimétrique révèle nettement la présence de certaines masses magmatiques importantes constituant de gros corps intrusifs. Cette interprétation géologique des données gravimétriques, au début appliquée de manière hypothétique, dans les secteurs méridionaux de la chaîne éruptive est sans faute confirmée dans les monts Călimani par l'affleurement de ces intrusions dans les zones centrales des maximums gravimétriques. Les calculs quantitatifs entrepris suggèrent que ces intrusions auraient la même forme que les cylindres verticaux de dimensions appréciables.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Anomalie de la gravitation dans les monts Călimani.

1, Quaternaire ; 2, Pliocène ; 3, Miocène ; 4, Oligocène ; 5, Éocène ; 6, schistes cristallins ; 7, basaltes ; 8, andésites ; α_1 , andésites basaltoïdes ; α_2 , andésites à biotite, hornblende et quartz ; α_3 , andésites pyroxéniques ; α_4 andésites amphiboliques ; α_5 , andésites à amphiboles et pyroxènes ; α_6 , andésites leucocrates ; 9, lamprophyres ; D, dolérites ; 10, ω , microgabbros, gabbros ; 8, microdiorites, diorites ; 11, dacites ; 12, pyroclastites, dépôts volcanogènes-sédimentaires ; 13, roches holocrystallines ; 14, forage ; 15, direction de coupe ; 16, caldeira, cratère ; 17, faille ; 18, minimum gravimétrique ; 19, maximum gravimétrique.

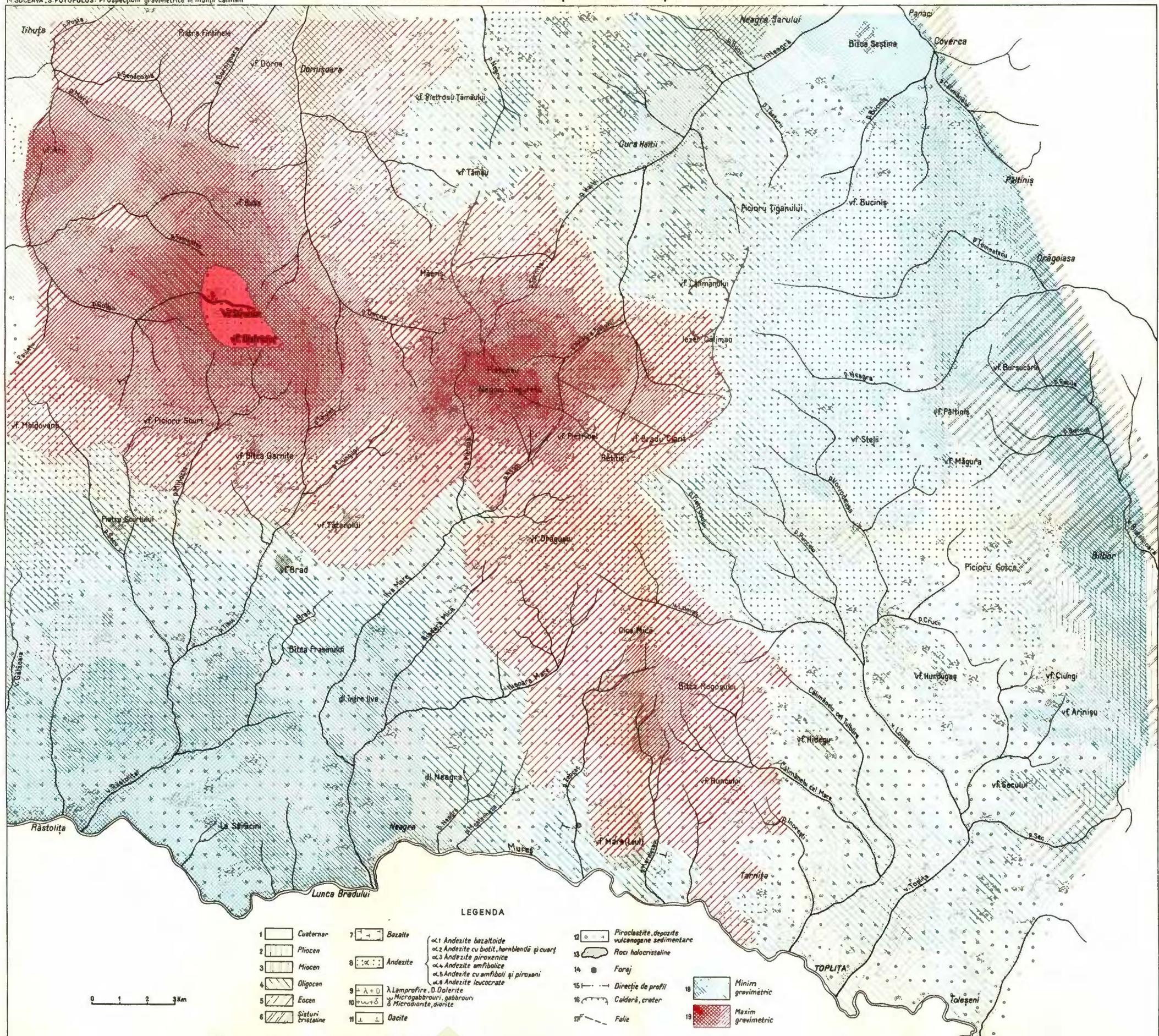




Institutul Geologic al României

ANOMALIA GRAVITATII ÎN MUNTII CĂLIMANI

M.SUCEAVA, S.FOTOPOLOS: Prospecții gravimetrice în munți Călimani



GEOLOGIA DUPĂ: S.COSMA, D.ISTOCESCU, MARGARETA PEŁTZ, S.PELTZ, V.PUIU, ELENA PUIU, N.PION, I.SOLOMON, CAMELIA TEODORU, AL.VASILESCU

PROSPECTIUNI GRAVIMETRICE ÎN MUNTII GURGHIU ȘI HARGHITA DE NORD¹

DE

MIRCEA SUCEAVA, AMULIU PROCA²

Abstract

Gravimetric Prospecting in the Gurghiu and North Harghita Mts. The results of gravimetric works, carried out in the Gurghiu — Harghita Mts in order to study the applicability of the gravimetric prospecting method for detection and delineation of Neogene volcanic edifices, are presented. A brief historical summary of the evolution of geological knowledge, and the specification of the working method applied, are followed by the expounding of the gravimetric results obtained, emphasis being placed on their geological interpretation. The authors prove the effectiveness of the gravimetric method to evidence magmatic masses located in subsoil, and genetically linked with the volcanic edifices of the region, as well as they bring new data regarding the geological structure of the zone investigated.

INTRODUCERE

Plecind de la necesitatea de a contura noi zone de concentrații de minerale utile și având în vedere legătura genetică dintre rocile eruptive neogene și zonele cu mineralizații interesante economic, Comitetul Geologic a inițiat încă din anul 1956 — prin Întreprinderea geologică de prospecțiuni — un studiu detaliat și complex geologic-geofizic al lanțului vulcanic Călimani-Gurghiu-Harghita. Studiile geologice, efectuate în cadrul acestui program, de către D. Rădulescu, A. I. Vasilescu, S. Peltz și Margaleta Peltz continuă și în prezent; pînă acum

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice a Întreprinderii geologice de prospecțiuni din martie 1965.

² Întreprinderea geologică de prospecțiuni. Cal. Griviței nr. 64. București.



ele s-au concretizat într-o sinteză geologică a munților Gurghiului și în rapoarte geologice asupra unor sectoare din munții Călimani și Harghita. Lucrările geofizice au început cu o fază experimentală, care a cuprins prospecțiuni seismice, magnetice și gravimetrice și care a stabilit că, pentru lucrările seismice, în regiune nu sunt satisfăcute condițiile de aplicabilitate, că studiile magnetice, care trebuie să fie de mare detaliu, chiar dacă pot da rezultate în zonele mineralizate, nu pot aduce informații cu privire la structura geologică a regiunii și că, prospecțiunea gravimetrică de detaliu este, în condițiile fizico-geologice date, capabilă să rezolve, în bune condiții, problema localizării aparatelor vulcanice. Etapa a doua a lucrărilor geofizice a constat în cartarea gravimetrică de detaliu, sistematică, a întregului lanț vulcanic. Această cartare se continuă și în prezent. Până acum, prospecțiunea gravimetrică a acoperit în întregime munții Gurghiului și partea nordică a munților Harghita.

Scopul prezentei lucrări este de a înfățișa rezultatele gravimetrice obținute până acum în această regiune.

Materialul primar care stă la baza acestei lucrări a fost obținut pe teren, în cadrul Întreprinderii geologice de prospecțiuni a Comitetului de Stat al Geologiei, de către formația 4 (mai târziu 4/5) gravimetrie, între anii 1957–1964 și formația 3 gravimetrie, în 1965 — conduse de autori. Dispozitivul de puncte de măsurare pe baza căruia a fost construită, în final, harta anomaliei gravitației, însumează 9.879 stații gravimetrice, constituind o rețea de profile cu puncte de măsurare la cca 300 m. Densitatea medie de acoperire rezultată este de cca 3,5 puncte de măsurare pe 1 km². Măsurarea variației componentei verticale a cîmpului gravitației a fost efectuată cu gravimetre Nörgaard și G.A.K. cu eroare maximă, în punctul de măsurare, de $\pm 0,20$ mgal. Lucrarea a fost încadrată în triangulația gravimetrică a țării. Pentru calcularea anomaliei Bouguer s-a utilizat procedeul standard, aplicîndu-se valorile brute ale gravitației și anume :

1. Reducerea de elevație (Faye și Bouguer), avînd ca suprafață de referință nivelul Mării Negre ;
2. Reducerea de cîmp normal, aplicată, în valoare absolută, pe baza tabelelor de valori de cîmp normal, calculate de R. Botезătu și R. Ștefănescu ;
3. Reducerea de relief, evaluată pentru fiecare punct de măsurare pînă la distanța de 20 km, (prin metoda Schleusener).

Calculul reducerilor de elevație și de relief a fost efectuat admîndu-se pentru densitatea medie a maselor superficiale, cuprinse între su-



prafată topografică reală și planul de referință ales (0 m), valoarea de $2,20 \text{ g/cm}^3$.

Având în vedere erorile provinute din toate operațiile — de măsurare și calcul — autorii consideră că imaginea anomaliei absolute a gravitației în reducerea Bouguer, poate fi redată prin izolinii având o echidistanță de 1 mgal.

CONSIDERAȚII FIZICO-GEOLOGICE

Morfologia lanțului vulcanic prezintă o dependență evidentă față de structura sa geologică. Relieful lui actual este datorat în primul rînd fenomenelor vulcanice care au generat cîteva mari aparate de tip central ale căror produse acumulate, întrepătrunse și dispuse pe o direcție generală NW—SE, constituie azi masivele muntoase Călimani, Gurghiu și Harghita. Agenții de eroziune au contribuit într-o măsură mult mai mică la realizarea acestui relief. Astfel, în munții Gurghiu și Harghita de N, deasupra unui platou larg dezvoltat — mai ales pe flancul vestic al lanțului vulcanic — constituit din produse eruptive, se ridică suprastructurile celor mai recente aparate vulcanice, ale căror conuri cu dimensiuni considerabile și având în partea centrală mari depresiuni (crater sau caldere), mărturie a unor puternice faze explozive, sănt încă bine conservate și au cote cuprinse între 1.600 și 1.800 m.

Evoluția cunoștințelor geologice asupra acestei unități, înregistrează două etape: prima este reprezentată prin lucrări cu caracter general, conținînd informații generale asupra lanțului vulcanic (F. r. Haue r, G. S t a c h e, 1863; F. r. H e r b i c h, 1878; F. r. R i c h t h o f e n, 1860; J. S z a d e c z k y, 1930; B a n y a i, 1933; S a v u l, K r ä u t n e r, 1938); a doua cuprind lucrări de detaliu, la început mai izolate (G h i k a-B u d e ș t i³, G r i g o r e, 1957; T ö r ö k, 1942, 1946, 1956, T r e i b e r, 1955—1956—1957 și G ö t z, 1955—1956—1957) iar în ultimul timp, tot mai sistematice (R ă d u l e s c u, 1960, 1962, R ă d u l e s c u et al., 1962, 1964).

Cu toate că pînă în prezent nu există o lucrare geologică de detaliu, unitară, pentru întreaga zonă cartată gravimetric, totuși, avînd la bază lucrarea de sinteză referitoare la structura geologică a munților Gurghiu-hui, publicată de R ă d u l e s c u et al., 1962 și rapoartele acelorași autori cu privire la sectoare din munții Harghita, prezentăm, în linii cu totul

³ S. t. G h i k a-B u d e ș t i. Prospecțiuni geologice asupra regiunii Ciumani—Șumuleu Tătarca. 1939. Arh. Com. Stat. Geol. București.



generale, constituția geologică a zonei în care s-au desfășurat lucrările noastre.

Alcătuirea geologică a eruptivului neogen din sectorul studiat cuprinde trei unități majore suprapuse: fundamentul, complexul vulcanogen-sedimentar și suprastructurile aparatelor vulcanice recente.

Fundamentul este constituit fie din formațiuni cristaline, fie din formațiuni sedimentare aparținând bazinului Transilvaniei. Șisturile cristaline, constituind fundamentul la zi, apar în partea de E a lanțului vulcanic, pînă în imediata vecinătate a acestuia (în sectorul nordic, la Sărmaș iar în cel sudic, la Izvorul Mureș-Vîrful Ascuțit și la Racul). Pe toată marginea de W a lanțului vulcanic, produsele eruptive sunt așezate peste depozitele neogene ale bazinului Transilvaniei. Pe valea Gurghiului, aceste depozite sedimentare avansează mult spre E. În zona axială a munților Gurghiului, la S de Stînceni, se cunosc depozite miocene care apar la zi sub masa de roci eruptive. Forajul de la N de Stînceni a intrat, la adîncimea de 1.552 m, în șisturi cristaline străbătînd formațiuni sedimentare miocene și probabil mai vechi, pe o grosime de peste 1.200 m. Forajul de la Ibăneștii de Pădure s-a oprit la 2.880 m fără a întîlni șisturi cristaline, după ce a străbătut formațiuni ponțiene, sarmațiene și bugloviene. Forajul de pe valea Gurghiului, plasat înspre zona axială a masivului muntos, stabilește limita eruptiv/sedimentar la 432 m adîncime. El străbate apoi depozite pannoniene, sarmațiene și bugloviene și la 2.370 m intră în sare, în care rămîne cu talpa, la adîncimea de 2.650 m. Forajul de la ocna de sare Prajd a străbătut depozite ponțiene și tortoniene (în care a întîlnit sare pe o grosime de 1.240 m) pînă la 2.592 m, unde a rămas talpa sondei.

Toate aceste date demonstrează faptul că, depozitele bazinului Transilvaniei se întind, pe sub lanțul eruptiv, pe o mare parte din lărgimea lui și stau peste un fundament cristalin care apare la zi în partea de E și se scufundă repede spre W.

Complexul vulcanogen-sedimentar, mărturie a unei activități vulcanice mai vechi — separată de cea recentă printr-o epocă de liniște, în care eroziunea a fost foarte activă — se așează peste fundamentul sedimentar sub forma unei plăci. Ansamblul complexului vulcanogen-sedimentar, constituit exclusiv din materiale de natură vulcanică (cinerite, lapillii, brecii, conglomerate și puține curgeri de lavă întotdeauna de grosimi reduse) apare ca rezultat al acțiunilor combinate ale agentilor endogeni și exogeni.

Suprastructurile aparatelor vulcanice din regiune de tip stratovulcanic constituie, în sfîrșit, ultima unitate majoră a eruptivului neogen.



Ansamblul acestei unități se prezintă ca o alternanță de lave și piroclastite, perturbată numai de canalele de alimentare ale vulcanilor și de dyke-uri. Raportul dintre grosimea lavelor și a pirolastitelor, este în favoarea acestora din urmă. Pirolastitele sunt constituite, în general, din brecii de natură andezitică cu fragmente mari sau foarte mari, cimentate cu un liant cineritic. Lavele sunt numai andezitice și au fost separate mai multe categorii petrografice, dintre care o mai largă răspândire o au în zonă andezitele cu hornblendă verde, andezitele cu hornblendă verde resorbită și piroxeni, andezitele cu hipersten și augit. Deoarece, în urma determinărilor de densitate, făcute pe eșantioane aparținând diverselor tipuri de andezite, nu s-a constatat o diferențiere a lor din acest punct de vedere, esențial pentru prospectiunea gravimetrică, nu insistăm asupra acestor separări petrografice și nici asupra răspândirii lor în suprafață.

În unele zone, situate de preferință în craterele aparatelor vulcanice, rocile au suferit transformări intense: caolinizări, silicifieri, sericitizări sau piritizări. Aceste transformări ar putea fi în legătură cu procese hidrotermale de mineralizare sau cu circulația soluțiilor cu caracter post-vulcanic.

În zonă au fost identificate, studiate și descrise trei categorii de apărate vulcanice. Într-o primă categorie se înscriu aparatelor Seaca-Tătarca, Sumuleu-Ciumani, valea Fierăstraelor, Ostoroș, W și S Harghita-Mădăraș, Harghita-Băi, toate prezintind o bună conservare a conului cu prezența în partea lui centrală a craterelor evident conturate, de mari dimensiuni (pînă la 5 km diametru) și cu o alternanță clară a lavelor și pirolastitelor ce-l alcătuesc. Canalele de alimentare, constituite în general din andezite masive, rămîn de obicei ascunse. Singurul aparat vulcanic la care se poate constata cu certitudine existența canalului de alimentare — prin aflorimente — este Sumuleul. Forajele de mică adîncime din craterul Seaca-Tătarca (cu adîncimi medii de 350 m) par a pune în evidență coșul vulcanic care la suprafață este mascat de aglomerate andezitice. Aparatele vulcanice, din această primă categorie, se diferențiază prin dimensiuni și prin natura andezitelor și a pirolastitelor care le constituie.

În a doua categorie intră doar caldera Fîncel-Lăpușna, care prezintă drept caracter particulare dimensiunea excepțională a calderei (10 km pe direcție E-W) ce apare ca rezultat al unui moment exploziv de mari proporții al activității vulcanice, însotit eventual de o scufundare și faptul că partea interioară a calderei își modifică aspectul depresionar, complicîndu-se prin apariția unei generații noi de apărate vulcanice, mai reduse ca dimensiuni, materializate prin conuri simple, fără escavații în partea lor centrală (S Fîncel, Dealul Crucii, Bîrca Plumbului, Poiana Zimbriou-



lui). Sondele de mică adincime (cca 450 m, excepțional 750 m), amplasate în zona de transformări hidrotermale din calderă, au străbătut, pe tot profilul lor, andezite amfibolice cu hornblendă verde sau brună, afectate de caolinizări, silicificieri și piritizări.

În sfîrșit cea de-a treia categorie este constituită din aparate vulcanice reprezentate numai prin forme pozitive ale reliefului. În această categorie se enumără dealul Zespezele și vîrfurile Giorița, Seleșeu, Borzont, Harghita-Ciceu.

Din punct de vedere tectonic situația nu pare a fi reprezentată simplu, prin existența unei fracturi majore, în lungul Carpaților Orientali, care a permis ascensiunea magmelor spre suprafață. Mai probabil, conform cu orientarea generală a zonei NW—SE, se individualizează mai multe dislocații cu dezvoltări variabile în lungime. O astfel de linie tectonică, foarte bine individualizată, este cea pe care se dispun aparatele Seaca-Tătarca, Borzont și Sumuleu; o alta este jalonată de aparatele vulcanice Ostoroș, Harghita-Mădăraș. În sectorul nordic, linia tectonică pe care se situează aparatele din generația a doua a calderei Fîncel-Lăpușna, prelungită pînă la vîrful Bakta, reprezintă o dislocație condiționată de explozia și scufundarea, care au dus la creierea calderei. Se pare că se poate vorbi și de un sistem de dislocații orientat E—W, remarcat în orientarea unor dyke-uri — în aparatul Seaca-Tătarca — și marcat de dispunerea aparatelor Sumuleu-Ciumani-Ostoroș.

Activitatea vulcanică s-a desfășurat în cadrul a două momente principale: unul mai vechi, al cărui rezultat s-a concretizat prin complexul vulcanogen-sedimentar și unul mai nou, a cărui activitate, bogată în momente explozive puternice, a creiat suprastructura aparatelor vulcanice recente. În ceea ce privește vîrstă, cea mai mare parte a produselor vulcanice este meotian-ponțiană sau ceva mai nouă. Fenomenele vulcanice s-au continuat și în partea inferioară a Cuaternarului.

Formațiunile sedimentare apar pe marginea vestică a lanțului eruptiv (terminația estică a bazinului Transilvaniei), în zona axială a acestuia (la S de Stînceni) și în partea estică a produselor eruptive (în bazinile Ciucului, Gheorghienilor și Topliței). Depozitele din W sunt de vîrstă tortoniană, sarmațiană, ponțiană și eventual meotiană. Tortonianului i se atribuie formațiunea cu sare din zona Praid-Sovata. În general aceste depozite sunt constituite din gresii, nisipuri, argile, marne, calcare, cinerite și niveluri de tufuri. Pe valea Mesterhaza, la S de Stînceni, de sub produsele eruptive apar la zi marne și conglomerate care atestă prelungirea spre E a depozitelor bazinului Transilvaniei, cel puțin pînă în acest punct. Depozitele sedimentare din E sunt constituite, în bazinul Ciucului, din marne,



gresii, aglomerate andezitice, tufuri și argile, considerate mio-pliocene, în timp ce în bazinul Gheorghienilor și Topliței nu se cunosc decit depozite cuaternare. Depozite cuaternare se mai găsesc în regiunile văilor mari ale lanțului eruptiv, fiind reprezentate prin depozite de terasă, grohotișuri, alunecări de teren și aluviuni.

În cele de mai sus am încercat să prezentăm geologia zonei cartate gravimetric în ipoteza interpretativă a geologilor D. Rădulescu, Al. Vasilescu, S. Peltz și Margaret Peltz. Spre deosebire de aceștia, Török (1942, 1946, 1956), Treiber (1955, 1956, 1957) și Götz (1955, 1956, 1957) ajung la alte concluzii. În interpretarea acestora, anterior activității vulcanice din regiune, s-au pus în loc importante intruziuni care au fost străbătute apoi de magmele în ascensiune și au constituit astfel fundația subvulcanică preefuzivă. Într-o lucrare mai recentă Treiber (1962) pune sub semn de întrebare existența formațiunii intruzive subvulcanice preefuzive în munții Gurghiu.

Cercetările lui Grigore (1957) asupra munților Gurghiu fac trecerea de la etapa de studii cu caracter general, la cea cu caracter de detaliu. El consideră că rezervorul magmatic al aparatelor vulcanice este situat la mare adâncime, migrarea lavelor către suprafață având loc pe canale care străpung depozitele sedimentare groase, de vîrstă neogenă.

Din observațiile geologice de suprafață, completate cu informații aduse de cele cîteva foraje de mare adâncime, rezultă că diferențele canale de alimentare ale aparatelor vulcanice traversează alternanța de lave și piroclastite ce constituie suprastructura aparatelor vulcanice și depozitele complexului vulcanogen-sedimentar, precum și depozitele sedimentare neogene, pe grosimi considerabile. Astfel, forajul de pe valea Gurghiului, amplasat în apropierea zonei axiale a lanțului eruptiv, stabilește contactul eruptiv-sedimentar neogen la 260 m deasupra nivelului mării, în timp ce cotele maxime ale conurilor vulcanice din apropiere trec de 1.600 m iar cota medie a părții superioare a complexului vulcanogen-sedimentar este de 1.000 m. Același foraj rămîne cu talpa în sare, după ce a traversat sedimentele neogene pe o grosime de 2.200 m (din care cca 300 m de sare).

Studiul atent al densității diverselor formațiuni geologice ce apar în zonă, având la bază determinări directe (pe carote de sondă sau pe eșantioane colectate la suprafață) sau indirecte (profile Nettleton), pentru rocile eruptive și cristaline și datele generale puse la dispoziție de literatură de specialitate, pentru rocile sedimentare neogene, conduce la stabilirea următoarelor valori medii de densitate:



	<u>g/cm³</u>
depozitele sedimentare neogene	2,25
formațiunea cu sare	2,15
pachetul de produse vulcanice (alternanța piroclastite-lave și complexul vulcanogen-sedimentar)	2,25
andezite nealterate	2,55
șisturi cristaline	2,60

Analiza datelor de mai sus, pune în evidență existența următoarelor contraste principale de densitate :

Între fundamentul cristalin și formațiunile sedimentare la care se adaugă și produsele eruptive în totalitatea lor (+ 0,35 g/cm³) ;

Între andezitele masive nealterate care constituie canalele de alimentare ale aparatelor vulcanice sau corupuri magmatice și formațiunile (sedimentare sau eruptive) pe care acestea le străbat (+ 0,30 g/cm³) ;

Între masivele de sare și formațiunea cu sare, pe de o parte și restul depozitelor sedimentare, pe de altă parte (-0,10 g/cm³) ;

Deoarece în situația geologică dată acestor contraste de densitate le corespund importante contraste de masă, este de așteptat ca harta gravimetrică să reflecte prezența tuturor acestor surse anomale, prin anomalii caracteristice. Astfel, toate înrădăcinările vulcanice sau corupurile magmatice se vor manifesta în harta gravimetrică prin anomalii de maxim în timp ce existența masivelor de sare va genera anomalii de minim, iar dispoziția fundamentului va comanda alura anomaliei regionale. În cazul în care volumul de mase andezitice compacte, situate deasupra fundației cristalin, atinge proporții considerabile, este de așteptat ca prezența acestui contrast major de densitate să genereze anomalii de maxim cu intensități și extinderi remarcabile, care vor masca alura anomaliei regionale.

PREZENTAREA ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR GRAVIMETRICE

După cum s-a menționat, harta gravimetrică, în reducerea Bouguer (vezi planșa), a fost realizată prin sinteza tuturor lucrărilor gravimetrice de detaliu, efectuate de autori în diferite sectoare din această zonă, și constituie prima imagine gravimetrică de detaliu a munților Gurghiului și Harghitei de N.

Această imagine gravimetrică a fost întregită prin racordare grafică cu rezultate obținute anterior în cîteva sectoare marginale, (E s c a⁴ la

⁴ A l. E s c a. Raport asupra prospecțiunilor gravimetrice în regiunea Odorhei—Sovata—Reghin. 1949. Arh. Com. Stat. Geol. București.



W de Corund-Sovata, Băcioiu⁵ la W de Răstolița-Sovata, Visarion⁶ la E de Toplița-Joseni.)

Anomalia Bouguer a fost calculată cu o densitate unică a stratului intermedian ($2,20 \text{ g/cm}^3$), această ipoteză de calcul fiind considerată de noi ca cea mai apropiată de realitatea fizico-geologică.

O analiză generală a hărții pune în evidență, ca efect dominant, o zonă de maxim orientată după direcția generală NW—SE, cantonată pe întreg sectorul median al lanțului eruptiv. Faptul că zona de maxim este încadrată de zone de minim atât în partea vestică (aliniamentul Răstolița-vîrful Seleșeu-Ibăneștii de Pădure-Sovata-Prajd-Corund) cît și în cea estică (aliniamentul S Toplița-Borzonț-Voșlăbeni-Mădăraș), contribuie la realizarea unui aspect unitar, aparent regional al ei. În realitate ea este rezultatul cumulării mai multor anomalii locale de maxim de diverse amplitudini și extinderi în suprafață, bine individualizate, care se înscriu în orientarea generală menționată, măscând alura regională a cîmpului gravific.

Zonele anomale de minim gravimetric, se suprapun pe depozite sedimentare (neogene și cuaternare) sau pe terminațiile estice, respectiv vestice, ale produselor eruptive, în zone în care, în general este de așteptat ca aceasta să aibă o dezvoltare redusă pe verticală. Semnificația geologică a zonei vestice de minim a fost atribuită (Băcioiu, 1963) unei zone depresionare cu caracter regional, a fundamentului cristalin și implicit, unei îngroșări a depozitelor neogene. În sectorul Sovata-Prajd-Corund, situația geologică complicată prin prezența masivelor de sare cunoscute, care accentiază deficitul de masă, se reflectă în harta gravimetrică prin creșterea intensității anomaliei locale de minim (Eșca, 1949). Minimele gravimetrice însărate pe aliniamentul estic sunt situate în imediata vecinătate a cristalinului la zi, într-o zonă cu fundamentul mult mai apropiat de suprafață și ele sunt evident determinate de dispoziția acestuia. Aceste anomalii circumscrîu bazine sedimentare cunoscute (Ciucului, Gheorghienilor) sau indică existența altora, măscate de produse vulcanice.

Zona de maxim se suprapune perfect peste zona suprastructurilor aparătelor vulcanice din munții Gurghiului și Hârghitei de N. În acest fel, ea apare legată cauzal de lanțul vulcanic. Două aliniamente cu valori măsurate mai scăzute (valea Gurghiului-Poiana Pietroasă și Sicasău-Liban-Voșlăbeni) separă zona de maxim în trei sectoare distințe. În toate cele

⁵ Tr. Băcioiu. Raport final asupra prospecțiunii gravimetrice și magnetometrice în NE bazinului Transilvaniei. 1963. Min. Ind. Petrolului și Chimiei. București.

⁶ M. Visarion. Prospecțiuni gravimetrice în regiunea Ditrău. 1955. Arh. Com. Stat. Geol. București.

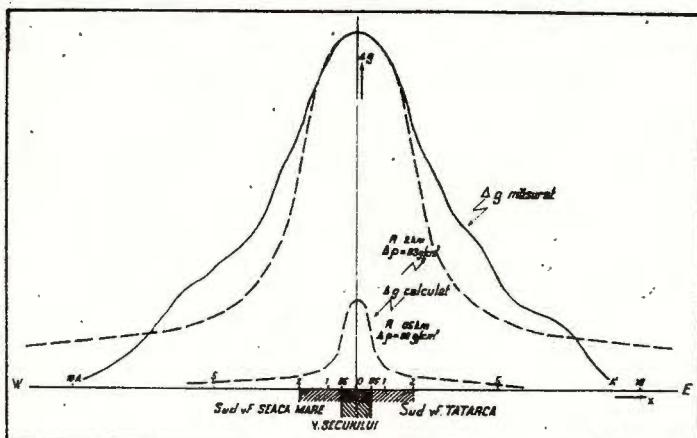
trei sectoare, maximele gravimetrice locale prezintă caracter comune care ne obligă să presupunem că sunt cauzate de surse anomale similare. Astfel, maximele Fincel-Bătrîna și Măgura din sectorul nordic, Seaca-Tătarca, Borzont, Sumuleu și Ciumani din sectorul median și Ostoroș, S Muntele Mic, S Harghita-Mădăraș și Harghita-Băi din sectorul sudic au forme aproape izometrice, cordoane marginale de gradient orizontal mărit, intensități remarcabile și extinderi mari în suprafață. Această situație specială, în care interpretarea uneia dintre anomaliiile de maxim, reprezintă principal un caz particular al soluției generale aparținând acestei familii de anomalii, ne obligă să analizăm în detaliu pe cea mai caracteristică dintre ele: cea amplasată pe aparatul vulcanic Seaca-Tătarca.

Anomalia Seaca-Tătarca prezintă o formă circulară, este larg extinsă în suprafață, are o intensitate remarcabilă și cordonul de gradient orizontal mărit amplasat în interiorul craterului, în imediata vecinătate a crestei lui. Intensitatea și dimensiunile anomaliei atestă existența în subsol a unui important contrast de masă. Forma izometrică indică, pentru corpul anomal, o secțiune orizontală de formă circulară, în timp ce prezența cordonului de gradient sugerează un contact aproape vertical al lui cu mediul înconjurător. Prin urmare, forma acestui corp poate fi aproximativă unui cilindru vertical. Datorită acestei situații favorabile s-a putut trece la o analiză a anomaliei Seaca-Tătarca prin comparare cu anomalii calculate teoretic. Utilizând formula pentru calcularea efectului Δg al unui cilindru vertical semi-infiniț dată de literatura de specialitate și curbele normalizate, obținute pe baza acesteia, de F. Calotă în 1963, am calculat (menținând contrastul de densitate la valoarea de $+0,3 \text{ g/cm}^3$ și considerind ca parametru variabil raza cilindrului) o serie de curbe reprezentând efectul teoretic al mai multor cilindri verticali semi-infiniți. Comparând efectul măsurat cu aceste curbe teoretice și trecind peste nepotrivirile provenind din simplificările admise prin ipoteza de calcul (contact vertical, cilindru semi-infiniț), se constată că anomalia teoretică care se apropie cel mai mult de anomalia măsurată, este aceea provocată de un cilindru vertical cu un diametru de 4 km (vezi figura). În consecință, putem approxima suficient de bine forma și dimensiunile corpului care realizează anomalia gravimetrică măsurată; acest corp dens se ridică pînă aproape de suprafață, are partea superioară în formă de cilindru vertical cu un diametru aproximativ de 4 km și secțiunea lui orizontală se mărește progresiv în adîncime. În situația fizico-geologică locală, apare evident faptul că numai un aport masiv de material magmatic compact, dens, a putut condiționa apariția unui astfel de corp. Este clar că un eoș vulca-



nic nu poate atinge, în condițiile geologice locale, astfel de dimensiuni și deci el nu poate reprezenta corpul anomal.

Anomalia gravimetrică este probabil provocată de un corp magmatic având poziția, forma și dimensiunile stabilite, apărut în apropierea suprafeței, ca rezultat al unei activități magmatice complexe, reprezentată



Profile gravimetrice comparate. Anomalia Seaca—Tătarca.

Profils gravimétriques comparés. Anomalie de Seaca—Tătarca.

la suprafață prin aparatele vulcanice cunoscute. Această posibilitate, fiind compatibilă atât cu situația geologică existentă, cât și cu caracterele fizice stabilite pentru corpul anomal, reprezentă, după noi, soluția geologică cea mai posibilă. În această ipoteză, aparatul vulcanic Seaca—Tătarca, prezintă în partea lui centrală un corp magmatic, probabil de natură andezitică, apropiat de suprafață, care comandă efectul anomal major. Acest efect estompează efectul anomal provocat de coșul vulcanic, care din această cauză nu se poate pune în evidență separat. Efectul minor anomal din zona Seaca—Tătarca — neglijat pînă acum ca neesențial sub aspectul stabilirii cauzei anomaliei majore — și anume, tendința de maxim pe direcție nordică și apariția apexului secundar al anomaliei, reprezentă corespondentul gravimetric al unui coș secundar. În același mod, trebuie interpretată și anomalia, redusă ca intensitate și extindere, situată în afara craterului, în sectorul virfului Tarvez.

Dat fiind, pe de o parte, caracteristicile comune ale maximelor locale, ce constituie zona de maxim, iar pe de altă parte, situația geologică similară în care se prezintă aceste anomalii, putem extrapola modul de interpretare a anomaliei Seaca—Tătarca, pentru toate maximele evidențiate

în cele trei sectoare amintite. Conform acestei premise, toate anomaliiile de maxim, amplasate pe structura aparatelor vulcanice, reprezintă efecte ale unor mase magmatice dense. Intensitatea și extinderea în suprafață, reprezintă criterii de diferențiere a anomalilor de maxim, în funcție de dimensiunile și poziția corpului anomal care le determină. Maximele cu intensități remarcabile și cu o largă dezvoltare în suprafață vor reprezenta în principal efectul unor corperi magmatice de dimensiuni importante, situate în apropierea suprafeței. Intensități mai reduse și dezvoltări încă mai mari în suprafață, vor caracteriza maximele corespunzînd unor corperi magmatice, situate la o adâncime mai mare. În sfîrșit intensități mici și dezvoltări reduse în suprafață, vor fi caracteristice pentru anomaliiile reprezentînd coșuri vulcanice, nek-uri sau dyke-uri, în zone în care nu sunt prezente, ca în cazurile anterioare, corperi magmatice mai importante. În toate cele trei cazuri, sursele anomale sunt cantonate deasupra fundamentei cristalin.

În sectorul nordic, corespunzînd munților Gurghiului de N se individualizează anomaliiile Măgura Mare, Fîncel-Bătrîna și grupul din sectorul vîrfului Bakta. Cea mai mare intensitate se remarcă la maximul Fîncel-Bătrîna, care pune în evidență prezența a două corperi magmatice amplasate în interiorul marei caldere de aici, de formă și dimensiuni similare cu cele ale corpului pus în evidență la Seaca-Tătarca. Si aici aceste corperi se găsesc aproape de suprafață. Absența unor perturbații în aspectul izolinilor pune sub semn de întrebare existența unor coșuri vulcanice secundare. Dintre cele patru nek-uri conturate în interiorul calderei de cartarea geologică (Rădulescu et al., 1964) numai două — S Fîncelul și Zimbrioul — sunt evidențiate gravimetric ca ramificații ale corpului magmatic estic la partea lui superioară. Bîtea Plumbului și Dealul Crucii, după datele gravimetrice, nu reprezintă înrădăcinări vulcanice. Este probabil ca aceste proeminente ale reliefului să reprezinte numai resturi din creasta sudică a calderei.

Maximul Măgura Mare indică prezența în subsol a unui singur corp magmatic situat la o adâncime mai mare decît cele din caldera Fîncel-Lăpușna. Între Măgura Mare și Fîncel, un maxim minor pune în evidență existența unui canal de alimentare în acest sector. În sfîrșit, maximele locale de mică intensitate din sectorul vîrfului Bakta, confirmă existența nek-urilor cartate geologic (Rădulescu et al., 1964).

După datele gravimetrice, în zonele dealul Zespezele, dealul Seleșeu și dealul Giorița, nu există înrădăcinări vulcanice.

Sectorul median, corespunzînd munților Gurghiului de S, cuprinde anomaliiile Seaca—Tătarca, Borzont și grupul Sumuleu, S Sumuleu și



Ciumani. Maximul Borzont reprezintă, ca și cel de la Măgura Mare, efectul anomal al unui corp magmatic mai profund care estompează efectul nek-ului evidențiat prin lucrări de cartare geologică.

Zona maximală Sumuleu, S Sumuleu și Ciumani reprezintă efectul cumulat a trei maxime locale corespunzătoare la trei corpuri magmatice, dintre care cel sudic are dimensiuni mai reduse. La aparatul vulcanic Sumuleu, efectul anomal al coșului vulcanic este estompat de efectul anomal major. El este, însă, amplasat în interiorul craterului, la partea lui sudică. În zona Ciumani, efectului anomal major al corpului magmatic i se suprapun efectele minore, bine individualizate, a trei coșuri vulcanice : unul situat în craterul Ciumani și două în craterul din valea Fierăstrăielor.

În sectorul sudic corespunzător munților Harghita de N, maximele S Muntele Mic și S Harghita—Mădăraș reprezintă efectul anomal a două corpuri magmatice comparabile cu cel evidențiat la Seaca—Tătarca. Maximul S Harghita—Mădăraș, amplasat în zona calderei de aici, prezintă un efect anomal minor corespunzind unui coș vulcanic secundar. Înrădinărilor vulcanice puse în evidență de cartarea geologică de suprafață la Harghita—Ciceu și W Harghita—Ciceu nu se manifestă în harta gravimetrică. Maximele de la Ostoroș și de la Harghita—Băi corespund unor corpuri magmatice mai profunde. În zona aparatului Ostoroș, se evidențiază efectul anomal al unui coș vulcanic secundar situat la estul craterului. Coșul principal al aparatului trebuie să fie situat excentric spre W, în interiorul craterului. În sfîrșit, maximul gravimetric de la dealul Comșa pune în evidență un nek mascat de curgerile de lavă, în timp ce maximul de la W Harghita—Mădăraș reprezintă efectul anomal al coșului aparatului vulcanic.

CONCLUZII

1. S-a prezentat o primă imagine gravimetrică de detaliu a munților Gurghiului și Harghitei de N.
2. S-a demonstrat eficiența metodei de prospectiune gravimetrică în descifrarea structurii eruptivului neogen din munții Gurghiului—Harghita de N.
3. Harta gravimetrică pune în evidență foarte clar, prezența unor importante mase magmatice situate deasupra fundamentului cristalin.
4. Prezența contrastului de densitate major și largă dezvoltare a maselor magmatice de natură andezitică ce realizează acest contrast, deasupra fundamentului cristalin, condiționează apariția în harta gravi-



metrică a unor efecte dominante locale care nu permit estimarea efectului regional.

5. Corpurile magmatice și înrădăcinările vulcanice puse în evidență gravimetric, nu se înscriu pe un aliniament NW—SE, care să marcheze o linie majoră cu caracter tectonic pe această direcție. Astfel de aliniamente, cu lungimi reduse, se remarcă numai local de exemplu : Măgura Mare, Fincel—Bătrina, Bakta ; Seaca—Tătarca, Borzont, Sumuleu ; dealul Comșa, S Muntele Mic, S Harghita—Mădăraș, Harghita—Băi).

6. Anomaliiile gravimetrice de maxim caracterizate prin intensitate remarcabile și extindere mare în suprafață, reprezintă în principal efectul unor corpuri magmatice situate în apropierea suprafetei și numai cu totul secundar efectul coșurilor vulcanice.

7. Coșurile, nek-urile, dyke-urile sunt reprezentate în harta gravimetrică prin anomalii de maxim de mică intensitate și extindere redusă și se evidențiază clar numai în zonele în care nu sunt prezente alte mase magmatice mai importante.

8. Suprapunerea perfectă a maximelor gravimetrice cu intensitate remarcabile și extinderi mari în suprafață, pe aparatele vulcanice cunoscute, nu poate fi întimplătoare. Ea este justificată prin legătura genetică ce există între corpurile magmatice evidențiate gravimetric și aceste aparate vulcanice.

BIBLIOGRAFIE

- A tanasiu L. (1953) Cineritele din neogenul românesc și vîrsta erupțiilor vulcanice corespunzătoare. *An. Com. Geol.* XXV. București.
- B ányai I. (1933) Geologia bazinului superior al văii Tîrnava Mică. *D.S. Inst. Geol. Rom.* XIX. București.
- Botezatu R., Ștefănescu R. (1963) Rețeaua gravimetrică a R.P.R. III. Reduceri de climp normal după formula internațională pentru teritoriul R.P.R. Academia R.P.R., *Stud. cerc. geof.* 1/2. București.
- G ötz A. (1955) Vulcanologia și stratigrafia Munților Gurghiuului de nord și raporturile formațiunilor cu cele din masivul Călimanilor. *D.S. Com. Geol.* XXXIX. București.
- (1956) Dare de seamă asupra regiunii Sovata—Praid. *D.S. Com. Geol.* XL, București.
 - (1957) Rezorbția magmatică a hornblendei în andezitele de la Seaca. *Bul. Univ. V. Babeș și Bolyai. Ser. St. Nat.* 1—2, 1. Cluj.
- Grigore I. (1957) Studiu geologic și petrografic asupra munților Gurghiuului. București.
- Nagy L. (1956) Cercetări geologice în regiunea de la nord de Sovata. *D.S. Com. Geol.* XL, București.
- (1957) Contribuții la geologia de la nord de Sovata. *Bul. Univ. V. Babeș și Bolyai. Ser. St. Nat.* 1, 1—2, Cluj.



- Rădulescu D. (1960) Asupra existenței formațiunilor subvulcanice în lanțul Călimani—Gurghiu—Harghita. *Anal. Univ. C. I. Parhon. Geol. Geogr.* 23. București.
- (1962) Probleme ale vulcanismului terțiar în munții Călimani—Gurghiu—Harghita. *Stud. cerc. geol.*, 7, 2. București.
 - Vasilescu A.I., Peltz S. (1962) Cercetări geologice în munții Gurghiului de SE. *D.S. Com. Geol.* XVL București.
 - Vasilescu A.I., Peltz S. (1964) Marea calderă Fincel — Lăpușna din munții Gurghiu. *D.S. Com. Geol.* XLIX, București.
- Savul M., Kräutner Th. (1936) Die Basaltandesite von Toplița und Sărmaș. *C.R. Acad. Sc. Roum.* 1, 3. București.
- Stanciu V. (1957) Linia de eruptiv Harghita. *Lucr. Inst. Georg. Univ.* 6, Cluj.
- Szadeczky I. (1930) Munții vulcanici Harghita—Călimani. *D.S. Inst. Geol. Rom.* XVI. București.
- Török Z. (1929) Trecătoarea Mureșului la Toplița. *An. Lic. Principele Nicolae*, Sighișoara.
- Treibor I. (1955) Vulcanologia și tectonica munților Gurghiului *Bul. Univ. V. Babes Bolyai, Ser. Șt. Nat.* 1, 1—2, Cluj.

PROSPECTIONS GRAVIMÉTRIQUES DANS LES MONTS GURGHIU ET LA PARTIE SEPTENTRIONALE DU MONT HARGHITA

(Résumé)

Dans cet ouvrage sont présentés les résultats des prospections gravimétriques effectuées par les auteurs dans la zone de la chaîne volcanique néogène située à l'intérieur des Carpates Orientales (monts Gurghiu et la partie septentrionale des Monts Harghita), commencées depuis 1956 et continuées jusqu'en 1964. Le but de ces travaux a été d'étudier la possibilité d'appliquer la prospection gravimétrique au déchiffrement de la structure géologique de cette grande unité, d'établir la méthode de travail propice et de mettre en évidence, par des moyens gravimétriques, les appareils volcaniques néogènes situés dans la zone qui fait l'objet de nos recherches.

La carte gravimétrique a été rédigée grâce aux mesurages effectués en terrains dans environs 10.000 stations, disposées en un réseau de profils dont la densité est de 3,5 points par 1 km². Les données ont été ensuite expliquées par les procédés standard, qui ont conduit à la carte gravimétrique Bouguer calculée pour une densité de 2,20 g/cm³ de la couche intermédiaire, avec une précision qui a permis l'interpolation à l'équidistance de 1 mgal. La planche I présente l'esquisse de cette carte, les anomalies gravimétriques y étant indiquées par différentes teintes de la même couleur.



Cette région a fait l'objet de nombreux travaux géologiques qui remontent au dernier siècle. Ces dernières dix années des levés géologiques de détail ont été présentés dans des rapports, comptes rendus et synthèses partielles. Néanmoins, une étude géologique unitaire sur toute la chaîne volcanique basée sur des levés récents de détail n'existe pas. En ce qui concerne la constitution géologique, la région contient, selon Rădulescu et al., 1962, en général, trois unités majeures superposées : le soubassement, le complexe volcanogène sédimentaire et la superstructure des appareils volcaniques récents. Le soubassement est probablement constitué par des dépôts sédimentaires appartenant au bassin de Transylvanie, qui se prolongent largement vers l'E par dessous la chaîne éruptive se plaçant sur un soubassement cristallin, qui vers l'E s'élève rapidement, affleurant dans la partie orientale de la chaîne volcanique. Le complexe volcanique-sédimentaire, recouvrant comme une grosse plaque le soubassement, n'est constitué que de matériel de nature volcanique (cinérites, lapillis, brèches, conglomérats et, de manière subordonnée, minces coulées de laves). Les superstructures des appareils volcaniques sont constituées par une alternance de laves et de pyroclastites traversées par des necks et des dykes. Les pyroclastites formées, en général, de brèches andésitiques, constituent des niveaux plus épais que les coulées de laves. Celles-ci sont surtout andésitiques, de constitutions pétrographiques différentes, mais voisines comme densité.

Au point de vue tectonique l'activité volcanique est mise sur le compte de plusieurs dislocations développées différemment et orientées, généralement, NW—SE.

La chaîne éruptive Gurghiu—Harghita est limitée à l'E et à l'Ouest par des bassins sédimentaires. À l'Ouest se trouvent des dépôts tortoniens, sarmatiens, pontiens et éventuellement méotiens cantonnés dans le bassin de Transylvanie, tandis qu'à l'E les dépôts sédimentaires sont cantonnés dans les bassins de Ciuc, Gheorghieni et Toplița.

Selon Török (1942, 1946, 1956), Treiber (1955, 1956, 1957) et Götz (1955, 1956, 1957) la mise en place des intrusions injectées ultérieurement par les magmas en ascension, constituant un soubassement pré-effusif, y a été antérieure à l'activité volcanique.

Grigore (1957) estime que la réservoir magmatique des appareils volcaniques se trouve à des profondeurs considérables et que les voies d'accès des magmas ont traversé une puissante pile de sédiments néogènes.

Une étude attentive des densités moyennes des formations géologiques de cette région relève les suivants contrastes de densité : entre le soubassement cristallin et les formations sédimentaires aux quelles s'ajoutent



les produits éruptifs, pris en totalité (+ 0,35 g/cm³) ; entre les andésites massives non-altérées et les formations sédimentaires et éruptives qu'elles recoupent (+ 0,30 g/cm³) ; et entre les massifs à sel et la formation à sel, d'une part, et le reste des dépôts sédimentaires, d'autre part (- 0,10 g/cm³).

L'image gravimétrique obtenue présente, comme un trait distinct, une importante anomalie de maximum, d'aspect régional, qui file le long des superstructures des appareils volcaniques de la chaîne éruptive. Au fond cette anomalie est le résultat de plusieurs anomalies locales de maximum, à amplitudes et extension, à la surface, différentes, cumulées, mais, avec l'aspect général, analogues.

L'une d'entr'elles (Seaca-Tătarca) a été minutieusement analysée par les auteurs du présent ouvrage. Elle est de forme presque circulaire, son intensité est remarquable ; sur les flancs elle présente un cordon de gradient horizontal, agrandi, placé tout près de la crête du volcan. L'aspect de l'anomalie suggère l'existence d'un corps perturbateur en forme de cylindre vertical. Les auteurs ont calculé, basés sur des courbes normalisées (C a l o t ă , 1963), l'effet de certains cylindres verticaux sémiinfinis pour un contraste de densité de 0,3 g/cm³ et pour différents diamètres (fig. 2). Ils concluent que le cylindre dont l'effet correspond le mieux à l'anomalie mesurée aurait un diamètre de 4 km. La situation physico-géologique locale, met en évidence que seul un apport massif de matériel magmatique compact, dense, a pu conditionner l'apparition d'un pareil corps de beaucoup plus grand que la cheminée volcanique proprement-dite. .

Étant donné les caractères communs des maximums locaux autant que la situation géologique similaire, on peut extrapoler la manière d'interpréter l'anomalie de Seaca—Tătarca, à tous les maximums qui constituent la grande anomalie axiale de maximum. Aussi, la différenciation de ces anomalies peut-elle être déduite de leur extension en surface et de leurs intensités. Les maximums, d'intensités remarquables et largement développés à la surface, représentent l'effet de certains corps magmatiques de dimensions remarquables, situés tout près de la surface (Fincel — Bătrâna, Seaca, et de Muntele Mic, sud de Harghita — Mădăraș). Des intensités de moindre ampleur et des développements encore plus larges en surface vont caractériser les maximums correspondant à certains corps magmatiques situés à de plus grandes profondeurs (Măgura Mare, Borzont, Sumuleu, Ciumani, Ostoroș, Harghita-Băi etc.). Enfin, des intensités faibles et des développements réduits en surface constitueront les caractéristiques des anomalies qui représentent des : cheminées volcaniques, necks et dykes, dans des zones où il n'y a pas d'autres anomalies plus intenses qui pourraient les estomper (sud de Fincel, Zimbrioul, sommet Bakta, Ciumani,



vallée de Fierăstraile, sud de Harghita — Mădăraș, est d'Ostoroș, colline de Comșa, ouest de Harghita — Mădăraș etc.).

La zone centrale de maximum est flanquée par des anomalies de minimum. La zone minimale située à l'Ouest a été attribuée à une dépression régionale du soubassement cristallin, qui dans le secteur de Sovata — Praid — Corund est compliquée par la présence des massifs à sel qui accentuent l'intensité de minimum. Les minimums échelonnés du côté oriental représentent soit l'effet de certains bassins sédimentaires connus (Ciuc, Gheorghieni) soit l'existence d'autres bassins masqués par la plaque des produits volcaniques.

Pour conclure, les résultats gravimétriques présents démontrent que la prospection gravimétrique peut être appliquée au déchiffrement de la structure de l'éruptif néogène des monts Gurghiu — Harghita. Elle y relève les effets de certaines masses magmatiques (qui se trouvent sur le soubassement cristallin) rattachées, au point de vue génétique, aux appareils volcaniques existants. L'orientation des lignes anomalies de maximums détermine l'orientation des lignes de dislocations qui ont permis aux magmas de monter et de former ainsi la chaîne volcanique Gurghiu — Harghita.

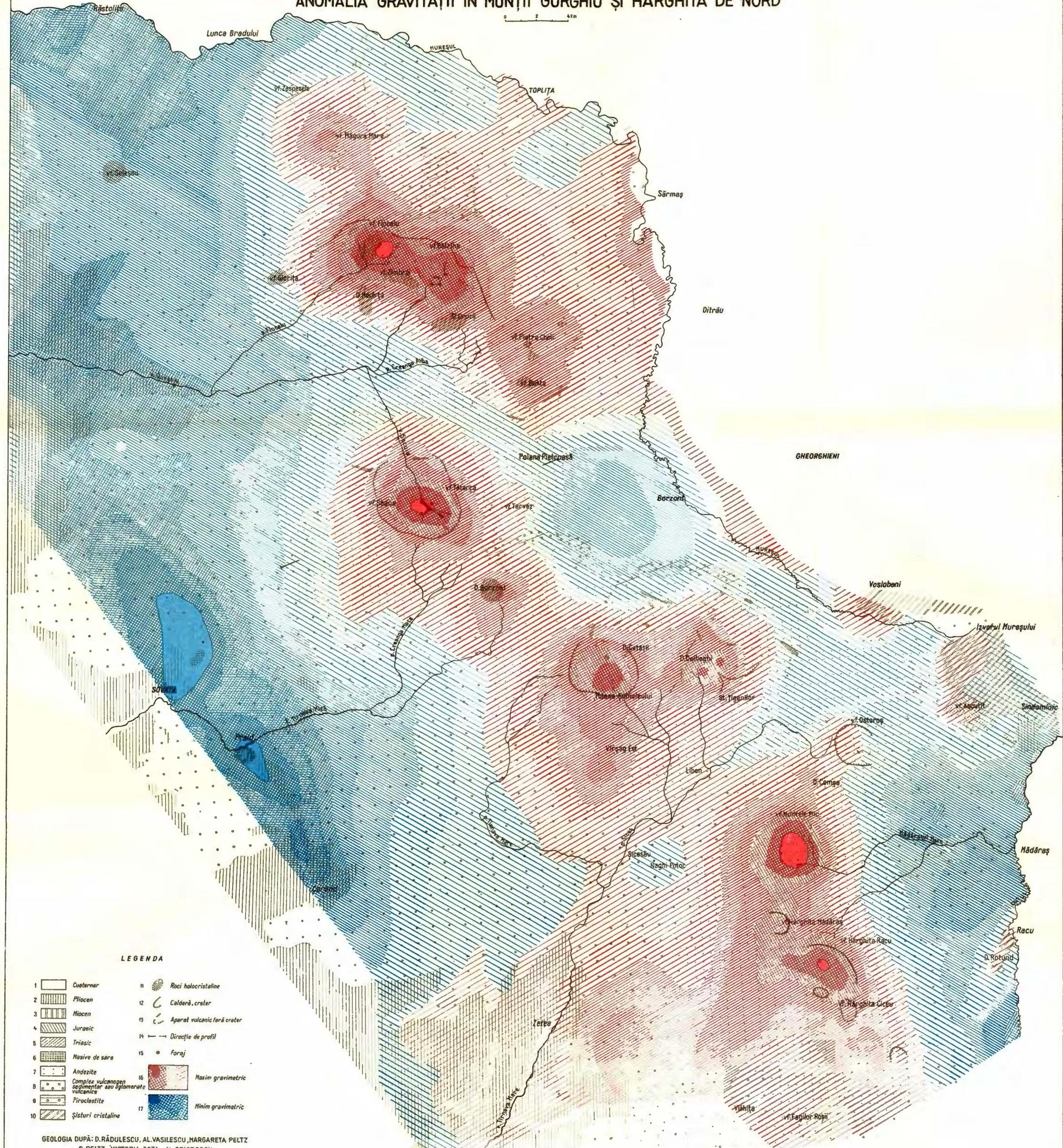
EXPLICATION DE LA PLANCHE

Anomalie de la pesanteur dans la partie septentrionale des Monts Gurghiu — Harghita ;
 1, Quaternaire ; 2, Pliocène ; 3, Miocène ; 4, Jurassique ; 5, Trias ; 6, massifs à sel ;
 7, andésites ; 8, complexe volcanogène-sédimentaire ou agglomérats volcaniques ; 9, pyroclastites ; 10, schistes cristallins ; 11, roches holocrystallines ; 12, caldera, cratère ; 13, appareil volcanique sans cratère ; 14, direction de coupe géologique ; 15, forage ; 16 maximum de la pesanteur ; 17, minimum de la pesanteur.



ANOMALIA GRAVITĂȚII ÎN MUNȚII GURGHIU ȘI HĂRGHITA DE NORD

0 2 4 km



PRECIZĂRI TECTONICE ÎN ZONA MĂRTINIȘ – SÎNPAUL (ODORHEI) PE BAZA UNOR DATE GRAVIMETRICE¹

DE

AMULIU PROCA, PETRU LUNGU²

Abstract

Tectonical Information Obtained in the Mărtiniș-Sinpaul Zone (Odorhei District) on the Basis of Gravimetical Data. The results of the gravimetical prospecting point to the relief of the basement, to the shape and position of the salt accumulation in the diapir area and in the marginal zone of the Transylvanian basin.

I. INTRODUCERE

În lucrarea de față ne propunem ca, folosind rezultatele unei cercetări gravimetrice detaliate, strîns legată de observațiile geologice și hidrologice de suprafață existente în regiune, să aducem o imagine tectonică nouă a reliefului fundamentului, a formei și dispoziției unor acumulări de sare într-o regiune, unde, datorită depozitelor acoperitoare groase și a plăcii de aglomerate vulcanice, cercetările geologice, singure, nu pot ajunge la un grad înalt de precizie.

Regiunea la care ne vom referi este mărginită de localitățile Odorhei – Lueta – Virghiș – Jimbor – Drăușeni. Ea se încadrează în zona deluroasă situată în SW-ul munților Harghita, fiind străbătută de la N la S de văile

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice a Intreprinderii geologice de prospecții din 8 martie 1966.

² Întreprinderea geologică de prospecții. Cal. Griviței nr. 64, București.



Homorodul Mare și Homorodul Mic. Culmile principale au în general aceeași orientare, înălțimile fiind mai mari în E, spre rama bazinului și scăzînd treptat spre valea Tîrnavei.

II. ISTORICUL CERCETĂRILOR

A) Cercetări geologice

Date despre regiunea studiată apar încă din primele sinteze asupra bazinului Transilvaniei, datorate lui Koch (1894 — 1900), și Böckh (1912).

Banya (1926) pune în evidență o structură anticinală ce se continuă de la Racoșul de Jos pînă la Lueta.

În 1927 Jekelius și Mrazec stabilesc în „Guide des excursions” trei mari unități tectonice în bazinul Transilvaniei: bordura strătelor necutate (de facies litoral), zona cutelor diapire și cuveta propriu-zisă cu domuri și brahianticlinale.

Szadeczký (1930) studiind conglomeratele tortoniene de la Comănești și Lueta și cele sarmatiene de la Odorhei, ajunge la concluzia că săint rezultatul distrugerii unor reliefuri ascunse.

Cercetările lui Ciupagă (1933) și Vancea (1938) săint sintetizate de Jekelius (1943) care confirmă caracterul de limită al tufurilor de Ghiriș (între Mediteranian și Sarmatianul inferior) și de Bazna (între Sarmatianul superior și Pliocen).

Cu studiul masivelor de sare de pe rama de E a bazinului Transilvaniei s-a ocupat Oncescu (1948—1949).

Ilie (1955) în lucrarea sa de sinteză asupra SE-ului bazinului Transilvaniei pune în evidență, în cadrul Tortonianului două niveluri de tuf dacitic (care ar reprezenta tuful inferior și tuful intermedian), descrie Sarmatianul ce se dezvoltă în bazinul văilor Homorod, separă din punct de vedere tectonic anticlinalele Mărtiniș — Cața — Rupea și Merești — Jimbor — Mercheașa.

În monografia sa asupra „Neogenului din Bazinul Transilvaniei” Vancea (1960) se referă și la regiunea cuprinsă între văile Homorodului Mare și Homorodului Mic.

Prin cercetări sedimentologice recente, completate cu studii petrografice, microfaciale și palinologice asupra găleșilor din conglomeratele de la Comănești (Codarcă — Dessila et al., 1965), s-a ajuns la concluzia existenței unui relief cu o constituție geologică complexă, situat



undeva în vestul și sudul actualei zone de dezvoltare a conglomeratelor tortoniene. Studiul petrografic al gălășilor a permis identificarea unor roci cristalo-filiene asemănătoare celor din Carpații Meridionali și Carpații Orientali, arătând continuarea acestora în fundamentele bazinului Transilvaniei.

B) Cercetări geofizice

Cercetările geofizice anterioare cuprind lucrări gravimetrice, magnetice și seismice.

Cercetări gravimetrice de detaliu au fost realizate numai în regiuni învecinate, la N și la S de teritoriul la care ne referim noi (E s c a³, 1949 ; Ghiciu⁴, 1952).

În 1960, A i r i n e i⁵ a acoperit cu o lucrare gravimetrică și magnetică cu caracter regional o regiune largă situată spre E, care a cuprins și o parte a teritoriului cercetat de noi, ajungînd la concluzia că blocul cel mai ridicat al fundamentului se plasează pe rama de E a bazinului Transilvaniei, fiind reprezentat de anomalia de maxim gravimetric Ocland — E Odorhei, respectiv de anomalia negativă și tendință minimală magnetică ce-i corespunde.

Cercetări magnetice cu caracter regional au fost efectuate și de S u c i u⁶ (1953).

T e o d o r e s c u⁷ (1954) execută o serie de profile seismice în partea de E a regiunii în zona localităților Sînpaul și Ocland; orizontul reflectator — convențional — este situat la o adâncime de cca 750 m, iar imaginea obținută este oarecum surprinzătoare: pe un profil E — W ce trece peste masivul de sare de la Sînpaul este pusă în evidență o zonă sin-clinală.

³ A. E s c a. Măsurători gravimetrice în regiunea Odorhei—Sovata—Reghin. 1949, Arh. Com. Stat. Geol. București.

⁴ V. G h i c i u. Raport asupra lucrărilor de prospecțiune gravimetrică din regiunea Homorod—Brașov. 1952. Arh. Com. Stat. Geol. București.

⁵ S t. A i r i n e i. Prospecțiuni gravimetrice—magnetometrice în SE Transilvaniei. 1960. Arh. Com. Stat. Geol. București.

⁶ P. S u c i u. Raport asupra măsurătorilor magnetice regionale în Bazinul Transilvaniei (regiunea Brașov și Autonomă Maghiară). 1953. Arh. Com. Stat. Geol. București.

⁷ V. T e o d o r e s c u. Raport asupra măsurătorilor seismice reflecție. Regiunea Rupea. 1954. Arh. Com. Stat. Geol. București.



III. GEOLOGIA REGIUNII⁸

A) Stratigrafia

Regiunea este constituită din roci sedimentare și eruptive.

1. *Roci sedimentare*. Aparțin : Cuaternarului, Pliocenului, Miocenului (Sarmațian, Tortonian) și Cretacicului (Barremian—Aptian).

C r e t a c i e u l . Barremian—Aptianul este reprezentat prin calcare urgoniene care apar la zi pe o suprafață mică, pe versantul drept al văii Homorodului Mic, în dreptul comunei Merești.

M i o c e n u l . Tortonianul este bine deschis în axul anticlinalului diapir Mărtiniș—Sinpaul (care se continuă în S prin Orășeni—Cața) și pe flancul estic al sinclinalului Comănești.

Depozitele tortoniene sunt preponderent conglomeratice în bază (regiunea Comănești—Lueta), treeind la un facies marno-argilos cu intercalări de nisipuri și gresii friabile spre partea superioară (regiunea Odorhei). În complexul Tortonianului apar mai multe niveluri de tufuri dacitice : tuful de Perșani (= Dej), tuful intermediar și tuful superior. Masivele de sare sunt legate ca vîrstă de această formațiune, fiind situate deasupra tufului de Dej.

În regiunea descrisă, sarea apare la zi în sudul comunei Lueta, la Merești, în vestul comunei Mărtiniș și în Sinpaul, făcîndu-și cunoscută prezența și în alte puncte, prin numeroase izvoare sărate (Comănești, Aldea). La Mercheașa, la S de perimetrul cercetat de noi, un foraj a străbătut diapirul de sare de la suprafață pînă la adîncimea de 1.158 m.

Sarmațianul, reprezentat prin depozite de molasă, ocupă cea mai mare parte din regiune, fiind în concordanță de sedimentare cu Tortonianul. În zona Mărtiniș — Merești — Lueta, ca și pe interfluviul dintre Homorod și Tîrnava Mare, Sarmațianul se prezintă sub un facies psamitic cu strate groase de gresii friabile în alternanță cu conglomerate ale căror elemente sunt de origină carpatică, cu marne și argile cenușii.

Pliocenul constituie din conglomerate masive, gresii grosiere, marne, se dispune transgresiv și discordant peste formațiunile mai vechi. Bine dezvoltat, apare pe interfluviul Homorod — Tîrnava Mare.

Cuaternarul este reprezentat prin depozitele teraselor și aluviunile rîurilor Tîrnava și Homorodul Mare.

⁸ M. Dumitriu, Cristina Dumitriu, Victoria Zotta, Otilia Radu, Maria Chirițescu, Elena Crudu. Raport de prospecționi geologice pentru hidrocarburi, sare și săruri de potasiu în zona bazinului Transilvaniei cuprinsă între Tîrnava Mică și cursul superior al Oltului. 1961. Arh. Com. Stat. Geol. București.



2. Roci eruptive. Sunt reprezentate de aglomeratele andezitice ce acoperă discordant depozitele cretacice și neogene, ocupînd culmile cele mai înalte ale regiunii. Aglomeratele sunt constituite dintr-o masă tufitică care înglobează blocuri de andezite și tufuri cu dimensiuni variabile.

B) Tectonica

Cartarea geologică de suprafață a pus în evidență o serie de structuri tectonice orientate în general N – S, paralel cu rama bazinului.

Astfel, de la W către E au fost cartate : anticlinalul faliat Odorhei, anticlinalul Oțeni – Nicolești cu depozite sarmatiene în ax, sinclinalul Brădești – Văleni – Alexandrița în care se dezvoltă depozitele pliocene. Anticlinalul Mărtiniș – Rupea, situat în partea centrală a perimetrlui, faliat axial și deversat spre E, este alcătuit din formațiuni aparținînd Tor-tonianului și Sarmațianului. Sarea apare la zi sub forma de diapire în axul acestei cufe, la Mărtiniș și Sinpaul.

Ilie (1955) descrie structura anticlinală Merești – Jimbor -Mercheașa-Homorod. Cercetările ulterioare⁹ remarcă însă o dezvoltare monoclinală spre E a formațiunilor din zona Merești-Crăciunel.

În zona Mărtiniș-Merești-Lueta, cartarea geologică a pus în evidență un important plan de ruptură avînd caracterul unei falii verticale, în lungul căreia conglomratele tortoniene iau contact cu Sarmațianul. Ivirea cal-carelor urgoniene de la Merești și cea a masivului de sare Lueta, sunt localizate pe traseul acestei falii.

IV REZULTATELE CERCETĂRILOR GRAVIMETRICE

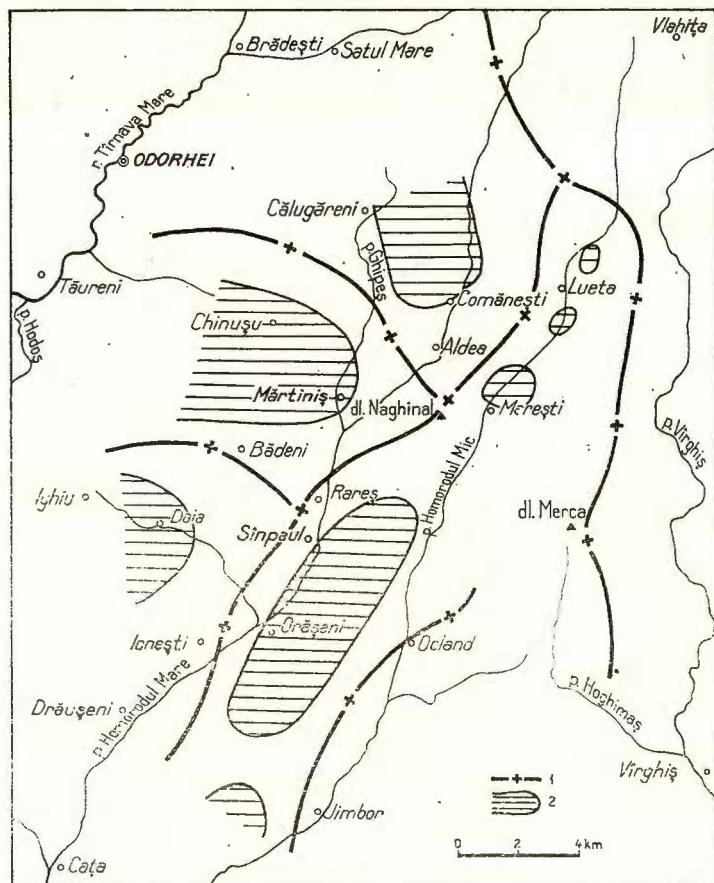
Lucrările gravimetrice de teren au fost executate în anul 1964 de către o formație de gravimetrie a Intreprinderii geologice de prospecțiuni, în scopul determinării dispoziției și formei masivelor de sare.

Prospecțiunea a avut un caracter de detaliu, iar rezultatele s-au concretizat într-o hartă gravimetrică Bouguer construită la nivel „absolut” și utilizînd ca parametru de calcul densitatea stratului intermedian de $2,20 \text{ g/cm}^3$.

Anomalia gravimetrică prezintă valori negative pe toată suprafața cercetată, cuprinse între -1 mgal în partea estică (dealul Merca) și -24 mgal în valea Tîrnavei, la S de Odorhei (vezi figura).

⁹ P. Bucur. Cercetări geologice în regiunea Saschiz–Lueta–Rupea. 1958. M.I.P.Ch – I.E.G. București.





Schița anomaliei gravimetrice din zona Mărtiniș—Sinpaș (Odorhei)

1. „ax de” maximum gravimetric; 2. zonă de minimum gravimetric.

Esquisse des anomalies gravimétriques de la zone de Mărtiniș—Sinpaș

(Odorhei)

1. axe de maximum de la pesanteur; 2. zone de minimum de la pesanteur.

În dealul Merca se situează apexul unei anomalii de maxim gravimetric, orientată aproximativ N—S, care se poate urmări prin nordul comunei Lueta pînă la E de comuna Satu Mare (fig. 1). La S de dealul Merca anomalia se divizează în două ramuri, una menținîndu-și direcția N—S pînă în pîrîul Hoghimaș, cealaltă, cu o direcție NE—SW, îndreptîndu-se prin Ocland—Jimbor spre estul comunei Mercheașa.

La W, o altă linie de maxim orientată NE—SW se poate urmări prin nordul comunei Lueta, dealul Noghimal, vestul comunei Sinpaș, continuîndu-se spre Ionești.

Între aceste linii de maxim gravimetric s-a pus în evidență o zonă de minim, de-a lungul căreia se închid o serie de anomalii de minim, cu extinderi și amplitudini variabile : Sînpaul (cca — 7 mgal), Merești (cca — 4 mgal), Lueta (—2 mgal). Pe fondul general al scăderii gravității de la W de linia de maxim Lueta — Sînpaul, apare o nouă serie de maxime și minime orientată perpendicular pe direcția amintită mai sus. Minimele ce se închid spre E, în dreptul localităților Comănești, Mărtiniș și Daia, au un caracter larg, rămînind deschise spre interiorul bazinului. Ele sunt separate de maxime gravimetrice cu același aspect.

V. INTERPRETAREA GEOLOGICĂ A ANOMALIILOR

Rezultatele măsurării densității rocilor din regiune efectuată pe probe de rocă, comparate cu datele din literatură (Constantinescu et al., 1964) au dus la următoarea imagine simplificată a distribuției acestui parametru : fundamentul (cuprinsind roci cristaline și depozite mezozoice) prezintă densitatea medie de $2,50 - 2,60 \text{ g/cm}^3$, formațiunile neogene, în medie, $2,20 \text{ g/cm}^3$; un loc aparte, în această succesiune, îl ocupă sareea, a cărei densitate este apropiată de $2,00 \text{ g/cm}^3$. Aglomeratele andezitice au o densitate medie sub $2,20 \text{ g/cm}^3$.

În urma acestor simplificări, contrastele principale de densitate, ce ar putea genera anomalii gravimetrice, sunt între fundamentul regiunii și depozitele sedimentare neogene ($+0,3 - +0,4 \text{ g/cm}^3$) și între sare și formațiunile adiacente ($-0,2 \text{ g/cm}^3$).

Contrastele de densitate care apar în cadrul cuverturii sedimentare, datorită variațiilor petrografice, nu sunt discutate în amănunt, pentru a putea prezenta o imagine structurală simplificată a subsolului regiunii.

Trăsăturile majore ale anomaliei gravității vor fi date deci de dispoziția fundamentului în raport cu sedimentele acoperitoare. Astfel, scăderea valorilor anomaliei, de la E spre W, este legată de coborîrea funda-mentului pe această direcție și implicit, îngroșarea cuverturii neogene.

Această coborîre nu se realizează uniform, fundamentul prezentând un relief cu creste și depresiuni alungite trădate în harta anomaliei gravimetrice prin linii anomale. Cea mai estică creastă pusă în evidență se află pe direcția Satu Mare — N Lueta — dealul Merca, de unde se împarte în două ramuri. O ramură, care păstrează direcția N-S, poate fi urmărită pînă în pîriul Hoghimaș, iar cealaltă se îndreaptă pe direcția NE-SW prin Crăciunel, Ocland, Jimbor spre estul comunei Mercheașa. O a doua

creastă, orientată NE–SW, se urmărește tot din nordul comunei Lueta, prin dealul Cetății (unde rocile fundamentului își fac apariția la zi în ivirea de calcare urgoniene), dealul Noghimal, Rareș, prin vestul comunei Sînpaul și Ionești. Între aceste două culmi paralele se găsește o depresiune, de forma unui jgheab alungit NE–SW, prezentând, în dreptul comunei Sînpaul, o tendință de curbare spre SSE.

Din creasta Lueta–Sînpaul–Ionești se desprind spre W culmi transversale care se afundă spre valea Tîrnavei Mari, pe direcțiile Aldea–Felicenii și Rareș–Bădeni, separând între ele depresiuni largi, care rămân deschise spre interiorul bazinului.

În toate aceste depresiuni au existat condiții pentru acumularea sării. Forma și mărimea acumulărilor reiese clar din imaginile lor gravimetrice, sarea manifestându-și prezența sub forma unor anomalii de minim, în general puțin extinse în suprafață.

În jgheabul Lueta–Sînpaul–Mercheașa acumulările de sare au un caracter diapir, sarea aflorind la Lueta, Merești, Sînpaul, Mercheașa. Minimele gravimetrice conturează bine masivele diapire putindu-se indica, pentru acumulările din estul comunei Sînpaul, dimensiunile aproximative de 8 km lungime și 2 km lățime. La Merești diapirul prezintă o formă aproximativ cilindrică, verticală, cu diametrul de 1,5 km. Acumulările din dreptul localității Lueta sunt de o importanță mai mică, depresiunea prezentând o tendință de închidere în nordul acestei localități.

În depresiunile largi din vestul culmii Lueta–Sînpaul–Ionești aspectul acumulărilor se schimbă radical. Minimele deschise larg către W arată acumulări groase de sedimente slab tectonizate, în care sarea prezintă o dispoziție conformă. Sarea își face însă apariția la zi pe rama depresiunii centrale, în vestul comunei Mărtiniș, semnalându-și prezența prin izvoare sărate atât în depresiunea de la N (Comănești) cît și în cea de la S (Dajia). Aspectul hărții gravimetrice nepermitează să presupunem acumulări importante de sare nici la Mărtiniș, nici la N în dreptul satului Comănești, explicând aceste apariții ca o migrare laterală a sării datorită diferenței dintre presiunea litostatică din centrul depresiunii (unde stiva depozitelor neogene se îngroașă mult) și rama ei.

VI. CONCLUZII

În urma celor expuse se pot trage cîteva concluzii de ordin tectonic.

1. Nu se pot lega în zone anticliniale masivele diapire de sare Mărtiniș–Sînpaul și Merești–Jimbor–Mercheașa. Singura zonă unitară



ținind seama de aspectul structural al masivelor de sare, ar fi pe linia Lueta—Merești—Sînpaul și mai la S în aceeași direcție, Mercheașa.

2. Zona cutelor diapire, pe această porțiune a marginii bazinului Transilvaniei, în accepția pe care o dau Jekelius și Mrazec acestei noțiuni, nu depășește spre W creasta de fundament N Lueta — dealul Cetății — W Sînpaul—Ionești.

3. Diapirismul masivelor de la Lueta, Merești, Sînpaul, Mercheașa este cauzat de strivirea acumulărilor de sare, datorită mișcărilor tectonice, între cele două proeminente ale reliefului fundamentalului.

4. În depresiunile largi care se deschid spre bazin, în vestul culmii Lueta—Sînpaul—Ionești, sarea are o dispoziție conformă, având însă posibilitatea acumulării în părțile marginale, mai ridicate, ale depresiunilor, printr-un fenomen de migrație laterală.

BIBLIOGRAFIE

- Banyai I. (1929) Vulcanii noroioși din județul Odorhei. *An. al Școalei norm. de învățători din Cristur, Cristurul Săcuesc.*
- Ciupagaea D. T. (1935) Nouvelles données sur la structure du bassin transylvain. *Bull. Soc. Roum. Géol.* II, București.
- Codarcea-Dessila Marcela, Dumitriu M., Dumitriu Cristina, Beju D. (1965) Observații privind localizarea și constituția geologică a reliefului îngropat de la Comănești. *Acad. R.P.R. Stud. Cerc. geol., geof., geogr., seria geologie*, 10/2, București.
- Constantinescu L., Botezatu R., Calotă C., Stefanlea V., Romanescu D., Paucă M., Gohn E. (1964). Prospecții geofizice. Ed. Tehnică, București.
- Ilie M. (1955) Cercetări geologice în Bazinul Transilvaniei. *An. Com. Geol.* XXVIII, București.
- Jekelius E., Mrazec L. (1927) Aperçu sur la structure de bassin néogène de Transylvanie et sur ses gisements de gaze. *Guide des excursions*, București.
- Koch A. (1900) Die Tertiärgebilde des Beckens der Siebenbürgischen Landesteile, II Neogene Abteilung. *Herausgegeben von d. ungar. geol. Gesellsch.*, Budapest.
- Onicescu N. (1952) Ridicări geologice în regiunea cutelor diapire din județul Odorhei (1948—1949). *D.S. Inst. Geol. Rom.* XXXVI, București.
- Vancea A. (1938) Contributions à l'étude géologique de la formation à gaze de la cuvette transylvaine. *An. Inst. Geol. Rom.* XIX, București.
- (1960) Neogenul din Bazinul Transilvaniei. *Bibl. de Geol. și Pal.* VI. București.



PRÉCISIONS TECTONIQUES DANS LA ZONE DE MĂRTINIS SÎNPAUL (DISTRICT D'ODORHEI) BASÉES SUR DES RENSEIGNEMENTS GRAVIMÉTRIQUES

(Résumé)

Utilisant les résultats d'une prospection gravimétrique détaillée, associés aux recherches géologiques et hydrogéologiques dans la région comprise entre les localités : Odorhei, Lueta, Virghiș, Jimbor, Drăușeni situées dans le SW des Monts Harghita, on a pu obtenir une nouvelle image tectonique du relief du soubassement, de la forme et de la disposition de certaines accumulations à sel.

À la constitution lithologique de la région participent des formations sédimentaires appartenant au Crétacé, Miocène et Pliocène ainsi que des formations éruptives (tufs et agglomérats andésitiques). La présence du sel se rattache aux dépôts tortoniens ; celui-ci affleure à Lueta, Merești, Mărtiniș et Sîn paul. Le levé géologique a mis en évidence une série de plis orientés N—S, parallèles au bord du bassin, dont le plus important est l'anticlinal diapir de Mărtiniș-Cața.

Les résultats de la prospection gravimétrique sont concrétisés dans une carte Bouguer construite à un niveau absolu, utilisant comme paramètre de calcul la densité de $2,20 \text{ g/cm}^3$ de la couche intermédiaire. L'anomalie gravimétrique présente des valeurs négatives sur toute la surface qui a fait l'objet de ces investigations, comprises entre -1 mgal dans la partie orientale (colline Merca) et -24 mgal sur la vallée de la Tîrnava au S d' Odorhei.

Sur le fond général de l'abaissement de la gravitation ont été mises en évidence toute une série de lignes de maximum orientées N—S (N de Lueta—colline Merca—ruisseau d'Hăghimaș avec une ramification vers Oeland—Jimbor et N de Lueta—colline Noghimal—Ouest de Sîn paul—Ionești) séparées par une zone de maximum le long de laquelle se closent une série d'anomalies de minimum à Lueta (-2 mgal) Merești (-4 mgal), Sîn paul (-7 mgal). À l'Ouest de la ligne de maximum de Lueta—Sîn paul apparaît une nouvelle série de maximum et de minimum, ayant un caractère de largeur, orientés Est—Ouest. Les minimums restent ouverts vers l'intérieur du bassin.

On considère que les principaux contrastes de densité capables de générer des anomalies gravimétriques se situent entre le soubassement de la région et les dépôts sédimentaires néogènes ($0,30—0,40 \text{ g/cm}^3$) ainsi que entre le sel et les formations sédimentaires ($-0,20 \text{ g/cm}^3$).



Les traits majeurs de l'anomalie gravimétrique sont dus aux relations entre le soubassement et les sédiments recouvrants. L'abaissement de la valeur de l'anomalie à partir de l'est vers l'Ouest est dû à l'affaissement du soubassement dans cette direction. Mais l'affaissement n'ayant pas eu lieu de manière uniforme, le soubassement présente un relief à crêtes allongées trahies dans les anomalies gravimétriques par des lignes anomales.

La plus orientale crête, dirigée nord-sud, est mise en évidence en direction Satu Mare—N Lueta-colline Merca-ruisseau Hăgħimaš, avec une ramification vers le SW, traversant Crăciunel-Jimbor.

La seconde crête N—S peut être poursuivie à partir du N de la commune de Lueta, à travers la colline Cetăți, la colline Noghimal, Ouest de la commune Sînpaul.

Entre ces crêtes parallèles il y a une dépression allongée.

De la crête de Lueta-Sînpaul se détachent vers l'Ouest des crêtes transversales qui s'affaissent vers la vallée de la Tîrnava. Celles-ci séparent de larges dépressions qui restent ouvertes vers l'intérieur du bassin.

Dans toutes ces dépressions il y a eu des conditions favorables aux accumulations en sel. La forme des accumulations est différente. Dans le couloir de Lueta—Sînpaul—Mercheașa, le sel apparaît dans des noyaux diapirs tandis que dans les dépressions larges situées à l'Ouest, le sel a un caractère conforme. Le diapirisme du sel de la dépression de Lueta—Sînpaul—Mercheașa est dû en l'écrasement du sel entre les deux crêtes du soubassement. Les accumulations conformes situées à l'Ouest appartiennent au bassin de la Transylvanie.





Institutul Geologic al României

LUCRĂRI EXPERIMENTALE GRAVIMETRICE—MAGNETOMETRICE PENTRU PROSPECTAREA BAUXITEI DIN PĂDUREA CRAIULUI (SECTOARELE CORNETU ȘI ZECE HOTARE)¹

DE

ȘTEFAN AIRINEI, GEORGETA VELCESCU²

Abstract

Gravimetric-magnetometric Experimental Works for Bauxite Prospecting in the Pădurea Craiului Area (Cornetu and Zece Hotare). The adaptation of the standard working method to the specific character of the objects, the analysis of physical parameters of the rocks within the region investigated, the geographical results which have been obtained and their geological interpretation are expounded. The conclusion is reached and namely, the deposit conditions of the bauxite accumulations noticeably reduce the possibilities of gravimetric and magnetometric methods for prospecting. Some results may be interpreted as effects of bauxite accumulations. As a matter of fact, in most cases they are the effects of more deep-seated geological sources disturbing geological bodies that underlie the bauxites.

INTRODUCERE

În scopul stabilirii posibilității de aplicare a prospecțiunii conjugate gravimetric-magnetometrice pentru conturarea corpurilor de minereu bauxitifer din Pădurea Craiului (sectoarele Cornetu și Zece Hotare), s-au întreprins lucrări experimentale, prin care — în cadrul unei metodici adecvate condițiilor geologice și de zăcămînt ale acestui minereu — s-a urmărit modul de manifestare și gradul de evidențiere a efectelor gravimetriche și

¹ Sustinută în ședința de comunicări științifice a Institutului de geofizică aplicată din 12 februarie 1968.

² Institutul de geofizică aplicată. Sos. Kiseleff nr. 55. București.



magnetice produse de masele de bauxită prezente în subsolul imediat al regiunii ³.

Geografic, perimetru prospectat este situat în partea de NW a Munților Apuseni, la sud de Crișul Repede, în zona localităților Cornetu și Zece Hotare, de o parte și de alta a șoselei Aleșd – Aștileu – Zece Hotare. Morfologic, regiunea se prezintă ca un platou brăzdat de văi și depresiuni adânci, care-i conferă un aspect colinar, dominat adesea de forme de relief puternic accidentat.

Seurtă descriere geologică. Masivul Pădurea Craiului a fost intens cercetat prin lucrări geologice de cartare, prospectare și explorare pentru bauxite.

Coloana stratigrafică tip, corespunzătoare perimetrelor lucrării experimentale – sintetizată după P a t r u l i u s (1956) și P a p i u et al. (1967 a) – este relativ simplă. Termenul din bază aparține Jurasicului superior, reprezentat prin calcare cenușii stratificate cu accidente silicioase și, prin calcare albe masive cu o faună caracteristică pentru Tithonic. Exondat și supus eroziunii, acest termen calcaros ajunge să aibă un relief carstic deosebit de pronunțat.

Al doilea termen este Neocomianul. El este constituit din acumulări de bauxită (cantonate în golurile carstice de la suprafața calcarelor termenului din bază, jurasic – superioare) și din orizonturi de calcare negre, brune, cenușii acoperite de un complex marno-grezos și de un complex detritic, format din gresii și marne roșii. Al treilea termen este format din depozite eluvio-aluvionare decalcificate, rezultate din dezagregarea materialului bauxitic și calcaros. Studii recente au stabilit că, depozitele acestui termen sunt caracteristice domeniului zăcămintelor de bauxite, motiv pentru care au și fost denumite „lehm bauxitifer” (P a p i u et al., 1967 b). Ceea ce le caracterizează este frecvența fragmentelor de bauxită, argilă și calcar. Origina lor este glaciără și post-glaciară; ca vîrstă, se încadrează la finele Neogenului și în Cuaternar.

Geneza bauxitei – interesantă de cunoscut pentru alegerea metodei geofizice de prospectare – constituie o problemă viu controversată în literatura de specialitate. Zăcămintele de bauxită din carstul bihorean au fost considerate pe rînd de origină hidrotermală, metasomatică sau rezi-

³ La baza lucrării stă materialul inițial (text, tabele, hărți și secțiuni geologice – profile geofizice) cuprins în raportul „Cercetări experimentale geofizice (gravimetrice-magnetometrice) de prospectare a bauxitelor din regiunea Pădurea Craiului (sectoarele Cornetu și Zece Hotare)”. 1966. Arh. I.G.A. București.



duală. În ultimii ani, datorită cercetărilor complexe efectuate în cadrul Institutului geologic al Comitetului de Stat al Geologiei, s-a fundamentat teoria „precipitării din soluții”, care leagă formarea bauxitei de alterarea superficială a rocilor eruptive și metasomaticice și, de precipitarea simultană a ionilor de Al, Fe și Ti, în regiunile calcaroase cu un pH corespunzător. Alternarea mineralelor aluminoase ar fi avut loc într-un mediu acvatic acid, iar soluțiile, transportate uneori la distanțe mari, s-au depus atunci cind au fost realizate condițiile favorabile procesului de precipitare în contact cu apele carstice (P a p i u et al., 1967 a ; 1967 b).

Lucrări geofizice anterioare. Primele măsurători geofizice magnetice, din regiunea carstului bihorean au fost realizate de Bărbat (1952). Măsurările sale sunt distribuite pe cîteva profile transversale pe lentile de bauxită. Rezultatele acestor măsurători, judicios interpretate în termeni geologici, nu au fost de natură să încurajeze prospectiunea magnetometrică pentru bauxită.

În perioada 1961 — 1964, Comitetul de Stat al Geologiei a întreprins prospectiuni magnetometrice de mare detaliu pentru bauxite, care au acoperit o bună parte din zonele carstice lipsite de înveliș neocomian. Hărțile magnetice întocmite conțin numeroase anomalii locale care au fost atribuite fie lehmului bauxitifer în facies local cu concentrații de oxizi de fier, fie lentilelor de bauxite din perimetrele neacoperite sau acoperite cu o placă subțire de calcare neocomiene. Anomaliiile mai importante, propuse pentru explorare, au condus numai parțial la rezultate favorabile. Autorul prospectiunii ⁴ ajunge la concluzia că rezultatele magnetice sunt neconcludente și recomandă ca metodă eficientă de prospectare „forajul de mică adâncime”. Ceea ce surprinde este faptul că nu au fost recoltate probe de roci din regiune și deci nu s-au întreprins determinări de susceptibilitate magnetică, care ar fi condus la o interpretare geologică mai strînsă și mai documentată din punct de vedere fizic.

Lucrările magnetice de recunoaștere din Munții Apuseni (Șt. A i r i n e i et al., 1960) au cuprins și masivul Pădurea Craiului. Cele cîteva profile regionale arată desfășurarea calmă a cîmpului magnetic și lipsa unor anomalii cu un grad mai ridicat de regionalitate ⁵.

⁴ Gloria Rădulescu. Prospectiuni magnetometrice pentru bauxite în Munții Pădurea Craiului. 1961—1964. Arh. Com. Stat. Geol. București.

⁵ Ulterior încheierii lucrării prin raportul final și chiar în urma redactării textului prezentării comunicări, s-a luat cunoștință că, în perimetrul Cornetu, au fost executate anterior, în anul 1963, măsurători gravimetriche de-a lungul citorva profile (autor J. Andrei).



METODICA DE LUCRU

Aparate geofizice folosite. Măsurările geofizice complexe au fost executate cu două gravimetre (Sharpe C 177 și Nörgaard TNK 1452) și două variometre magnetice verticale tip Fanselau (60/284 ; 62/177). Măsurările gravimetrice, în rețea de prospectare, au fost realizate integral cu gravimetru Sharpe ; legăturile între bazele rețelei de prospectare și legarea acesteia la rețea națională de ordinul II au fost realizate cu ambele gravimetre.

Rețele măsurate. Documentația geologică pusă la dispoziție de I. G. E. X., pentru experimentarea propusă, a permis alegerea perimetrelor de lucru și a lentilelor de bauxite mai caracteristice din sectoarele Cornetu și Zece Hotare. „Forajul de mică adâncime” practicat în aceste sectoare, ca metodă de prospectare a bauxitei, a conturat un număr important de acumulări de bauxite, determinându-le adâncimea, forma, grosimea și extinderea. Aceste caracteristici geometrice variază în limite foarte largi. Din multimea de coruri bauxitifere, cunoscute pe această cale, au fost alese un număr de opt lente care aparțin la condiții variate de adâncime, grosime, extindere în suprafață și condiții geologice de zăcămînt. Pentru aceste lente au fost proiectate șase rețele geometrice, în cadrul căror, pe teren, s-au efectuat măsurările gravimetrice și magnetice corespunzătoare. Latura rețelelor s-a fixat la 10 m deasupra lentilelor de bauxită și la 20 m, în afara lor (rețelele au avut o extindere pînă la 50 – 60 m în afara limitelor lentiilor).

Tehnica măsurătorilor de teren. În sectoarele Cornetu și Zece Hotare s-a fixat și s-a măsurat cîte o stație de bază centrală, multiplu legată fiecare de rețelele naționale (gravimetrică și magnetică). Profilul median al fiecarei rețele, legat de stațiile de bază centrale, a devenit profil de bază pentru întreaga rețea. Măsurările gravimetrice și magnetice pe profile, s-au executat prin metoda „dus-întors”. Durata unui ciclu nu a depășit 2 – 3 ore.

Precizia măsurătorilor gravimetrice a permis întocmirea de hărți, pentru anomalia Bouguer cu izolinii la echidistanță de 0,2 mgal și pentru variația componentei magnetice verticale cu izolinii la echidistanță de 5γ. Pentru ilustrarea gradului de precizie a măsurătorilor geofizice, menționăm ca exemplu, ordinul de mărime al înciderilor pe cicluri : 0,00 mgal pentru



99% și 0,01 – 0,02 mgal pentru 1% cicluri gravimetrice; de la zero la $\pm 3\gamma$, pentru ciclurile magnetice⁶.

Reduceri aplicate măsurătorilor geofizice. Reducerile standard, aplicate măsurătorilor gravimetrice (reducerea de elevație, reducerea de relief, reducerea de cîmp normal) au fost determinate cu maximum de acurateță.

Valoarea reducerii de teren — evaluată pentru fiecare punct măsurat pînă la distanța de 20 km⁷ — este cuprinsă între 0,20 și 1,60 mgal. Ori, aceste cantități reprezintă, după cum vom vedea, efecte extrem de mari în comparație cu efectele pe care le aşteptăm de la acumulările de bauxită. De aici reiese că evaluarea cu un grad mic de precizie a reducerii de teren, poate introduce erori care conduc la construirea unei hărți gravimetrice lipsită de semnificație geologică.

Reducerea de variație diurnă, aplicată măsurătorilor magnetice, a fost determinată pe teren cu ajutorul unui variometru magnetic vertical, de același tip cu instrumentul cu care s-au efectuat măsurătorile

⁶ Raportul citat, al lucrării experimentale, conține analiza erorilor de măsurătoare și de determinare a reducerilor geofizice, din care rezultă justificarea întocmirii hărților cu izolinii la echidistanțele menționate.

⁷ Necesitatea evaluării reducerii de relief topografic pînă la 20 km, pentru fiecare stație, pe hărți precise și la scări mari (cel puțin pentru sectoarele pînă la 5 km), reiese din tabelul 1, unde sunt înregistrate — pentru un profil median al unei rețele măsurate — valorile corespunzătoare acestei reduceri, grupate pe intervalele : 0 – 100 m (determinate direct prin măsurători topografice pe teren), 100 m – 5 km (evaluate pe hărți Gauss la sc. 1 : 25.000 și 5 – 20 km (evaluate pe hărți Gauss la sc. 1 : 100.000). Eroarea de determinare a reducerii de relief topografic stabilită prin repetarea operațiilor de citire pe hărți a cotelor medii ale sectoarelor, este de pînă la 0,05 mgal.

TABELUL 1

Nr. stației	Cota (m)	Valori grupate ale reducerii de relief			Valoarea totală (mgal)
		0 – 100 m	100 m – 5 km	5 km – 20 km	
1	591	0,139	0,687	0,200	0,887
5	605	0,047	1,112	0,305	1,417
6	606	0,039	1,206	0,203	1,409
10	603	0,068	0,902	0,204	1,106
20	577	0,125	0,484	0,172	0,656
23	570	0,136	0,362	0,208	0,570
25	564	0,138	0,434	0,156	0,590

Este util să se compare variația valorilor reducerii de relief, pe grupe, de la o stație la alta, amplitudinea acestei variații și a se paraleliza apoi aceste valori cu acele din tabelul de valori sintetizate în figura 9.



propriu-zise, în rețelele de prospectare. Aparatul, pus zilnic în aceiași stație, a furnizat curba de variație diurnă, prin citiri făcute din sfert în sfert de oră de un același operator (cu o precizie de măsurare de $\pm 1\gamma$).

Ulterior, curbele de variație diurnă obținute pe teren au fost comparate cu cele înregistrate la Observatorul geomagnetic de la Surlari. Observațiile care au decurs din această comparație vor face obiectul unei prezentări separate. Menționăm doar faptul că, diferențele relative între aceste două serii de înregistrări — aduse, inițial, în situația de comparabilitate — sunt cuprinse între -3γ și $+24\gamma$. De aici apare clar pericolul ce urmează la construirea hărții magnetice corespunzătoare la regiuni cu roci ale căror efecte magnetice sunt cartate prin anomalii de slabă intensitate. Consecința este evidentă: imaginea magnetică va fi, cel puțin parțial, lipsită de semnificație geologică. De aici decurge aprecierea că, în asemenea regiuni, este necesar ca realizarea corectăilor de variație diurnă să se facă prin înregistrări în perimetru supus prospectării.

PROPRIETĂȚI FIZICE ALE ROCILOR DIN REGIUNEА PROSPECTATĂ

Studiul gravimetric și magnetic al corpurilor de bauxită din Pădurea Craiului implică prin natura cauzei perturbatoare, nu numai o perfectă informare asupra condițiilor geologice și asupra parametrilor geometrii ai acumulărilor, dar și o corectă cunoaștere a parametrilor fizici, densitatea și susceptibilitatea magnetică, din care decurge cunoașterea contrastelor de densitate și de intensitate de magnetizare existente pe suprafețele limită ale formațiunilor geologice din substratul regiunii.

De aceea, în vederea măririi eficienței interpretării rezultatelor geofizice în termeni geologici, concomitent cu lucrările de teren, au fost colectate un număr de 409 probe de lehm, calcare și bauxite, din puțurile, forajele și deschiderile existente pe profilele măsurate. Obținerea acestui material s-a realizat în bună parte cu concursul șantierului I.G.E.X. Aștileu, prin amabilitatea geologului Gr. J. A. C. O. T. ă, iar determinarea densității și susceptibilității magnetice s-a efectuat la laboratorul de analize al Întreprinderii geologice de prospecții a Comitetului de Stat al Geologiei.

Valorile obținute pentru densitate și susceptibilitate magnetică sunt prezentate sintetic în tabelul 2.

După valorile medii de densitate se disting două limite de contrast de densitate: prima, între lehm bauxitifer/calcare neocomiene, de $-0,45 \text{ g/cm}^3$; a doua, între bauxită/calcare tithonice, de $0,50 \text{ g/cm}^3$. Densitatea medie a calcarelor tithonice și a calcarelor neocomiene este aceeași; acesta este motivul pentru care în tabelul 1 nu s-a făcut区别 între valorile



TABELUL 2

Lentila	Nr. eșan-	Densitatea (g/cm.c)			Susceptibilitatea (10^{-8} uem)		
		Bauxite	Calcare	Lehm	Bauxite	Calca- re	Lehm
I	61	2,92–3,40	2,53–2,73		7,87–14,4	0	
II	49	2,89–3,32	2,57–2,71		4,99–13,1	0	
III	97	2,82–3,39	2,59–2,71	1,88–2,30	5,72–33,9	0	6,60–34,9
IV	117	2,90–3,24	2,56–2,73		7,30–15,1	0	
V	85	2,93–3,45	2,62–2,70		7,70–13,4	0	
Valori medii aritmetice		3,15	2,65	2,20	10,65	0	16,9

de densitate obținute separat pentru aceste două categorii de calcar. Urmează că harta gravimetrică va evidenția, în principal, efecte gravimetrice produse de contrastele de masă lehm/calcare și calcare/bauxite. Prin urmare, depozitele geologice aparținând la calcarele neocomiene/calcarele tithonice, lipsite de contrast de masă, nu pot fi surse de anomalii gravimetrice.

Referitor la susceptibilitatea magnetică se remarcă un singur contrast pozitiv: între lehmul bauxitifer sau bauxite pe de o parte și depozitele de calcare pe de altă parte. Atrage atenția faptul că valorile de susceptibilitate magnetică ale lehmului și ale bauxitei variază aproximativ între aceleași limite, ba uneori lehmul prezintă valori ceva mai mari, ceea ce contribuie substanțial la dificultatea interpretării anomalilor magnetice înregistrate.

PREZENTAREA REZULTATELOR GEOFIZICE

a) **Hărți geofizice.** Rezultatele geofizice sunt prezentate sub forma de hărți ale anomaliei Bouguer (calculată pentru valorile de densitate 2,20 și $2,65 \text{ g/cm}^3$) și a imaginii componentei magnetice verticale (ΔZ). Harta anomaliei Bouguer, calculată pentru densitatea unică $2,20 \text{ g/cm}^3$, conține efecte intense de relief, motiv pentru care este de neutilizat în interpretarea finală a rezultatelor.

Vom descrie patru fragmente din hărțile întocmite pentru rețelele măsurate, și anume, acelea care conțin rezultatele cele mai caracteristice.

Harta gravimetrică și magnetică pentru lentila 65 din rețea II (fig. 1). Rețeaua II cuprinde lentila 65, de mică extindere, situată spre limita de SE a plăcii neocomiene din sec-



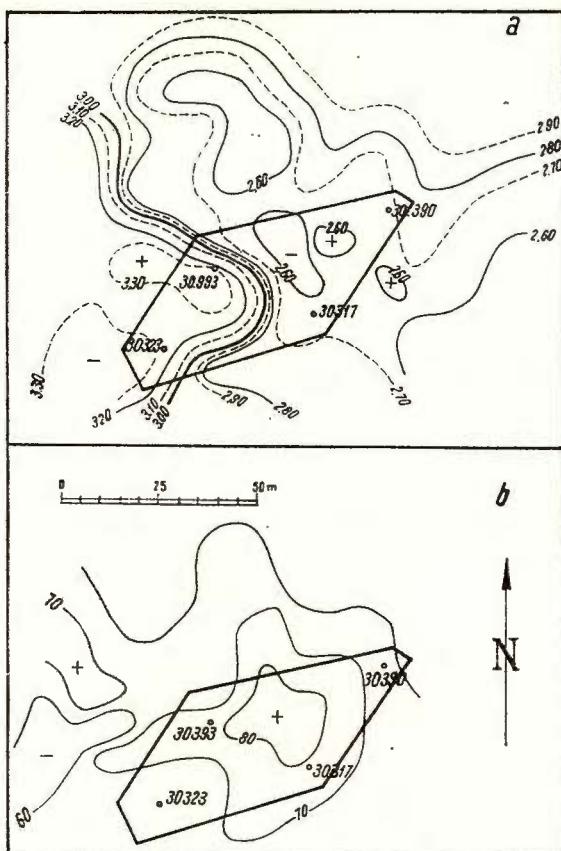


Fig. 1. — Anomalia locală gravimetrică (a) și anomalia compoñentei magnetice verticale (ΔZ) (b), pentru rețeaua II (lentila 65) din sectorul Cornetu.

L'anomalie locale gravimétrique (a) et l'anomalie de la composante magnétique verticale (ΔZ) (b) pour le II^e réseau (lentille 65) du secteur de Cornetu.

torul Cornetu, la o adîncime medie de 30 m. Efectul gravimetric cartat marchează o zonă de maxim și o zonă de minim cu intensități pînă la 0,30 mgal. Ambele zone se suprapun parțial pe aria corpului bauxitifer.

Harta magnetică a acestei rețele înregistrează o anomalie de maxim, de aproximativ 10 γ , care acoperă aria lentilei 65 și prezintă unele ramificații ce depășesc limitele ei.

Harta gravimetrică și magnetică pentru lentila 68 din rețeaua III (fig. 2). De fapt, rețeaua III acoperă

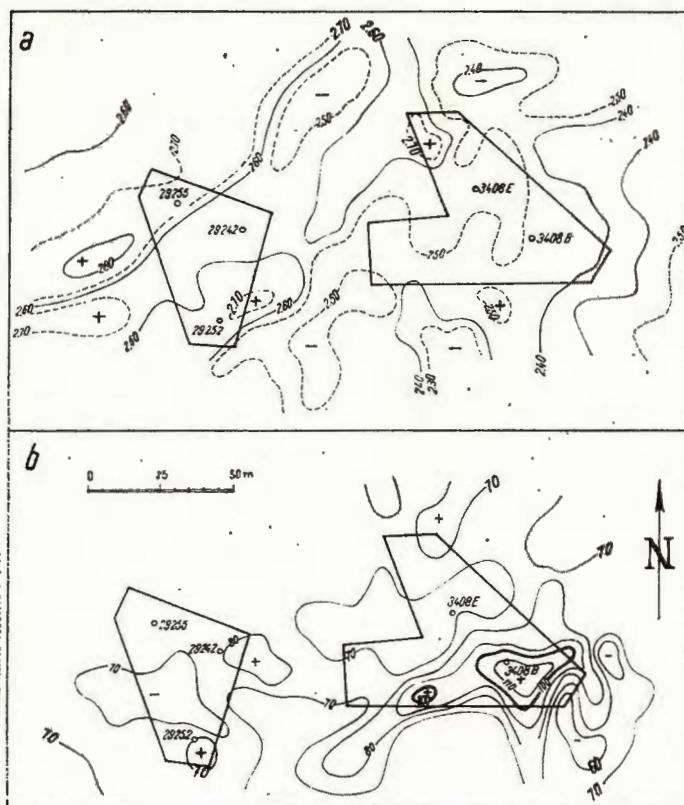


Fig. 2. — Anomalia locală gravimetrică (a) și anomalia componentei magnetice verticale (ΔZ) (b), pentru rețeaua III (lentilele 68 și 67) din sectorul Cornetu.

L'anomalie locale gravimétrique (a) et l'anomalie de la composante magnétique verticale (ΔZ) (b) pour le III^e réseau (lentilles 68 et 67) du secteur de Cornetu.

lentilele de bauxită 67 și 68. Lentila 68 se află la adâncimea de 13 m; lentila 67, la 53 m.

Imaginea gravimetrică reflectă un mozaic de anomalii locale de maxim și de minim, de slabă intensitate (valori cuprinse între 0,10 și 0,30 mgal). Nu se poate face o corelare între anomaliiile locale cartate și corpurile bauxitifere ilustrate pe hartă prin contururile lor geologice.

Harta magnetică prezintă o imagine magnetică complexă. La prima vedere s-ar părea că intensitatea efectului magnetic înregistrat scade cu adâncimea de zăcămînt a bauxitei.

În partea de SE a lentilei 68, care se află la o adâncime de numai cîțiva metri sub placa de Neocomian, sînt înregistrate valori anomale pînă la 40γ . Mergînd spre vest, odată cu creșterea adâncimii la lentilă, valorile scad, pentru ca pe lentila 67 să devină nesemnificative.

Harta gravimetrică și magnetică pentru lentila 70 din rețeaua V (fig. 3). Rețeaua V acoperă lentila de bauxită 70. Adâncimea lentilei este de aproximativ 30 m.

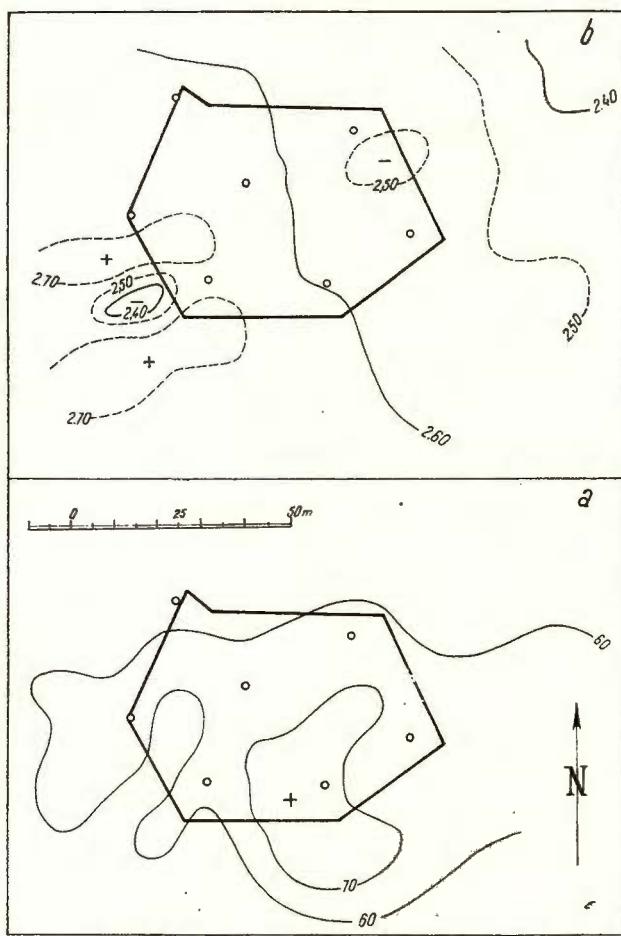


Fig. 3. — Anomalia locală gravimetrică (a) și anomalia componentei magnetice verticale (ΔZ) (b), pentru rețeaua V (lentila 70) din sectorul Cornetu.

L'anomalie locale gravimétrique (a) et l'anomalie de la composante magnétique verticale (ΔZ) (b), pour le V^e réseau (lentile 70) du secteur de Cornetu.

Imaginea gravimetrică reflectă efecte neînsemnate; doar spre extremitatea de SW a rețelei apare un grup de trei anomalii, orientate W—E, constituit dintr-un minim central flancat la N și la S de cîte un maxim. Întregul grup ieșe mult în afara conturului lentilei de bauxită.

Pe harta magnetică se conturează un maxim centrat pe limita sudică a corpului bauxitifer. Intensitatea anomaliei este de cca 20 γ. Limitele anomaliei magnetice sunt mult extinse în afara conturului lentilei, ceea ce poate conduce la interpretarea că anomalia însumează efecte provenite și de la masa bauxitiferă și de lehmul bauxitifer.

Harta gravimetrică și magnetică pentru rețeaua VI (sectorul Zece Hotare) (fig. 4). În sectorul Zece Hotare condițiile geologice sunt mai favorabile prospecțiunii gravimetrice și magnetice pentru acumulările de bauxite, datorită lipsei plăcii acoperitoare de calcare neocomiene. Bauxitele din acest sector sunt acumulate în dolinele calcarelor tithonice, fiind acoperite doar la suprafață cu un strat de lehm bauxitifer de grosimi variabile.

Lentila de bauxită cercetată în rețeaua VI este cunoscută geologic din puțurile de explorare 60 S și 3251 B.

Anomalii gravimetrice locale înregistrate de harta anomaliei Bouguer, nu se deosebesc cu nimic de cele obținute în sectorul Cornetu. Aceeași sistem de anomalii de maxim și de minim cu intensități cuprinse între 0,10 și 0,40 mgal, anomalii orientate oricum și necorelabile cu acumulările cunoscute, este prezent și pe această hartă.

Harta magnetică realizată pentru acest sector este și ea asemănătoare cu cele obținute în sectorul Cornetu; înregistrează anomalii locale de maxim și de minim cu intensități cuprinse între -20 și +40 γ. Anomalia centrală de maxim ar putea reflecta o parte din corpul lentilei de bauxită.

b) **Sectiuni geologice și profile geofizice.** Deoarece hărțile geofizice nu conduc la rezultate concluzante, s-a considerat utilă întocmirea de secțiuni geologice de-a lungul aliniamentelor centrale ale rețelelor măsurate. Secțiunile geologice sunt întocmite cu ajutorul coloanelor stratigrafice ale forajelor executate în rețeaua de prospectare și apoi de explorare, pe lentilele de bauxite interceptate⁸. Forma trasată a lentilelor de bauxită nu corespunde întru totul situației reale de zăcămînt. Limitele lentilelor au fost trasate prin generalizarea limitelor geologice furnizate de „forajul de mică adâncime”. În realitate, suprafețele de contact între bauxite și calcarele tithonice din bază sau calcarele neocomiene, respectiv lehmul bauxitifer, sunt extrem de neregulate datorită formelor sculpturale, carstice, dominante în regiunea masivului Pădurea Craiului.

⁸ Gr. J acotă. Raport geologic asupra lucrărilor de explorare pentru bauxite în regiunea Pădurea Craiului executate în anii 1962—1965. Arh. I.G.E.X. București.

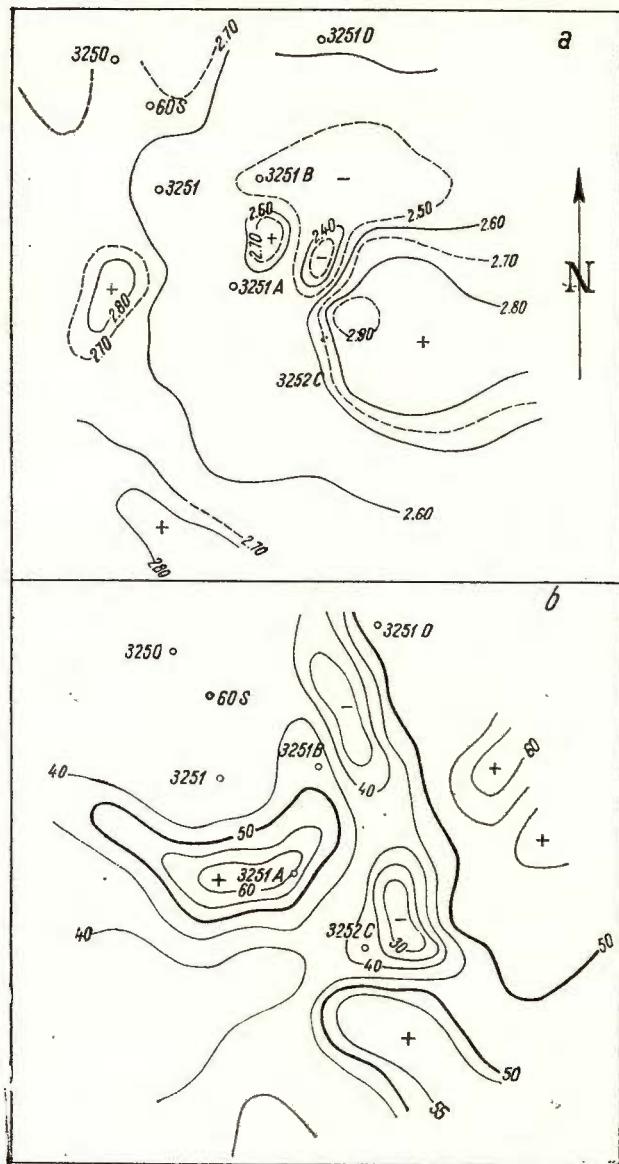


Fig. 4. — Anomalia locală gravimetrică (a) și anomalia componentei magnetice verticale (ΔZ) (b) pentru rețeaua din sectorul Zece Hotare.

L'anomalie locale gravimétrique (a) et l'anomalie de la composante magnétique verticale (ΔZ) (b) pour le réseau du secteur de Zece Hotare.

Pentru fiecare secțiune gologică au fost figurate următoarele profile geofizice: anomalia Bouguer calculată pentru densitățile unice 2,20 și 2,65 g/cm³; variația componentei magnetice verticale ΔZ ; variația anomaliei gravimetrice locale eliberată de efectul lehmului bauxitifer (calculată din reducerea de strat intermediar, raportată la nivelul zero al

hărții anomaliei Bouguer, nivel situat la înălțimea cotei minime din regiunea cercetată, pentru contrastul negativ de densitate, dintre lehm și calcarele neocomiene, de $-0,45 \text{ g/cm}^3$; efectele gravimetrice determinate separat pentru lehm și pentru bauxită cu ajutorul diagramei reticulare, corespunzător contrastelor de densitate existente între aceste formațiuni și depozitele calcaroase.

Analizarea secțiunilor geologice și a profilelor geofizice corespunzătoare a permis o mai bună corelare între formațiunile geologice din regiunea cercetată și rezultatele geofizice măsurate sau calculate, respectiv o mai justă atribuire a efectelor geofizice la cauzele geologice care le-au produs.

Secțiunea geologică și profilele geofizice corespunzătoare rețelei II (fig. 5). Suprafața morfologică de-a lungul acestei secțiuni geologice are un relief domol. Pe verticala secțiunii se succed: un strat de lehm bauxitifer de 5–10 m grosime, placa de calcar neocomiene puternic erodată la partea superioară și cu grosimi între 10 și 30 m, lentila de bauxită instalată într-o dolină a calcarului tithonic și calcarul neocomian. Grosimea lentilei de bauxită variază între 20 și 30 m.

Profilele anomaliei Bouguer marchează o tendință maximală, de cca 0,15 mgal, în dreptul extremității de NW a lentilei și o tendință de minim, de peste $-0,50 \text{ mgal}$, către extremitatea de SE.

Profilul componentei magnetice verticale (ΔZ) prezintă un minim în partea de NW a secțiunii geologice și un maxim către SE, corespunzător zonei de maximă îngroșare a acumulării de bauxită.

Profilul Δg al anomaliei locale, eliberată de efectul lehmului bauxitifer, prezintă variații cuprinse între 0,06 și 0,23 mgal.

Profilele Δg calculate separat pentru lehm și pentru bauxită, înregistrează, primul, un minim cu valori care variază între 0,04 și 0,21 mgal și secundul, un maxim cu valori între 0,05 și 0,15 mgal. În această situație, efectul lehmului anulează complet efectul bauxitei, iar prospecțiunea gravimetrică, în ipoteza absenței altor contraste mai puternice, ar fi trebuit să înregistreze efectul compensat al celor două surse perturbante, adică un minim de cca $-0,08 \text{ mgal}$.

Deoarece profilul anomaliei Bouguer prezintă totuși un maxim central și un minim intens spre extremitatea de SE a secțiunii, rezultă că este de suspectat prezența altor contraste de densitate pozitive și negative în raport cu calcarele tithonice cu valori mai mari, contraste situate la un nivel inferior depozitelor geologice figurate de secțiunea geologică cercetată.



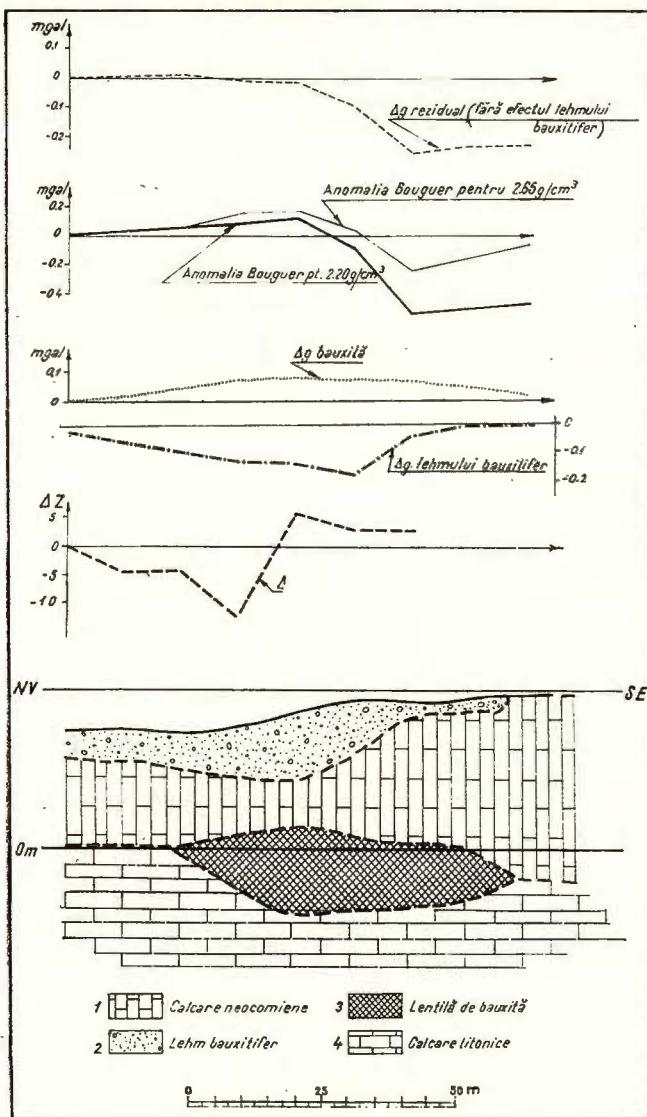


Fig. 5. — Secțiune geologică și profilele geofizice măsurate și calculat pentru rețeaua II (lentila 65) din sectorul Cornetu.
Coupe géologique et profils géophysiques mesurés et calculés pour le II^e réseau (lentille 65) du secteur de Cornetu.

Sectiunea geologică și profilele geofizice corespunzătoare rețelei III (fig. 6). Relieful topografic de-a

lungul secțiunii geologice, prezintă o pantă accentuată pe direcția NNW—SSE. Lehmul bauxitifer este depus la mijlocul pantei, într-un relief negativ al acesteia; grosimea sa atinge 10 m. În partea de SSE a secțiunii geologice se situează limita de contact între calcarele neocomiene și calcarele tithonice, iar spre NNW se găsesc, expuse la zi, calcarele neocomiene care ating, aici, o grosime de peste 60 m. Suprafața de contact dintre Neocomian și Tithonic are un prerelief cu pantă inversă față de pantă morfologică a Neocomianului. Acumulările de bauxite sunt cantonate în două doline ale Tithonicului, situate astfel: una din doline, pe ridicarea din partea de ESE a reliefului preexistent, alta, în partea afundată a aceluiași prerelief din jumătatea de WNW a secțiunii geologice. Poziția diferită a dolinelor în prerelieful tithonic determină și variația adâncimii lentilelor de bauxite.

Profilele anomaliei Bouguer sunt constituite dintr-o succesiune de anomalii locale, de maxim și de minim, de mică intensitate ($0,10 - 0,20$ mgal). Profilele Δg nu indică efecte de la lentilele de bauxite.

Profilul componentei magnetice ΔZ prezintă și el o succesiune de anomalii locale de maxim și de minim, cu intensități cuprinse între 5 și 15 γ, cu excepția anomaliei de maxim din partea de ESE a secțiunii geologice, care are o intensitate ce depășește 70 γ. Aceasta este anomalia cea mai intensă cartată de noi în regiune, dar se constată că este de ne-corelat cu lentila de bauxită din substratul imediat al secțiunii geologice. De altfel, însăși susceptibilitatea magnetică, determinată pentru bauxita din aceste lentile, nu justifică prezența unei astfel de anomalii de maxim.

Dată fiind grosimea foarte mică a lemnului bauxitifer din acest sector și efilarea accentuată a calcarelor neocomiene, datorită ridicării plăcii calcarelor tithonice, este de presupus că sursa geologică a acestui maxim magnetic ar putea fi un corp eruptiv mai adânc, situat eventual sub forma unei apofize în calcarul tithonic.

Profilul anomaliei locale, eliberată de efectul lemnului bauxitifer, accentuează anomalia de minim local și o extinde pe toată lungimea depozitelor de lehm, ilustrându-i și mai accentuat prezența.

Efectele gravimetrice, calculate separat pentru lehm și pentru bauxită, prezintă variații foarte mici, din care raporturi se deduce cu ușurință că efectul anomal negativ al lemnului anulează complet efectul anomal al lentilelor de bauxită, lăsând cartării gravimetrice să înregistreze, ca rezultat, o anomaliă de minim cu valori ce ating abia $-0,06$ mgal.

Secțiunea geologică și profilele geofizice corespunzătoare rețelei V (fig. 7). Suprafața morfologică, de-a



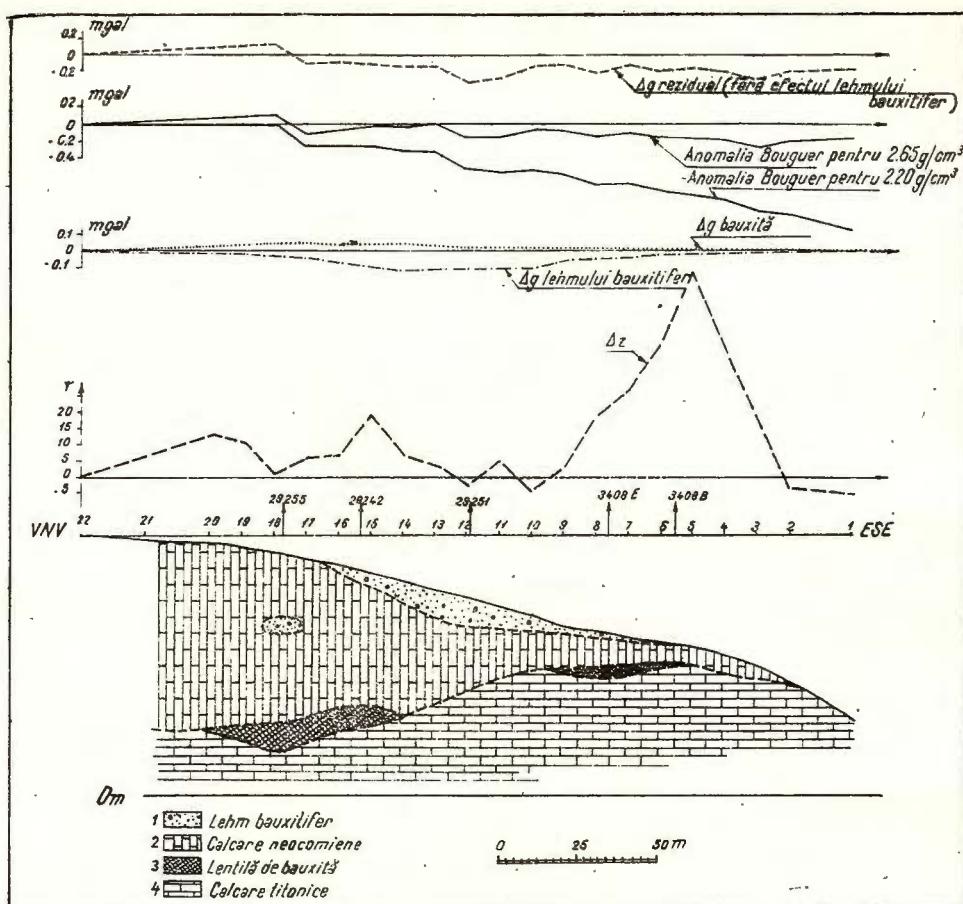


Fig. 6. — Secțiune geologică și profilele geofizice măsurate și calculate pentru rețeaua III (lentilele 68 și 67) din sectorul Cornetu.

Coupe géologique et profils géophysiques mesurés et calculés pour le III^e réseau (lentilles 68 et 67) du secteur de Cornetu.

lungul acestei secțiuni geologice, prezintă o ușoară pantă spre vest. Pe această pantă se află instalată depunerea de lehm bauxitifer, sub forma unei lentile foarte aplatizate, de grosimi ce nu depășesc 6—8 m. Placa calcarelor neocomiene se îngroașe progresiv de la vest spre est, având grosimi de la 10 m la 40 m.

Suprafața limită între Neocomian și Tithonic corespunde unui relief preexistent în contra-pantă cu relieful actual. Pe această contra-pantă este instalată lentila de bauxită, mult subțiată în partea superioară a

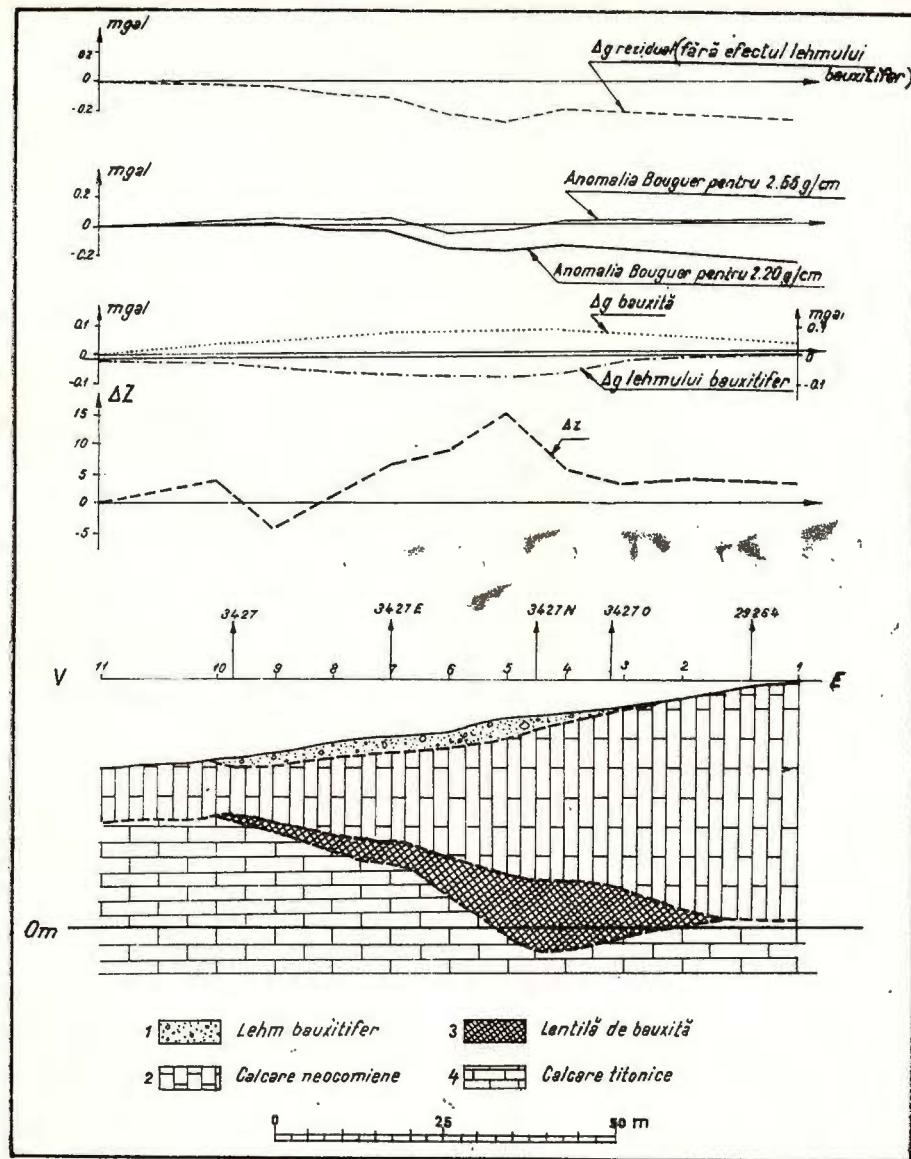


Fig. 7. — Secțiune geologică și profilele geofizice măsurate și calculate pentru rețeaua III (lentila 70) din sectorul Cornetu.

Coupe géologique et profils géophysiques mesurés et calculés pour le III^e réseau (lentille 70) du secteur de Cornetu.

pantei, unde are grosime de aproximativ 5 m și, mult îngroșată la partea inferioară a pantei unde atinge grosimi pînă la 15 m.

Profilele anomaliei Bouguer prezintă un minim central de mică intensitate (aproximativ $-0,20$ mgal), flancat la vest și la est de maxime încă mai puțin intense.

Profilul componentei magnetice ΔZ înregistrează un maxim foarte bine conturat, ca efect probabil cumulat, al bauxitei și al lehmului bauxitifer cu intensitatea de aproximativ 15γ .

Profilul Δg marcând anomalia locală, prin înlăturarea efectului lehmului bauxitifer, accentuează anomalia de minim corespunzătoare ariei de dezvoltare a lehmului.

Profilele Δg calculate pentru lehm și pentru bauxită, exprimă efecte din a căror compensare, apare o anomaliă centrală de minim, ca rezultat al anularii efectului bauxitei de către efectul lehmului; pentru ca spre estul secțiunii geologice, din incompleta anulare, datorită efilării depozitelor de lehm și a îngroșării lentilei de bauxită, să rezulte o anomaliă de maxim clar conturată.

INTERPRETAREA GEOLOGICĂ A REZULTATELOR PROSPECTIUNII GEOFIZICE

Din prezentarea rezultatelor gravimetrice și magnetice se desprind, în mod clar, relațiile dintre efectele geofizice măsurate sau calculate și raporturile geologice existente în subsolul regiunii prospectate.

Pe hărțile geofizice întocmite s-au remarcat, chiar de la început: lipsa tendințelor de anomalii regionale și intensități mici ale anomalilor locale. Dispunerea în suprafață a anomalilor locale este cu totul dezordonată, ceea ce denotă că ele reflectă volume geologice în contrast, nedirectionate. Știind că suprafața Neocomianului, expusă eroziunii, prezintă numeroase reliefuri și microreliefuri îmbrăcate ulterior, în bună parte cu lemi bauxitifer — stabilindu-se astfel o suprafață de contrast negativ de densitate ($-0,54 \text{ g/cm}^3$) și în același timp un contrast pozitiv de susceptibilitate magnetică ($+16,9 \times 10^{-6} \text{ u.e.m.}$) față de calcarele subiacente — a fost lesne să se interpreteze că anomaliiile locale sănt de atribuit, în majoritatea cazurilor, la relieful sculptat al calcarelор neocomiene, respectiv la variațiile de grosime ale lehmului bauxitifer. O parte din anomaliiile magnetice locale, ca cele din rețelele II, III și VI (de la Zece Hotare), pot fi considerate ca efecte cumulate provenind de la corpul de bauxită, respectiv de la lehmul bauxitifer de la suprafață.

Profilele geofizice corespunzătoare secțiunilor geologice scot în evidență gradul de corelare strânsă între evoluția suprafețelor de contrast (pentru proprietățile fizice) și variațiile măsurate și calculate ale valorilor



Δg și ΔZ . Corelarea arată elocvent legătura dintre anomaliiile locale și zonele de acumulare ale lehmului bauxitifer.

Efectul gravimetric al lentelelor de bauxită situate în condiții favorabile, de grosimi relativ mici ale calcarelor neocomiene și de dimensiuni mai mari ale corpurielor de minereu (cum ar fi cele figurate în rețelele II și V), de abia reprezintă 0,15 mgal, fapt care situează prospectiunea gravimetrică la limita inferioară a posibilităților ei de investigare, chiar pentru cele mai sensibile tipuri de gravimetrie. Anomalii locale ca cele din rețelele II și III, necorelabile cu masele geologice aflate în contrast de densitate sau de intensitate de magnetizare pe cuprinsul secțiunilor geologice cercetate, conduce la presupunerea existenței la un nivel inferior, dar nu prea îndepărtat, a unor mase de roci mai grele sau cu proprietăți magnetice mai pregnante, care devin astfel surse de anomalii locale cu intensități mai mari decât intensitățile anomalilor cu surse aflate mai spre suprafața solului. Un exemplu convingător îl prezintă anomalia magnetică de maxim din rețeaua III (fig. 6), cea mai intensă din regiune dar necoreabilă cu formațiunile din secțiunea geologică corespunzătoare. Efectul ei a fost atribuit unei mase eruptive, dispusă, probabil, sub forma unei apofize în substratul tithonic al regiunii.

EFFECTELE GRAVIMETRICE ALE UNEI LENTILE DE BAUXITĂ DEPLASATĂ LA ADÎNCIMI DIFERITE, ÎN CORELAȚIE CU EFECTELE UNUI STRAT DE LEHM BAUXITIFER DE GROSIMI VARIABILE

Pentru o mai bună precizare a potențialității prospectiunii gravimetrice la conturarea acumulărilor de bauxite, situate în condiții de zăcămînt ca cele din sectorul Cornetu, s-a întreprins un studiu teoretic privind variația intensității anomaliei gravimetrice produsă de o lentilă de bauxită considerată la adâncimi diferite și, corelativ, variația intensității anomaliei gravimetrice produsă de un strat de lehm bauxitifer de grosimi variabile.

Lentila este cea prezentată în secțiunea geologică din figura 8. Ea se extinde pe o lungime de 120 m, are o grosime de 10–12 m și se găsește la o adâncime medie de aproximativ 35 m sub calcarele neocomiene.

Suprafața morfologică de-a lungul secțiunii geologice este aproape orizontală. Coloana stratigrafică este compusă dintr-un strat efilat de lehm bauxitifer, o placă de calcar neocomienă de aproximativ 25–30 m grosime, lentila de bauxită plasată într-un ușor relief negativ al calcarelor tithonice. Lentila de bauxită din această secțiune geologică este cea mai mare, cunoscută în sectorul Cornetu.

Profilele anomaliei Bouguer prezintă variații slabe, ușor negative deasupra stratului de lehm bauxitifer, o anomalie pozitivă, accentuată



spre extremitatea estică a secțiunii și în afara lentilei și o pantă, de inclinare mare, în extremitatea de vest, de asemenea în afara corpului de bauxită.

Profilul componentei magnetice ΔZ nu este figurat deoarece valorile ΔZ măsurate și puternic distorsionate de efecte parazitare provocate de conducte metalice și o stație de compresoare, situate în apropiere.

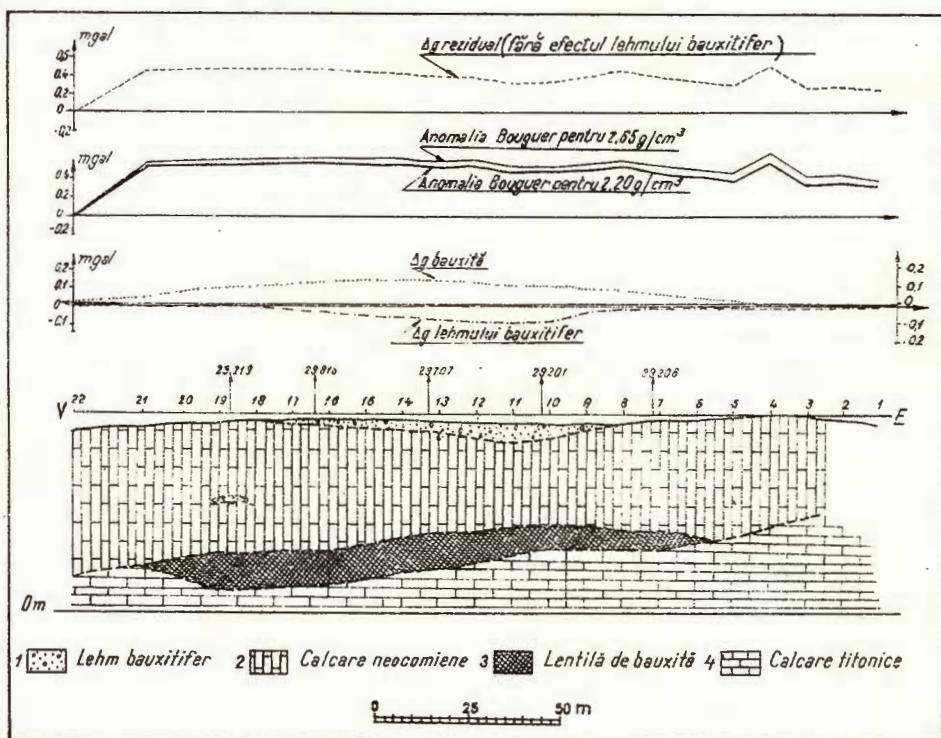


Fig. 8. — Secțiune geologică și profilele geofizice măsurate și calculate pentru rețeaua I (lentila 71) din sectorul Cornetu.

Coupe géologique et profils géophysiques mesurés et calculés pour le 1^{er} réseau (lentille 71) du secteur Cornetu.

Profilul Δg al anomaliei gravimetricice locale, eliberată de efectul lehmului bauxitifer, prezintă variații cuprinse între 0,02 și 0,09 mgal.

Profilele Δg reprezentă efectele lehmului și ale bauxitei, calculate separat, indică un minim pentru lehm cu o valoare de -0,083 mgal și un maxim pentru bauxită de 0,135 mgal. Efectul lehmului anulează în

bună parte efectul bauxitei : $0,135 - 0,083 = 0,052$ mgal, conducind la un rezultat nesemnificativ din punctul de vedere al prospectiunii gravimetrice.

Rezultatele studiului teoretic sunt sintetizate în fig. 9. Efectul Δg a fost calculat pentru contrastul de densitate existent între bauxită și calcare ($+0,50$ g/cm³), mai întii pentru o poziție a lentilei tangentă la suprafața topografică și apoi, la adâncimile de 10 m, 20 m și 50 m. Efectul lentilei în poziția reală de zăcămînt, adică la adâncimea de 35 m, a fost discutat anterior.

In paralel, s-a calculat efectul Δg pentru un strat de lehm bauxitifer situat la suprafață, uniform dezvoltat, considerat inițial de 5 m grosime, apoi de 10 m, 15 m și 20 m.

Analiza acestui ansamblu de determinări de efecte gravimetrice ne indică pe o parte care sunt intensitățile maxime cartabile pentru bauxită și pentru lehmul bauxitifer, iar pe de altă parte, evidențiază procesul de compensare care se stabilește între aceste efecte, în toate situațiile geologice posibile. Concluzia la care se ajunge pe această cale este că, pentru cea mai mare lentilă de bauxită din regiune, situată la suprafața calcarelor tithonice și acoperită de un strat de lehm de numai 10 m grosime, efectul gravimetric este complet anulat. Anularea efectului gravimetric al bauxitei se produce parțial, în cazul cînd lentila s-ar afla la adâncimea de 10 m și, total, la adâncimea de 20 m, dacă stratul de lehm are o grosime de numai 5 m.

Cauza rezultatului nesatisfăcător înregistrat de prospectiunea gravimetrică, în cazul celei mai mari lentile de bauxită din regiune, apare acum cu multă evidență. În această situație, trebuie de avut în vedere gradul de dificultate al prospectiunii gravimetrice pentru corpurile de bauxită și mai mici, caz frecvent în regiune. Dacă la aceasta se adaugă și alte efecte decît cele impuse de ecranul de calcare neocomiene și de stratul de lehm bauxitifer, aplicabilitatea prospectiunii gravimetrice pentru bauxite, în sectoare asemănătoare celui de la Cornetu, se apropie de situația limită.

CONCLUZII

Prospectiunea experimentală gravimetrică-magnetometrică, executată în scopul definirii aplicabilității ei la conturarea acumulărilor de bauxită, ca cele din sectoarele Cornetu și Zece Hotare din Pădurea Craiului, conduce la următoarele concluzii :

1. In condițiile de zăcămînt din sectorul Cornetu și în funcție de parametrii geometrici ai lentilelor de bauxite, prospectiunea gravimetrică



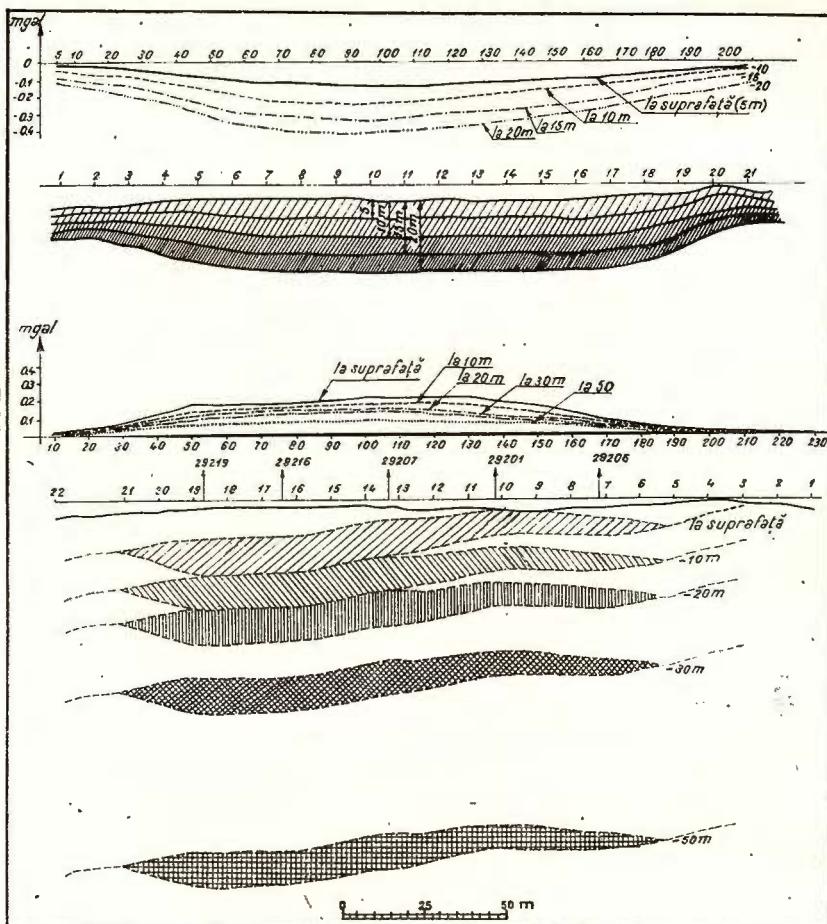


Fig. 9. — Efectele gravimetrice ale lentilei de bauxită 71, din sectorul Cornetu, considerată la suprafață și la adîncimile de -10, -20, -30 și -50 m, și efectele unui strat de lehm bauxitifer îngroșat succesiv de la 5 m la 10, 15 și 20 m.

Les effets gravimétriques de la lentille de bauxite 71, du secteur de Cornetu, prise en considération à la surface et aux profondeurs de -10, -20, -30 et -50 m et les effets d'une couche de lehm bauxitifère qui gagne successivement en épaisseur de 5 m à 10, 15 et 20 m.

că este neaplicabilă. Ea se află la limita aplicabilității, în cazul acumulațiilor mari de bauxită, situate spre suprafață solului neacoperit cu lehm bauxitifer; în acest caz, apărute de înaltă precizie pot asigura cartarea de anomalii locale cu intensități pînă la $+0,20$ mgal.

2. Prospecțiunea magnetometrică înregistrează unele rezultate favorabile numai în anumite condiții geologice, respectiv, în cazul lentilelor mari de bauxită situate spre suprafața solului, descoperite sau acoperite cu o pătură, slab magnetizată, de argile sau sol.

3. Condițiile geologice particulare ale lentilelor de bauxită din regiune, cu efecte teoretic foarte mici, au impus luarea de precauții suplimentare, la realizarea tehnică a operațiilor de teren și la aplicarea reducerilor geofizice. În cazul prospecțiunii magnetometrice, de exemplu, se distinge modalitatea adecvată de determinare și de aplicare a reducerii de variație diurnă.

4. Înînd seama de remarcă făcută la interpretarea geologică a anomaliei locale de maxim magnetic din rețeaua III (fig. 2, 6), cînd s-a arătat că efectul de maxim este dat de o sursă geologică situată la un nivel inferior lentilelor de bauxite și că această cauză ar corespunde unui corp eruptiv încorporat în calcarele tithonice sau la baza lor, s-ar putea întreprinde o reinterpretare geologică a rezultatelor prospecțiunii magnetometrice de detaliu, executate anterior în masivul Pădurea Craiului, care ar permite o clasare a anomaliei și o atribuire mai judicioasă la cauzele geologice perturbatoare (corpuri de bauxite, lehm bauxitifer, mase eruptive).

BIBLIOGRAFIE

- Airinei Șt., Gavrilescu Beatrice, Căruțașu O. (1963) Lucrări de recunoaștere magnetică în Munții Apuseni. *Acad. R.P.R., Probleme de geofizică*, II. București.
- Bărbat Th. (1952) Încercări de prospectare prin metoda magnetică a zăcămintelor reziduale din Pădurea Craiului. *D.S. Com. Geol.*, XXXVI. București.
- Papiu C. V., Minzatu Silvia (1967 a) Ipoteză asupra genezei bauxitelor din masivul Pădurea Craiului. *An. Com. Stat. Geol.*, XXXVII, București.
- Minzatu Silvia, Iosof V., Giușcă D., Jacobă Gr. (1967 b) Contribuții la cunoașterea alcătuirii mineralogice și genezei lehmului bauxitifer din masivul Pădurea Craiului (Munții Apuseni). *An. Com. Stat. Geol.*, XXXVIII (sub tipar), București.
- Patrulius D. (1956) Contribuții la studiul geologic al Pădurii Craiului. *D.S. Com. Geol.* XL. București.



TRAVAUX EXPÉIMENTAUX GRAVIMÉTRIQUES-MAGNÉTO-MÉTRIQUES EFFECTUÉS POUR LA PROSPECTION DE LA BAUXITE DE PĂDUREA CRAIULUI (SECTEURS DE CORNETU ET DE ZECE HOTARE)

(Résumé)

Ce travail exécuté afin d'établir l'efficacité de la méthode complexe gravimétrique-magnétométrique dans la prospection des corps de bauxite qui se trouvent dans la région de Pădurea Craiului (secteurs Cornetu et Zece Hotare), représente une synthèse des principaux résultats obtenus. La méthode standard de travail a été adaptée aux conditions géologiques particulières de gisement des corps de bauxite de la région étudiée.

Les paramètres géométriques des lentilles de bauxite des secteurs examinés varient largement. Aussi les effets gravimétriques et magnétiques poursuivis ont-ils été enregistrés par des mesurages effectués le long des profils organisés en réseau dont les stations sont plus fréquentes au-dessus des corps de minerai (à 10 m) et plus rares à leur extérieur (de 20 à 50 m).

Afin d'obtenir des mesurages géophysiques bien précis, d'importants problèmes ont été soulevés et solutionnés en ce qui concerne l'application des réducteurs du relief topographique et de la variation diurne du champ géomagnétique.

Les résultats géophysiques obtenus ont fait l'objet d'amples interprétations au point de vue physico-géologique. Les conclusions qui s'en détachent laissent voir des limites appréciables en ce qui concerne l'application des méthodes gravimétrique et magnétique, considérées soit séparément soit ensemble, pour dépister avec succès les lentilles de bauxite hébergées, en conditions tout à fait particulières, dans les gisements de la région de Pădurea Craiului. Les limitations proviennent du jeu des contrastes de densité, respectivement des contrastes de masse, ainsi que de l'insuffisance des contrastes de susceptibilité magnétique. Les contrastes de densité établis sont: + 0,50 g/cm³, entre les calcaires et la bauxite et - 0,50 g/cm³ entre les calcaires et le lehm bauxitifère. Il n'y a qu'un seul contraste de susceptibilité magnétique notamment entre les calcaires, d'une part, et la bauxite + lehm bauxitifère, d'autre part.

Les situations où les résultats seraient significatifs et qui pourraient en apparence être attribuées aux effets produits par les corps de bauxite ne



sont en réalité que les réflexions de certaines causes géologiques plus profondes qui établissent des contrastes de masse ou d'intensité de magnétisation plus forts que ceux illustrés par les coupes géologiques examinées (fig. 5—8).

Les coupes géologiques construites grâce aux données de forages pour les alignements moyens des lentilles de bauxite étudiées ont été minutieusement analysées et parallélisées aux profils géophysiques mesurés et calculés à partir des propriétés physiques des roches des formations de la colonne stratigraphique (densité et susceptibilité magnétique).

Finalement on a réalisé une étude théorique en vue de préciser le degré de la potentialité de la prospection gravimétrique capable de nous dévoiler les contours des lentilles de bauxite du secteur de Cornetu. On a calculé en même temps les intensités de l'anomalie gravimétrique produites par une lentille de bauxite considérée à différentes profondeurs et par une couche de lehm bauxitifère qui gagne successivement en épaisseur (fig. 9). Les résultats mettent en évidence le schéma d'un processus complexe de compensation des effets dus à la bauxite et au lehm bauxitifère concernant toutes les situations géologiques possibles dans la région de ces deux sources anomalies. L'étude relève la difficulté d'appliquer la gravimétrie à la prospection des corps de bauxite localisés à la limite entre la masse des calcaires tithoniques et néocomiens, généralement, recouverts par des couches de lehm bauxitifère.





Institutul Geologic al României

STUDIUL ANOMALIEI GRAVITĂȚII DIN ZONA MASIVULUI DE SARE DE LA OCNA SIBIULUI

DE

SCARLAT STOENESCU, MARIUS VISARION¹

Abstract

Study on Gravity Anomaly in the Area of the Ocna Sibiului Salt Massif. The estimation of the second derivative, using the standard technics of mathematical statistics, proves — through the study of the gravity anomaly in the Ocna Sibiului area — its applicability in sectors characterized by a weak differentiation in density of the formations building up the upper section of the geological profile. Within the region investigated the anomaly of this derivative individualizes by a minimum alignment the trend of the diapir fold associated with the Ocna Sibiului salt massif. The results obtained tally with seismometric information, though they slightly disagree with the surface geological data.

INTRODUCERE

Măsurările gravimetrice regionale executate în sud-vestul Transilvaniei s-au situat, în bună parte, pe un sector al subunității tectonice care — încă de la diviziunea structurală propusă de Mrazec și Jekelius, cu mai mult de 40 de ani în urmă — este cunoscută sub numele de zona cutelor diapire a depresiunii Transilvaniei.

În acest sector sud-vestic al zonei cutelor diapire, este situat masivul de la Ocna Sibiului, cu un trecut istoric în exploatarea sării la noi în țară, și care astăzi își manifestă existența prin lacurile sărate formate pe amplasamentul vechilor „ocne”.

¹ Institutul de geofizică aplicată, Șos. Kiseleff nr. 55. București.



Pe harta anomaliei Bouguer, redactată în urma măsurătorilor cu caracter regional, se distinge o zonă minimală de proporții, al cărei ax de simetrie urmărește o direcție NW—SE, trecind prin localitățile Doștat și Șura Mică. Regiunea de trecere de la această zonă la puternica anomaliă cu caracter de maxim de la Hamba—Vurpăr (NE de Sibiu), considerată ca efect al unui relief îngropat al fundamentului, se evidențiază în imaginea gravimetrică printr-un sector de intens gradient orizontal (Stoenescu, 1962). În aria acestuia, acoperită de izolinii cu un foarte regulat traseu orientat NW—SE, se situează geografic masivul de sare de la Ocna Sibiului.

Realizatorii acestei prime imagini Bouguer a regiunii au constatat că — în mod neașteptat, la prima vedere — acest masiv diapir de multă vreme cunoscut nu-și trăda existența prin vreo deformare cît de slabă a traseului izolinilor. Era un caz care contrasta vădit cu ceea ce eram obișnuiți să întâlnim în rezultatele observațiilor noastre cu gravimetrul static, unde — chiar în ridicări cu gabarit regional — masivele de sare, mai ales cele situate în vecinătatea suprafeței, provoacă modificări sensibile ale câmpului gravific, traduse prin anomalii de minim cu intensități variabile dar bine conturate.

Rezultatele obținute au determinat o schimbare a caracterului măsurătorilor în zona Ocna Sibiului, unde s-a procedat la o îndesire a punctelor de observație. Deși ca instrument de măsură a variațiilor gravitației a fost utilizat un aparat Nörgaard, de tipul celor care nu erau încă prevăzute cu un dispozitiv termostatic de control al temperaturii interioare, prin aplicarea unei metodici de lucru pe teren adecvată scopului urmărit — tradusă prin executarea de observații cu repetări și controale numeroase și cu reducerea duratei ciclurilor de stații pentru evitarea efectelor driftului instrumental — s-au asigurat valori de bună calitate, care au condus la o hartă Bouguer detaliată și precisă (Stoenescu, 1962).

Dar și în noua imagine, cu caracter de detaliu, masivul de sare Ocna Sibiului nu-și manifestă prezența printr-o expresie anomală (vezi pl., fig. 1). Acestei realități metrologice nu i s-a putut găsi decât o singură explicație: absența unui contrast sensibil de densitate între sare și rocile de care este înconjurată, căreia i se adaugă, probabil, dimensiunile reduse ale masivului.

Apariția în domeniul cercetării gravimetrice a unor noi mijloace de prelucrare a datelor primare, între altele sub aspectul separării efectelor regionale de cele locale, a creat posibilitate unei reanalizări a elementelor oferite de harta Bouguer redactată pentru zona zăcămîntului de sare Ocna Sibiului.



CARACTERISTICILE GEOLOGICE ALE REGIUNII STUDIATE

În alcătuirea geologică a regiunii studiate intră o suită de depozite aparținând Tortonianului, Buglovianului, Sarmațianului și Pliocenului.

Tortonianul, reprezentat prin marne vinete și gălbui-roșcate cu înclinări de 80° – 90° , ocupă o suprafață restrinsă în vecinătatea localității Ocna Sibiului.

Buglovianul nu aflorează, dar, din datele obținute prin forarea unor sonde în regiuni adiacente, pare a fi dezvoltat într-un facies marnos-nisipos.

Sarmațianul este constituit dintr-o alternanță de marne fine și nisipuri slab cimentate cu intercalații de tufuri dacitice.

Pliocenul, cu o largă dezvoltare în suprafață, cuprinde nisipuri albe sau feruginoase cu enclave argiloase și argile fin micacee.

Sub raport structural, regiunea este dominată de anticlinalul Ohaba–Prisaca–Ocna Sibiului. M. Ilie (1955) consideră că această cută de cuvertură se orientează în partea nordică paralel cu marginea de răsărit a Munților Metaliferi, iar la extremitatea sudică dispare sub depozitele cuaternare din bazinul Cibinului.

În partea sudică, această cută prezintă o puternică ridicare axială, pusă în evidență de apariția la zi a Sarmațianului și Tortonianului cu sare.

La Ocna Sibiului, relieful dolinar trădează existența masivului de sare, care pare să aibă o secțiune eliptică cu axa mare de aproximativ 1300 m și axa mică de 600 m. Deși sînt urme de exploatari romane și chiar preistorice, zăcămîntul nu a fost cercetat pe verticală decît pînă la adîncimea de aproximativ 60 m.

PROCEDEUL DE PRELUCRARE A DATELOR DE OBSERVAȚIE

Întrucît o serie de procedee clasice de prelucrare a datelor gravimetrice nu au condus la rezultate satisfăcătoare, s-a procedat la analiza statistică preliminară a materialului primar și s-a urmărit ca, pe baza acestei analize, să se estimeze valoarea derivatei a două printr-o formulă cît mai adecvată datelor inițiale.

Considerații cu privire la dispozitivul punctelor selectate

În funcție de particularitățile geologice ale regiunii studiate și de scopul urmărit, se folosesc diverse procedee de estimare a derivatei a două, al căror succes este asigurat parțial de alegerea adecvată a intervalului de selecție, factor subiectiv dependent de gradul de cunoaștere a zonei prospectate și de experiența cercetătorului.



Acest interval trebuie astfel ales încit datele să dea suficiente informații cu privire la populația din care provin. Cunoașterea naturii populației nu este posibilă decit printr-o serie de selecții succesive preliminare sau prin analiza rezultatelor obținute în regiuni adiacente cu structură geologică asemănătoare.

Studiile întreprinse în această problemă au arătat, încă de multă vreme, legătura dintre operația de efectuare de medii pentru valorile unui cîmp la suprafață și punerea în evidență, în distribuția de valori a mediilor obținute, a efectului repartiției densităților formațiunilor la o anumită adâncime (Griffith, 1949). Adâncimea privilegiată este într-o legătură determinată cu dimensiunile rețelei folosite.

Curtis și Mcintosh (1950) fac o serie de considerații, în domeniul ecologic, în legătură cu distribuția optimă a punctelor de observație într-un plan. În acest sens, ei propun să se ia în considerație densitatea medie de acoperire cu puncte de observație a zonei studiate și unitatea de selecție, de obicei un patrat, sugerînd că mărimea optimă a patratului trebuie să fie dată de raportul dintre dublul suprafetei prospectate și numărul total de puncte.

Într-o serie de ramuri ale științelor geologice, aceste concluzii pot fi folosite. În analiza datelor geofizice însă, datorită aspectului particular al mărimilor măsurate, care reflectă realitatea geologică în complexitatea ei, dar cu care nu se confundă, adoptarea unor rețete standard nu este în general posibilă. Totuși, pentru stabilirea intervalului de selecție optim, este indicat să se țină seama de relația amintită acordîndu-se rezultatului numai un caracter informativ. Avînd în vedere și informațiile furnizate de alte date geofizice, s-a ajuns la concluzia că, în zona Oca-Sibiului, intervalul de selecție optim este 750 m.

Un element de importanță deosebită, cu implicații în asigurarea succesiului testării statistice, este dispoziția punctelor de observație în plan. În mod teoretic, punctele de observație trebuie să se situeze în virfurile rețelei rectangulare pe baza căreia se efectuează analiza, dar acest deziderat nu se realizează decit foarte rar, ca urmare a restricțiilor impuse de condițiile morfologice în care se execută prospecțiunea.

În cazul studiat, stațiile sunt dispuse pe profiluri și, de aceea, apare necesitatea interpolării valorilor gravitației în virfurile rețelei rectangulare adoptate. Din punct de vedere teoretic, valorile interpolate introduc o componentă variabilă, de intensitate necunoscută, în analiza statistică a datelor de observație și din acest motiv puterea testurilor scade apreciabil. Dacă distribuția punctelor de observație este astfel făcută încit erorile de



interpolare sănt mari și neuniforme, analiza statistică poate conduce la rezultate care să nu reflecte realitatea geologică.

În statistica matematică, au fost elaborate procedee care permit calcularea valorilor pentru acele puncte ale rețelei în care nu au putut fi executate măsurători. Golden (1952) discută această problemă și indică rezolvarea ei pentru diferite tipuri de rețele. Gilchrist și Cressman (1954) au imaginat un procedeu care permite trecerea obiectivă de la o distribuție neregulată de puncte la o rețea rectangulară fixă, indicând posibilitățile lui de aplicare la datele meteorologice. Grant (1957) rezolvă de asemenea această problemă, dar calea indicată de el conduce la un volum de calcule impresionant.

În cazul particular al cîmpului gravific, după cum a fost stabilit², procesul de interpolare este posibil, cu condiția ca punctele de observație să fie relativ uniform distribuite în plan, iar variațiile cîmpului să fie bine cunoscute prin realizarea unei densități medii de acoperire corespunzătoare. Condițiile menționate sănt satisfăcute în cazul studiat, astfel încît se poate afirma că interpolarea valorilor gravitației în nodurile rețelei, executată pe baza hărții de anomalie Bouguer, nu introduce erori mari, cu atît mai mult cu cît pentru fiecare punct au fost luate în considerare valorile tuturor punctelor de observație învecinate. Pentru controlul valorilor obținute, s-a procedat mai întîi la o interpolare pe linii, apoi la o interpolare pe coloane, rezultînd astfel două valori pentru fiecare nod al rețelei; abaterea nu a depășit $\pm 0,2$ mgal.

În tabelul 1, sănt prezentate valorile interpolate ale anomaliei gravitației în punctele (x_i, y_i) ale unei rețele patratice (17×15) . Pe baza acestor date inițiale, se estimează derivata a două a cîmpului gravitației în 110 puncte, care constituie aranjamentul central (11×10) .

Alegerea formulei optime de estimare a derivatei a două

În vederea alegerii unei formule de calcul, care să permită estimarea optimă a derivatei a două, se procedează la o analiză statistică preliminară a datelor de observație. În acest scop, într-o primă etapă, se va stabili polinomul de aproximare care se armonizează cu datele inițiale.

Gradul polinomului se determină prin analiza statistică a datelor pe liniile independente A, B, C și D, fiecare constituită din nouă puncte. Analiza se realizează folosind desfășurarea în serie de polinoame ortogonale.

² M. Visarion. Anomaliiile gravimetriche din depresiunea precarpatică dintre valea Moldovei și valea Trotușului și studiul statistic al unor particularități ale lor (teză de doctorat). 1967, Arh. I.P.G.G., București.



TABELUL 1

-5,9	-5,0	-4,0	-3,2	-2,4	-1,6	+0,2	+0,6	+1,6	+2,6	+3,6	+4,5	+5,2	+5,7	+6,2
-6,0	-5,2	-4,4	-3,5	-2,5	-1,5	-0,2	+0,8	+1,7	+2,8	+3,9	+4,6	+5,2	+5,8	+6,5
-7,2	-6,3	-4,9	-4,1	-3,0	-2,0	-0,7	+0,9	+1,7	+2,8	+4,1	+4,6	+5,1	+5,7	+6,5
-7,8	-7,3	-6,1	-4,7	-3,8	-2,1	-0,8	+0,4	+1,5	+2,7	+3,6	+4,3	+4,8	+5,5	+6,3
-7,1	-6,4	-5,7	-4,7	-3,9	-2,4	-1,2	-0,0	+1,2	+2,5	+3,7	+4,3	+4,7	+5,1	+5,8
-7,3	-7,0	-6,1	-5,0	-4,2	-3,0	-1,8	-0,5	+0,9	+2,2	+3,3	+4,2	+4,5	+4,8	+5,2
-6,2	-8,0	-7,2	-6,0	-4,6	-3,7	-2,5	-1,1	+0,2	+1,8	+3,2	+4,2	+4,6	+5,1	+5,6
-7,7	-7,6	-6,0	-4,9	-3,8	-3,1	-1,9	-0,2	+1,3	+2,8	+4,0	+4,6	+5,1	+5,4	
-7,4	-7,2	-6,7	-6,2	-5,5	-4,8	-3,7	-2,6	-1,9	-0,0	+2,0	+3,0	+3,8	+4,2	+4,6
-7,3	-7,3	-6,9	-5,8	-5,8	-5,1	-4,1	-3,2	-2,2	-1,1	+1,1	+2,4	+3,8	+3,4	+3,8
-7,3	-7,2	-7,0	-6,8	-6,6	-5,9	-4,7	-3,7	-2,9	-1,5	+0,2	+1,6	+2,3	+2,9	+3,3
-7,5	-7,5	-7,4	-7,2	-6,8	-6,0	-5,0	-4,1	-2,9	-1,7	-0,5	+1,0	+1,5	+2,0	+2,7
-7,2	-7,2	-6,9	-6,7	-6,5	-6,1	-5,4	-4,6	-3,5	-2,4	-1,4	-0,6	+0,2	+1,2	+1,8
-6,9	-6,8	-6,6	-6,5	-6,4	-6,2	-5,7	-5,0	-3,8	-3,0	-2,2	-1,3	-0,5	+0,2	+1,0
-6,2	-6,3	-6,3	-6,3	-6,4	-6,2	-5,8	-5,0	-4,0	-3,3	-2,7	-2,1	-1,3	-0,3	+0,5
-5,1	-5,6	-6,0	-6,1	-6,2	-6,2	-5,9	-5,1	-4,5	-3,9	-3,2	-2,7	-1,9	-1,0	-0,2
-4,6	-4,7	-5,1	-5,7	-5,8	-5,6	-5,4	-4,9	-4,3	-3,8	-3,0	-2,2	-1,1	-0,0	



Fără a intra în amănunte, întrucât diferitele aspecte teoretice ale problemei au fost studiate într-o serie de lucrări de statistică matematică (Brown, 1956; Goulden, 1952), în cele ce urmează vom prezenta cîteva din relațiile de bază folosite și rezultatele obținute.

Coefficienții polinomului de aproximare c_r , trebuie să fie astfel determinați încît expresia :

$$Q = \sum_i (g_i - \eta_i)^2 \quad (1)$$

să fie minimă. În această expresie, g_i reprezintă valorile gravitației, iar η_i valorile polinomului de aproximare în cele i puncte selectate. Folosind tehnica standard de calcul, se obțin imediat coeficienții polinomului :

$$c_r = \frac{1}{S_r} \sum_i u_{ri} g_i \quad (2)$$

unde u_{ri} sunt polinoamele ortogonale Cebîșev, întabulate de De Lury (1950) și $S_r = \sum_i u_{ri}^2$.

În virtutea teoremei generale enunțate de David și Neyman, Q_{or} , care reprezintă valoarea minimă a lui Q , este dat de expresia [2] :

$$Q_{or} = \sum_{r=k}^{n-1} S_r c_r^2 \quad (3)$$

care, pusă sub o formă mai convenabilă calculelor numerice, devine :

$$Q_{or} = \sum_i g_i^2 - \sum_{r=0} S_r c_r^2 \quad (3')$$

Dar Q_{or} are valoarea speranței matematice, astfel încît :

$$E(Q_{or}) = (n - r - 1) \sigma^2 \quad (4)$$

de unde rezultă că mărimea

$$s_r^2 = \frac{Q_{or}}{n - r - 1} \quad (5)$$

constituie o estimare satisfăcătoare a dispersiei.

Tabelul 2 cuprinde rezultatele analizei efectuate pentru punctele situate de-a lungul liniilor A, B, C și D. În vederea stabilirii gradului polinomului de aproximare, se va studia coloana $S_r c_r^2$, cu scopul de a elimina de la partea sa inferioară cantitățile cu ordin de mărime redus, care pot fi



TABELUL 2

Linia	g_i mgal	r	h_r	c_r	$S_r c_r$	$\sum g_i^2$	Q_{on}	$n-t_1$	S_r^2
A	- 7,3	0	46,7	- 5,18888	+ 242,32070		23,44930	8	2,93116
	- 6,9	1	36,6	- 0,61000	22,32600		1,12330	7	0,16047
	- 6,3	2	47,8	0,01724	0,82407		0,29923	6	0,04987
	- 5,8	3	10,6	0,01071	0,11353		0,18570	5	0,03714
	5,8	4	9,0	0,00449	0,04041	265,77	0,14529	4	0,03632
	5,1	5	5,2	0,01111	0,03777		0,08752	3	0,02917
	4,1	6	10,0	0,00505	0,03030		0,03702	2	0,01851
	3,2	7	3,9	0,00455	0,01775		0,01927	1	0,01927
	2,2	8	14,5	0,00113	0,01639		0,00288	0	
B	3,1	0	18,0	2,00000	+ 36,00000		79,12000	8	9,89000
	1,9	1	67,3	1,12167	+ 75,48839		3,63161	7	0,51880
	0,2	2	94,5	0,03409	3,22151		0,41010	6	0,06835
	1,3	3	16,7	0,01687	0,28173		0,12837	5	0,02567
	2,8	4	14,6	0,00729	0,10643	115,12	0,02194	4	0,00549
	4,0	5	0,6	0,00128	0,00077		0,02117	3	0,00706
	4,6	6	0,9	0,00045	0,00041		0,02076	2	0,01038
	5,1	7	4,1	0,00478	0,01960		0,00116	1	0,00116
	5,4	8	0,9	0,00007	0,00006		0,00110	0	
C	1,3	0	30,0	3,33333	+ 100,00000		10,30000	8	1,28750
	2,2	1	24,4	0,40667	9,92265		0,37735	7	0,05391
	2,9	2	18,6	0,00671	0,12481		0,25254	6	0,04209
	2,9	3	11,9	0,01202	0,14304		0,10950	5	0,02119
	3,5	4	6,5	0,00325	0,02113	110,30	0,08837	4	0,02209
	3,8	5	1,6	0,00342	0,00547		0,08290	3	0,02769
	4,0	6	0,6	0,00030	0,00018		0,08272	2	0,04136
	4,5	7	7,4	0,00862	0,06379		0,01893	1	0,01893
	4,9	8	15,6	0,00121	0,01688		0,00005	0	
D	0,2	0	13,8	1,53333	+ 21,15995		14,28005	8	1,78501
	0,2	1	28,9	0,48167	13,92026		0,35979	7	0,05140
	0,7	2	27,3	0,00985	0,26891		0,09088	6	0,01647
	0,8	3	1,9	0,00192	0,00363		0,08725	5	0,01745
	1,2	4	10,5	0,00524	0,05502	35,44	0,03223	4	0,00806
	1,8	5	0,1	0,00021	0,00002		0,03221	3	0,01074
	2,5	6	6,9	0,00348	0,02401		0,00820	2	0,00410
	3,1	7	2,3	0,00268	0,00616		0,00204	1	0,00204
	3,7	8	5,1	0,00204	0,00204		0,00000	0	



considerate ca patrate ale componentelor fortuite necorelate. Din studiul datelor coloanei $S_3 c_3^2$, se constată că termenii mai mari de gradul 2 ($r > 2$) pot fi neglijăți pentru liniile A, B și D, în timp ce pentru linia C suntem tentați să omitem termenii mai mari de gradul 3 ($r > 3$). Dacă considerăm că selecția studiată în lungul liniei C este extrasă dintr-o populație normală, apare posibilitatea de a proba semnificația termenului $r = 3$. Într-adevăr, dacă $S_3 c_3^2 = 0,143$ este o eroare fortuită, atunci $F = \frac{S_3 c_3^2}{s_3^2} = 6,75$ este selectat dintr-o populație care are distribuția F , cu 1 și respectiv 3 grade de libertate. Pentru un nivel de semnificație de 5%, se obține $F_{5\%}(1,3) = 10,13$, fapt care arată posibilitatea omiterii termenului de gradul 3.

Din această analiză, rezultă că pentru estimarea derivatei a două este suficient să se folosească un polinom de gradul 2. În acest caz, cele patru estimate ale dispersiei vor fi: $s_A^2 = 0,04987$, $s_B^2 = 0,06835$, $s_C^2 = 0,04209$ și $s_D^2 = 0,01647$, bazate pe 6 grade de libertate. Dispersia comună se obține imediat și are valoarea $s^2 = 0,02946$, bazată pe 24 grade de libertate.

Pe baza acestei estimări, se pot determina limitele intervalului de încredere pentru dispersia σ^2 a valorilor anomaliei gravitației. În acest scop, sunt necesare tabele cu valorile numerice ale distribuției χ^2 , iar rezultatele obținute sunt valabile numai în ipoteza cînd erorile sunt normal distribuite. Dacă s^2 este bazat pe 24 grade de libertate, $\frac{\chi^2}{\sigma^2}$ are distribuția χ^2 . Pentru $v = 24$, folosind tabelele întocmite de Bol'sev și Smirnov, 1965, se obțin limitele de încredere de 95%:

$$0,01796 < \sigma^2 < 0,05702$$

Dacă s-ar fi introdus și termenul îndoelnic de gradul 3 pe linia C, dispersia estimată ar fi avut valoarea $s^2 = 0,03974$ bazată pe 23 grade de libertate, iar limitele de încredere corespunzătoare s-ar fi situat în intervalul $0,02400 < \sigma^2 < 0,07819$.

Aceste date arată că $s^2 = 0,02946$ reprezintă o estimare mai satisfăcătoare a lui σ , astfel încît pentru determinarea derivatei a două în zona masivului de sare de la Ocna Sibiului este indicat să se folosească un polinom de gradul 2. În acest caz, derivata a două poate fi evaluată printr-o formulă de formă

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = \sum_p a_p (g_{p1} + g_{p2} + g_{p3} + \dots) \quad (6)$$

în care a_p sunt coeficienții de determinat și g_{pq} anomalia gravitației în diversele puncte selectate. Dispersia se obține imediat din expresia:

$$\sigma_w^2 = \sigma^2 \sum_p n_p a_p^2 \quad (7)$$



Pentru a evalua coeficienții necunoscuți și a stabili o formulă acceptabilă de lucru, se recomandă folosirea metodei lui Lange (Brown, 1955). În funcție de numărul de puncte și geometria aranjamentului ales, se pot determina mai multe seturi de coeficienți, potrivit formulei

$$a_p = \frac{4}{D} \left(\sum_q n_q r_q^2 - n r_p^2 \right) \quad (8)$$

unde

$$D = \sum_p n_p r_p^4 - \left(\sum_q n_q r_q^2 \right)^2 \quad (9)$$

Având în vedere o serie de criterii, sugerate de Brown (1956), se poate considera că în cazul studiat formula optimă de estimare a derivatei a doua este de forma

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = \frac{1}{338 r^2} \left[40 g(0) + 31 \sum_{q=1}^4 g_q(r) - 41 \sum_{q=1}^4 g_q(3r) \right] \quad (10)$$

în care $g(0)$ reprezintă valoarea anomaliei gravitației în punctul de calcul, iar $g_q(r)$ și $g_q(3r)$, valorile ei în punctele rețelei patratice de pe cercurile de raze r , respectiv $3r$.

Abaterea standard a unei valori individuale, pentru anomalia $\frac{\partial^2 g}{\partial z^2}$ astfel estimată, va fi :

$$s_w = \left(\frac{\sigma_w}{\sigma} \right) s = 0,326 \times 0,02946 = 0,00960 \quad (11)$$

Dacă distribuția este normală, limitele intervalului de încredere de 95% vor fi date de relația :

$$\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \pm t_{5\%} \cdot s_w = \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \pm (2,06 \times 0,0096) = \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \pm 0,01978 \quad (12)$$

unde $t_{5\%} = 2,06$ pentru 24 grade de libertate.

Pentru punctul central, de coordonate $(0,0)$, $\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = -44,7 \cdot 10^{-15}$ u.C.G.S. și limitele de încredere vor fi :

$$-46,7 \cdot 10^{-15} < \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} < -42,7 \cdot 10^{-15}$$

ceea ce sugerează precizia înaltă cu care se determină anomalia derivate a doua prin procedeul indicat.



REZULTATELE OBȚINUTE ȘI SEMNIFICATIA LOR GEOLOGICĂ

Rezultatele obținute, reproduse în planșă, figura 2, confirmă buna funcționare a procedeului în condițiile unei slabe diferențieri a densităților formațiunilor geologice prezente în regiune.

Harta anomaliei derivatei a două pune în evidență un aliniament de minim, care se suprapune pe zona de ridicare axială a depozitelor tortoniene cu sare și, localizează una din direcțiile de dezvoltare a cutelor diapire din sud-vestul depresiunii Transilvaniei. Aliniamentul de minim are, în tot lungul lui, orientarea NW—SE și pare a se continua cu aceeași direcție și în afara zonei studiate. Cu toate acestea, absența unor prospecțiuni gravimetrice de detaliu nu a permis aplicarea cu succes a procedeului descris pe suprafețe mai largi.

La Ocna Sibiului, pe aliniamentul de minim se individualizează o anomaliă locală, care acoperă parțial aria de aflorare a depozitelor tortoniene cu sare. Anomalia are un profil asimetric, pe care este pusă în evidență o pozitivare rapidă a valorilor spre E și NE.

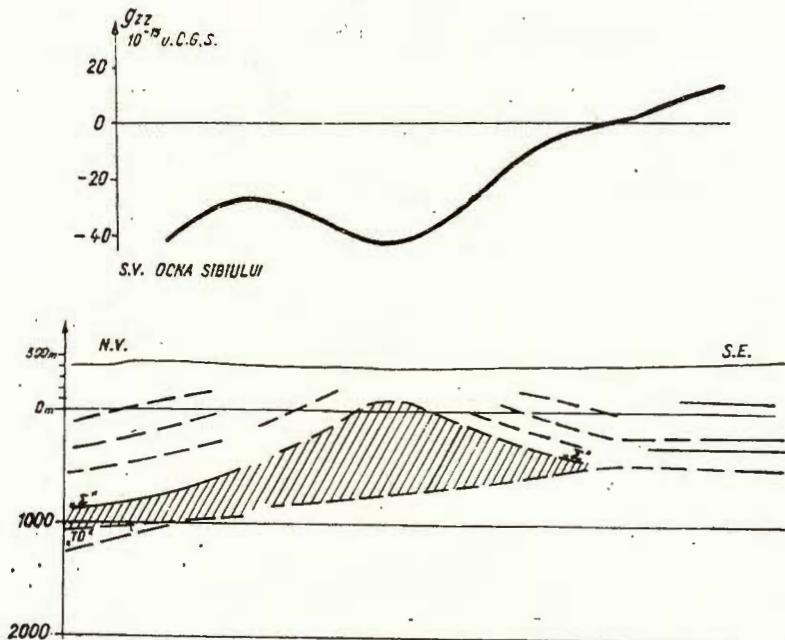
Deoarece aria acoperită de anomalie de minim este mult mai mare decât zona restrinsă de aflorare a sării, este îndreptățită ipoteza creșterii apreciabile în adâncime a dimensiunilor orizontale ale masivului.

Asimetria profilului anomaliei derivatei a două se explică imediat prin compararea directă a acestuia cu datele seismometrice. În figură se prezintă anomalia derivatei a două pe un profil NW—SE — dispus la aproximativ 2 km sud de zona de aflorare a sării — în paralel cu secțiunea seismică, reprodusă după C. Popescu. Din analiza acestei secțiuni, se poate deduce dispoziția în adâncime a masivului de sare, întrucât atât față superioară a sării cît și tuful de Dej produc elemente reflectatoare continue corelabile. Astfel, dacă la suprafață masivul — cu secțiune eliptică — are axa mică de cca 600 m, la adâncimea de 700 m, această axă atinge 2500 m. Spre NW, sarea păstrează legătura cu orizontul cu o dezvoltare regională în depresiunea Transilvaniei al breciei sării, dar către SE, ea se efilează rapid. Acest rezultat este deosebit de interesant nu numai pentru că explică morfologia anomaliei derivatei a două, dar și pentru că el poate fi fructificat și pe plan geologic regional, considerind că desemnează existența unei zone fără sare la est de aliniamentul Ocna Sibiului-Alămor. Forajele executate la Ruși, Cenade etc. confirmă această interpretare, deoarece sau interceptează depozite tortoniene terigene subțiri, sau trec din Buglovian direct în formațiuni pre-tortoniene.

Imaginea derivatei a două lasă să se remарce însă și unele neconcordanțe ale elementelor gravimetrice cu datele geologice și seismome-



trice, în mod deosebit în sectorul de la nord de paralela care trece prin localitatea Oca Sibiului. Pentru deplasarea cu aproximativ 400 — 500 m spre vest a aliniamentului anomal, explicația cea mai probabilă o dă prezența pachetelor groase de nisipuri slab cimentate din Sarmatian.



Anomalia derivatei a doua din zona Oca Sibiului (în lungul unui profil NW—SE), în paralel cu secțiunea probabilă a masivului de sare, după datele seismometrice (C. Popescu).

Anomalie de la seconde dérivée dans la zone de Oca Sibi (le long d'un profil orienté NW—SE), parallèlement à la coupe géologique probable à travers le massif de sel, selon les données seismométriques (C. Popescu).

CONCLUZII

Studiul anomaliei gravitației din zona Oca Sibiului a condus la obținerea de informații noi prin prelucrarea adecvată a materialului de observație și interpretarea în acord cu datele geologice și seismometrice existente a imaginii suplimentare realizate. El demonstrează aplicabilitatea procedeului de estimare a derivatei a doua, folosind tehnica standard a statisticii matematice, în zone caracterizate printr-o slabă diferențiere a densităților formațiunilor care alcătuiesc secțiunea superioară a profilului geologic. Cu toate acestea, analiza statistică a datelor gravimetrice nu tre-

buię să piardă nici un moment din vedere substratul fizic al rezultatelor obținute. Caracterul statistic semnificativ sau statistic nesemnificativ al unui efect reprezintă reflectarea structurii geologice specifice, dar analiza statistică nu poate explica automat aceste efecte, deși le pune în evidență. De aceea, în concepția autorilor, analiza statistică reprezintă numai un suport, care întărește validitatea unor ipoteze interpretative, pe bază de date numerice.

Rezultatele obținute, care asigură o nouă și mai completă valorificare a datelor gravimetrice, sunt în măsură să recomande folosirea acestui procedeu și în alte regiuni cu construcție geologică asemănătoare. Calculurile numeroase solicitate de analiza statistică a datelor gravimetrice pot fi executate rapid cu ajutorul mașinilor electronice de calcul, deoarece întocmirea algoritmilor și programelor nu prezintă dificultăți.

BIBLIOGRAFIE

- Bol'sev L. N., Smirnov N. V. (1965) Tablīči matematicheskoi statistiki. Izdatelstvo Nauka. Moskva.
- Brown Jr. W. F. (1955) Minimum variance in gravity analysis, part. I: One-dimensional. *Geophysics*, 20, 4, Tulsa.
- (1956) Minimum variance in gravity analysis, part. II: Two-dimensional. *Geophysics*, 21, 1, Tulsa.
- Curtis J. T., Intosh R. P. Mc. (1950) The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology*, 31.
- De Lury D. B. (1950) Values and integrals of the orthogonal polynomials up to $n = 26$. Univ. Toronto Press, Toronto.
- Gilchrist B., Cressman G. P. (1954) An experiment in objective analysis. *Tellus*, 6, 4.
- Goulden C. H. (1952) Methods of statistical analysis. John Wiley and Sons. New-York.
- Grant F. S. (1957) A problem in the analysis of geophysical data. *Geophysics*, 22, 2, Tulsa.
- Griffin R. W. (1949) Residual gravity in theory and practice. *Geophysics*, 14, 1, Tulsa.
- Ilie M. (1955) Cercetări geologice în Bazinul Transilvaniei (regiunea Alba Iulia—Sibiu—Făgăraș—Rupea). *An. Com. Geol.*, XXVIII, București.
- Stoeneșcu S. (1955) Structura geologică în sud-vestul Cuvetei Transilvaniei. *D.S. Com. Geol.*, XXXIX, București.
- (1958) Podișul Transilvaniei. Ed. științifică. București.
- Mrazec L., Jekelius E. (1927) Aperçu sur la structure du Bassin Néogène de Transylvanie et sur ses gisements de gaz. *Guide des excursions*. București.
- Popescu M. (1962) Prospecțiuni seismice reflexie în regiunea Blaj—Sibiu. *D.S. Com. Geol.*, XLV, București.
- Stoeneșcu S. (1962) Prospecțiuni gravimetrice în sud-vestul Transilvaniei. *St. tehn. econ. seria D*, 4, București.
- Vancea A. (1960) Neogenul din Bazinul Transilvaniei. Ed. Acad. R.P.R., București.



ÉTUDE SUR L'ANOMALIE DE LA PESANTEUR DANS LA ZONE DU MASSIF DE SEL DE OCNA SIBIU

(Résumé)

Bien que les recherches gravimétriques à caractère régional et de détail aient réussi, dans la région de SSW de la Dépression transylvaine, à nous procurer des informations intéressantes sur l'existence de certains éléments structuraux du soubassement et de la couverture, elles n'arrivent pourtant pas à nous donner une solution satisfaisante au problème qui envisage les contours du massif de sel de Ocna Sibiu. Selon la conception des auteurs, ce fait est une conséquence tant de la valeur bien réduite du contraste de densité entre le sel et les dépôts terrigènes sous faciès prédominant sableux, que de la puissante influence des masses régionales qui masquent les effets produits par des causes superficielles et locales.

Étant donné que toute une série de procédés classiques employés pour réduire les données gravimétriques n'ont pas conduit à des résultats satisfaisants, les auteurs ont procédé à l'analyse statistique préliminaire du matériel primaire. C'est en se basant sur cette analyse qu'on a estimé l'anomalie de la seconde dérivée à l'aide de la formule la plus adéquate aux données initiales, utilisant une disposition des points dans un réseau quadratique dont le côté mesure 750 m.

Les résultats obtenus sont dignes d'être retenus, l'anomalie de la seconde dérivée individualisant par un alignement de minimum la direction du pli diapir auquel le massif de sel de Ocna Sibiu est associé. Les résultats correspondent aux renseignements séismométriques mais diffèrent légèrement des données géologiques obtenues à la surface.

L'étude entreprise dans la zone de Ocna Sibiu prouve l'applicabilité du procédé d'estimation de la seconde dérivée, en utilisant la technique standard de la statistique mathématique, à l'examen des zones caractérisées par une faible différence des densités des formations qui constituent la partie supérieure du profil géologique. Les résultats obtenus permettent de recommander l'emploi de ce procédé aussi dans d'autres régions dont la construction géologique est similaire à celle examinée.



TABLEAUX NUMÉRIQUES

Tableau 1

Valeurs interpolées de l'anomalie de la pesanteur pour les points d'un réseau quadratique.

Tableau 2

Résultats des analyses effectuées pour les points situés le long des lignes A, B, C et D.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Fig. 1. — Anomalie de Bouguer dans la zone de Ocna Sibiu.

Fig. 2. — Anomalie de la seconde dérivée dans la zone de Ocna Sibiu.

1 Sarmatiens ; 2, Tortonien ; 3, Pliocène ; 4, sel ; 5, Quaternaire.



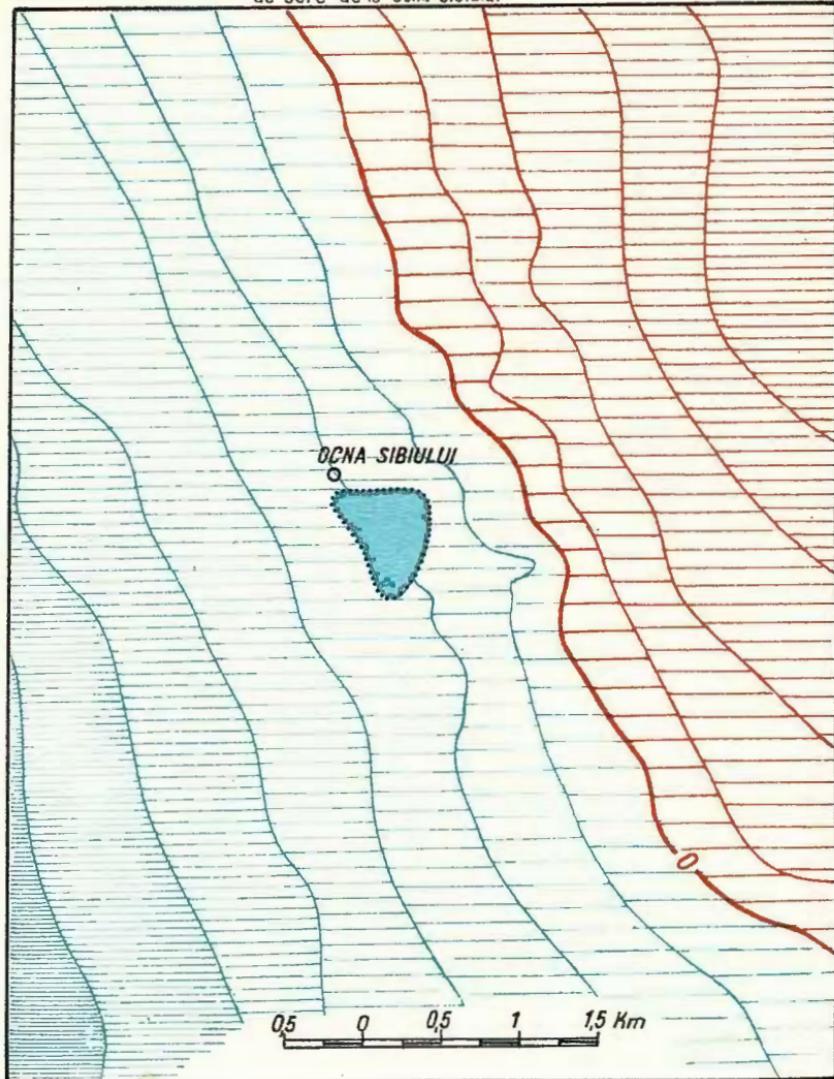


Institutul Geologic al României

ANOMALIA BOUGUER ÎN ZONA OCNA SIBIULUI

S. STOENESCU, M. VISARION: Studiul anomaliei gravitației în zona masivului de sare de la Ocna Sibiului

Pl. I



INSTITUTUL GEOLOGIC: Studii tehnice și economice seria D nr. 7

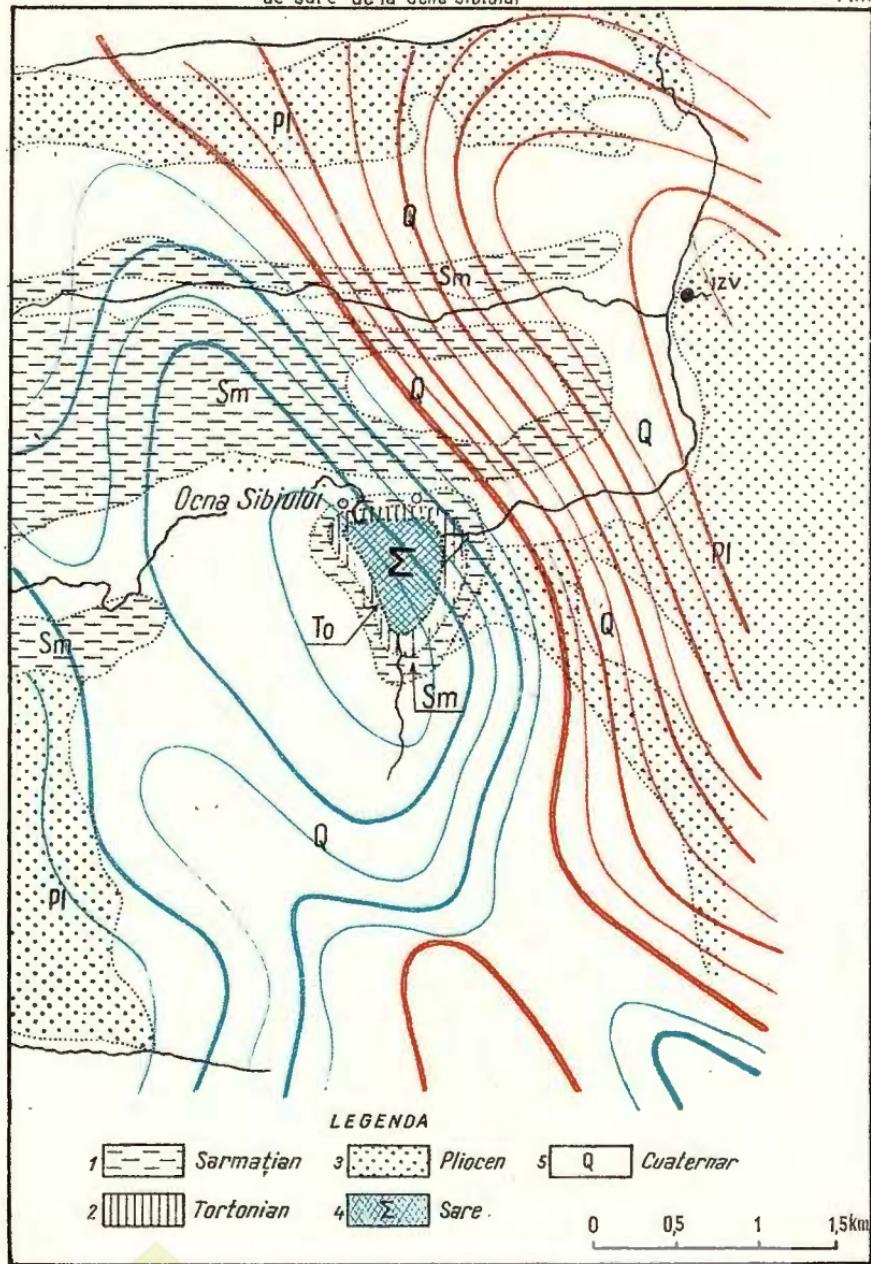
Imprim. Atel. Inst. Geol.



Institutul Geologic al României

ANOMALIA DERIVATEI A DOUA DIN ZONA OCNA SIBIULUI
 S. STOENESCU, M. VISARION: Studiu anomaliei gravitației în zona masivului
 de sare de la Ocna Sibiului

Pl. II



LUCRĂRI DE TEREN EXECUȚATE ÎN CADRUL INSTITUTULUI GEOLOGIC ȘI INSTITUTULUI DE GEOFIZICĂ APLICATĂ ALE COMITETULUI DE STAT AL GEOLOGIEI, ÎN PERIOADA 1961—1967, PENTRU REDACTAREA HĂRTILOR GRAVIMETRICE ȘI MAGNETICE ALE R.S. ROMÂNIA, SCARA 1 : 200.000¹

DE
ȘTEFAN AIRINEI²

Abstract

Field Works Carried Out in the Framework of the Geological Institute and Applied Geophysics Institute (State Committee for Geology) during the Period of 1961—1967 in View of Plotting Gravimetric and Magnetic Maps of Romania, Scale 1:200.000. Report which presents and analyses the categories of field works carried out in the period of 1961—1967 required by the plotting of gravimetric and magnetic maps of Romania, scale 1:200.000. The field works are grouped in following categories : (a) measurements for supplying of "white spots" from the terrestrial observation network ; (b) supplement measurements on the sides of national networks of the 1st, 2nd and 3rd order ; (c) measurements to bring at a comparable level the networks selected from the previous works.

INTRODUCERE

Materialul de observație gravimetric și magnetic din ultimele două decenii — adunat an de an, din toate regiunile țării, de echipele de prospecții ale Comitetului de Stat al Geologiei și ale Ministerului Industriei Petrolului, și acumulat în cantități tot mai mari în arhivele acestora — a impus cu mai mult de zece ani în urmă, preocupări de sintetizare pe regiuni mai întinse sau chiar de întocmire de hărți pentru întreg teritoriul național.

¹ Comunicare în ședința din 26 februarie 1968.

² Institutul de geofizică aplicată, Șos. Kiseleff nr. 55, București.



O trecere în revistă a acestor preocupări și realizări a fost făcută cu ocazia unei comunicări ³ și în publicații (A irinei, Stoeneșcu, 1964, 1965).

Redactarea sistematică a hărților gravimetrice și magnetice ale R. S. România, la scara 1 : 200.000, s-a pus ca problemă de primă importanță și a devenit realizabilă de-abia în anul 1960, odată cu reînființarea Institutului geologic. Pentru realizarea acestor hărți au fost constituite la sugestia acad. S. Ștefănescu două comisii de specialiști — Comisia de coordonare a lucrărilor gravimetrice din R. S. România și Comisia de coordonare a hărților magnetice ΔZ a R. S. România, ambele sub președinția prof. dr. doc. L. Constantinescu — care au formulat primele principii referitoare la selecționarea și utilizarea materialului primar și la condițiile tehnice de redactare a foilor de hartă gravimetrice și magnetice la scara 1 : 200.000 ⁴.

Principiile stabilite pentru abordarea problemei au pus colectivul de geofizicieni din Institutul geologic, însărcinat cu realizarea hărților geofizice ale țării la scara 1 : 200.000, în fața unor situații pe care organizația tinerului institut nu le prevăzuse. Era vorba, în primul rând, de dotarea cu aparate geofizice și topografice adecvate, și apoi de existența unui personal tehnic corespunzător pentru lucrările de teren; deoarece selecționarea punctelor de observație din rețelele de teren, analizarea datelor de observație în funcție de cerințele impuse, înscrierea acestor date în sumare și pe machetele de lucru ale foilor de hartă, au scos în evidență necesitatea executării unor multiple și complexe lucrări de teren, obligatorii pentru redactarea hărților respective.

Primul plan tematic al Institutului geologic (1961) a prevăzut întocmirea unei singure foi de hartă, Constanța. Alegerea foii Constanța s-a făcut din două considerente. Primul, corespunde cerinței ca redactarea hărților geofizice să înceapă de la o margine a țării și să progreseze spre interiorul ei; secundul, a fost indemnăt de ideea că suprafața acestei foi de hartă era acoperită aproape complet cu măsurători gravimetrice și magnetice. Figurele 1 și 2 reproduc schemele acestei foi de hartă cu perimetrelor rețelelor selecționate din lucrările existente. În ambele cazuri apar suprafețe neacoperite („pete albe”) alături de 2–3 lucrări executate în ani și de autori

³ I. Vencov, R. Botezatu. Stadiul actual al hărții anomaliei gravimetrice Bouguer a Republicii Populare Române (manuscris). Comunicare în ședință din 18 februarie 1957.

⁴ Șt. Airinei. Principiile de întocmire, etapele și stadiul de redactare și imprimare a hărților gravimetrice și magnetice ale R. S. România (scara 1 : 200.000). Referat susținut în Consiliul științific al Institutului de geofizică aplicată din 2.XI.1967.

Fig. 1. — Schema machetei Constanța pentru hărțile gravimetrice, scara 1 : 200.000. Perimetre în lucrările de prospecții (P) : S. Stoeneșcu (1952); V. Ghiciu (1953) și T. Băcioiu (1955).

Schéma de la maquette de Constanța pour les cartes gravimétriques échelle 1/200 000. Périmètres des travaux de prospection (P) : S. Stoeneșcu (1952), V. Ghiciu (1953) et T. Băcioiu (1955).

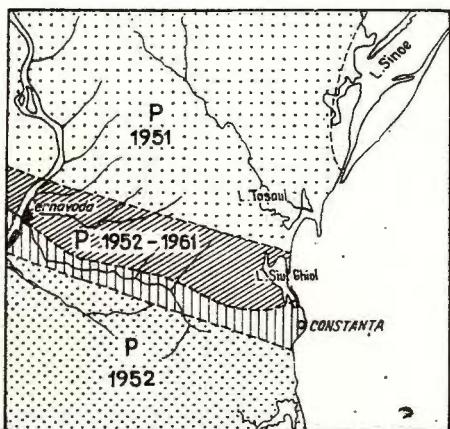
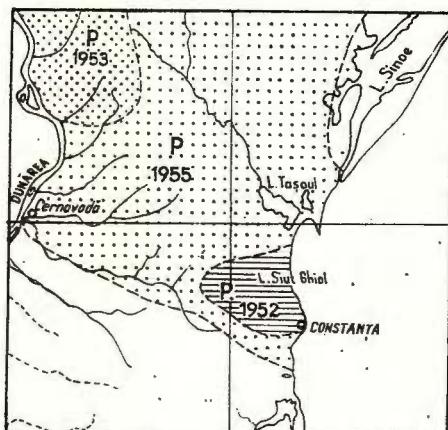


Fig. 2. — Schema machetei Constanța pentru hărțile magnetice, scara 1 : 200.000. Perimetre din lucrările de prospecții regionale și de detaliu (P) : Șt. Airinei (1951—1952); Ilie Costescu, Pierre Teodoru, Fl. Ionescu, Al. Ștefănciuc (1952—1961).

Schéma de la maquette de Constanța pour les cartes magnétiques échelle 1/200.000. Périmètres des travaux de prospections régionales et de détail (P) : Șt. Airinei (1951—1952), Ilie Costescu, Pierre Teodoru, Fl. Ionescu, Al. Ștefănciuc (1952—1961).

diferiți. În anii următori s-a constatat că toate foile de hartă de pe cuprinsul țării, se aflau în aceeași situație.

Această stare de lucruri impunea executarea următoarelor categorii de lucrări de teren, necesare completării rețelelor de hartă și aducerea tuturor observațiilor existente în stare de comparabilitate :

1. Măsurători pentru completarea „petelor albe” prezente în rețeaua de observații;

2. Măsurători de completare pe laturile rețelelor naționale de ordinul I și II, iar pentru regiuni greu accesibile, fixarea și măsurarea de stații intermediare (rețeaua de ordinul III) și,

3. Măsurători pentru aducerea la nivel comparabil a rețelelor lucrărilor selectate.

În anul 1961, Secția de cercetări și hărți geofizice din Institutul geologic nu avea în dotare nici aparatajul geofizic necesar, nici personalul tehnic pentru executarea lucrărilor de teren. Măsurătorile magnetice au fost realizate totuși de noi, cu un variometru vertical împrumutat de la Observatorul geofizic Surlari. Măsurătorile gravimetrice au fost executate de o formație de teren din I.G.P. a C.S.G.⁵. Augurii acestei prime colaborări au obligat înzestrarea cu apărate proprii și încadrarea cu personal tehnic a Secției de cercetări și hărți geofizice din Institutul geologic. Începând cu anul 1962 toate lucrările de teren pentru hărți au fost efectuate în cadrul Institutului geologic, iar de la 15 august 1966, la Institutul de geofizică aplicată.

Enumerăm apărantele geofizice achiziționate în timp pentru realizarea hărților : trei variometre verticale tip Fanselau (60/159, 60/284 și 63/177), un gravimetru Nörgaard (TNK 1452) și un gravimetru Sharpe Prospector (C 177).

LUCRĂRI DE TEREN EXECUTATE

1. Măsurători pentru completarea „petelor albe“ din rețeaua de observații

„Petele albe“ din rețeaua cu puncte de observație selectate pentru fiecare machetă de hartă, provin fie din lipsă de măsurători anterioare (în general situate în regiuni greu accesibile : munți, lunci mlăștinoase, deltă etc.), fie din cauza neutilizării unor lucrări mai vechi (datorită mai ales inexistenței în arhivele din țară a datelor de observație primară etc.).

Planșa I schițează conturele „petelor albe“, acoperite în intervalul 1961 – 1967, pe cuprinsul foilor de hartă realizate cu titlul definitiv și pe foile de hartă pregătite în vederea definitivării imediate. Măsurătorile au decurs, după caz, conjugat (gravimetric și magnetic) cind „pata albă“ se afla pe ambele hărți ; numai gravimetric, dacă perimetru era acoperit cu rețea magnetică prin lucrări anterioare sau numai magnetic în situația inversă. Descrierea acestor perimetre, tehnica și precizia măsurătorilor realizate, rezultatele geofizice obținute, schițe, hărți etc., fac obiectul unor rapoarte anuale detaliate⁶.

⁵ M. Suceava. Raport asupra măsurătorilor regionale de legătură și control din Dobrogea de sud, Balta Ialomiței și grindul Chituc. 1961. Arh. Com. Stat Geol. București.

⁶ Șt. Airinei. Lucrări de teren executate în anii 1961–1967 pentru realizarea „Hărților geofizice ale R. S. România, scara 1:200.000“. Rapoarte anuale pentru perioada 1961–1967. Arh. I.G.A. al C.S.G. București.



a) *Măsurători pentru harta gravimetrică.* Perimetrele acoperite se găsesc în Dobrogea (lunca Dunării, Delta Dunării inclusiv complexul lagunar Razelm, Dobrogea de sud), Moldova de sud (perimetru Tecuci-Tg. Bujor), Cîmpia Română și zona subcarpatică limitrofă (băltile Ialomiței și Brăilei, perimetre în foile de hartă Oălărași, Brăila, Ploiești, București,

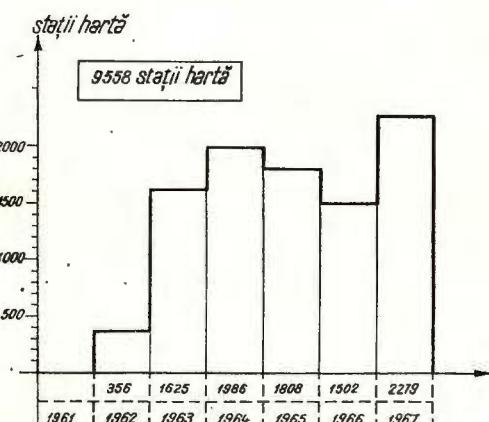


Fig. 3. — Diagrama realizărilor anuale pentru completarea rețelelor de hartă gravimetrică.

Diagramme des réalisations annuelles pour compléter les réseaux de la carte gravimétrique.

Tîrgoviște și Domnești-Giurgiu) și Carpații Meridionali centrali (perimetre în foile de hartă Brașov, Sibiu, Orăștie, Rm. Vilcea și Tg. Jiu). Ele însu-mează o suprafață de cca 27.500 km^2 , care este acoperită cu 9558 stații hartă, ceea ce revine la o desime medie de cca $1 \text{ stație}/3 \text{ km}^2$. Figura 3 ilustrează diagrama realizărilor anuale corespunzătoare măsurătorilor gravimetrice. Începînd din 1963 — anul încadrării formației de teren cu un minim de personal tehnic — volumul anual al lucrărilor se menține aproximativ la același nivel. În perioada 1963 — 1966, majoritatea măsurătorilor au fost efectuate în regiuni greu accesibile : Carpații Meridionali centrali, Delta Dunării, zonele mlăștinoase și de luncă ale Dunării, băltile Ialomiței și Brăilei. Reușita măsurătorilor în aceste regiuni se datorează în bună parte utilizării elicopterului și șalupelor, ca mijloace de deplasare de la baze la profile și de-a lungul profilelor în lucru.

Volumul mai ridicat al lucrărilor din 1967, are o dublă explicație : o activitate de teren mai îndelungată și o morfologie simplă a teritoriului acoperit cu măsurători în cuprinsul foilor de hartă Ploiești, Tîrgoviște și Domnești (în jur de 75 % săs, restul regim colinar).

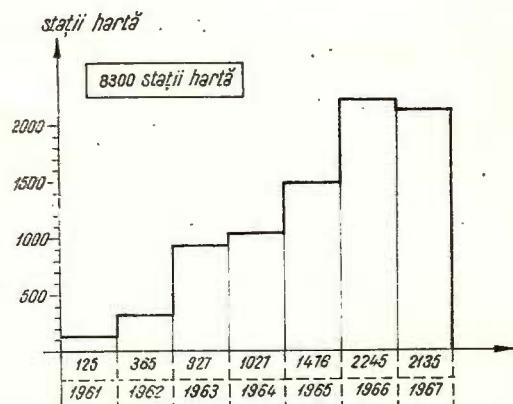
b) *Măsurători pentru harta magnetică.* Perimetrele acoperite cu măsurătorile magnetice se găsesc în aceleași regiuni ca și cele cu măsurători gravimetrice. În plus, au fost executate măsurători pe suprafete din foile de



hartă Rm. Vilcea, Slatina și T. Măgurele. Ele însumează o suprafață de cca 41.600 km^2 . În total au fost măsurate 8300 stații hartă ceea ce revine, în medie, la o desime de aproximativ 1 stație/ 5 km^2 . Figura 4 prezintă diagrama realizărilor anuale a măsurătorilor magnetice. Ele au crescut progresiv între anii 1961 și 1965; în anii 1966 și 1967, volumul lor este mai mare dato-

Fig. 4. — Diagrama realizărilor anuale pentru completarea rețelelor de hartă magnetică.

Diagramme des réalisations annuelles pour compléter les réseaux de la carte magnétique.



rită faptului că a putut fi organizată o grupă de teren care a executat măsurători magnetice independente de activitatea formației de gravimetrie.

Pentru perimetrele greu accesibile din munte, bălțile Dunării și Delta Dunării au fost utilizate, după caz, ca mijloace de deplasare de la baze la profile și pe profile, elicopterul și şalupa.

2. Măsurători pe laturile rețelelor naționale de ordinul I, II și III

Rețelele naționale, gravimetrică și magnetică, de ordinul I, au fost proiectate și executate în cursul Anului Geofizic Internațional. Rețeaua gravimetrică, proiectată pentru 28 stații a fost măsurată integral de Botezatu. Rezultatele măsurătorilor pentru 20 stații, dispuse într-o triangulație radială cu centrul în stația București, au făcut obiectul unui studiu complex, publicat (Botezatu, 1961). Rețeaua magnetică a fost proiectată și executată de Cristescu. Rezultatele acestor măsurători nu sunt încă publicate.⁷

Rețelele naționale, gravimetrică și magnetică, de ordinul II, au fost proiectate de aceiași autori care au proiectat și pe cele de ordinul I. Executarea lor a constituit, și constituie încă, o preocupare a formațiunilor

⁷ Tr. Cristescu. Măsurători magnetometrice pentru rețeaua de ordinul I a R.P.R. (1957–1960) (manuscris, la autor).

de teren ale C.S.G. Unele dintre aceste măsurători au fost grupate și prelucrate pe regiuni, ca de exemplu în cazul Dobrogei⁸.

Executarea foilor de hartă din Dobrogea, Cîmpia Română și Moldova de sud sau a celor în pregătire cu arii muntoase, din curbura Carpaților Orientali și din Carpații Meridionali centrali, au necesitat completarea rețelelor de ordinul II, inițiale, cu stații noi sau a impus constituirea rețelelor de ordinul III. În consecință urma să se execute, și parțial s-au executat, măsurători pe laturile noilor triunghiuri, respectiv pe laturile dintre aceste triunghiuri și laturile triunghiurilor limitrofe existente. Aceeași problemă se punea și pentru laturile triunghiurilor din Dobrogea și Cîmpia Română, inclusiv Moldova de sud, unde erau necesare traversări peste bălțiile Dunării.

a) *Măsurători pentru rețelele naționale gravimetrice.* În perioada 1961—1967 au fost înregistrate 3334 valori de interval Δg , măsurate pe laturile rețelelor de ordinul I, II și III. Circa 80% din volumul acestor măsurători a fost realizat cu ajutorul elicopterului, ca mijloc de deplasare. De altfel, fără elicopter, măsurătorile de pe laturile situate în regiuni greu accesibile, practic ar fi fost de nerealizat. În comparație cu deplasarea auto între stațiiile rețelei, elicopterul a asigurat nu numai o descreștere apreciabilă a intervalelor de timp între efectuarea citirilor, de la o stație la alta ci și o creștere foarte mare a volumului lucrărilor. Figura 5 arată diagrama realizărilor anuale a măsurătorilor pe rețelele gravimetrice naționale de ordinul I, II și III. Volumul ridicat de măsurători din anii 1964, 1965 și 1966 se explică, tocmai, prin utilizarea elicopterului. Analizând timpul afectat anumite măsurătorilor pentru rețele, corespunzător anilor 1966 și 1967, se constată că, cel cheltuit în anul 1967 este ceva mai mare decât celălalt.

Volumul mare al valorilor de interval Δg , determinate pe laturile rețelelor gravimetrice naționale de ordinul I, II și III, se explică prin aceea că măsurătorile au fost executate, simultan cu două gravimetre și că citirile se făceau de către 2—3 operatori, la ambele aparate. Seriile de citiri făcute la același aparat de doi sau trei operatori urmăreau eliminarea la maxim a erorilor subiective de măsurare. Chiar în aceste condiții, o latură se considera măsurată doar în urma a cel puțin trei treceri succesive prin cele două stații de la capetele ei.

Achiziționarea gravimetrușelui Sharpe în anul 1965, efectuarea de măsurători cu el în paralel cu gravimetrușel Nörgaard și compararea valorilor

⁸ R. Botezatu, Ruxandra Ștefănescu. Rețeaua de stații gravimetrice de ordinul II a R. S. România, I. Măsurători executate în perioada 1956—1961. Raport nr. 1231/1961. 1962. Arh. Com. Stat. Geol. București.

obținute, a ridicat problema revizuirii rețelei gravimetrice naționale de ordinul II. Revizuirea era cerută și de împrejurarea că, în anumite cazuri, existau situații de nerezolvat în ceea ce privește închiderile pe triunghiuri și de aici, repercutări nefavorabile în operația de aducere în stare de comparabilitate a rețelelor lucrărilor de teren. Această revizuire s-a făcut în bună parte în ultimii ani. Faptul că, pe teritoriul acoperit de foile de hartă defini-

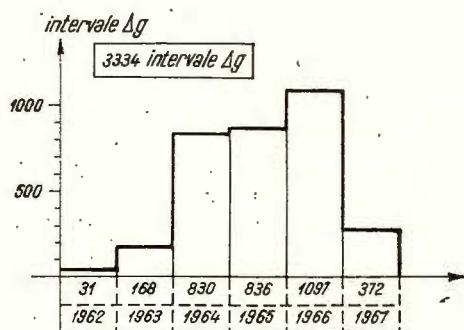


Fig. 5. — Diagrama realizărilor anuale pentru completarea măsurătorilor pe laturile rețelelor gravimétriques nationales de ordinul I, II, III.

Diagramme des réalisations annuelles pour compléter les mesurages des réseaux gravimétriques nationaux du I, II, III^e ordre.

tivate sau în pregătire imediată, se află 6 din cele 8 stații ale rețelei gravimétriques naționale de ordinul I, neincluse în schița de hartă publicată, (Boțea, 1961) și că, însăși această schemă, completată, prezintă laturi care pot comporta măsurători independente de precedentele, a făcut ca în operația de revizuire a rețelei gravimétriques naționale de ordinul II, să fie incluse și laturile corespunzătoare acestor situații. Cele șase stații din rețeaua gravimetrică națională, neincluse, sunt: Buzău, Călărași, Focșani, Pitești, Tg. Jiu și Tulcea.

b) *Măsurători pentru rețelele naționale magnetice.* Situația neschematizată a stațiilor rețelelor magnetice naționale de ordinul I și II, pe de o parte, și existența de date disparate pentru măsurătorile efectuate anterior, pe de altă parte, au făcut ca măsurătorile noastre să se desfășoare după un plan independent. În rețelele naționale cu stații de rețea în curs de constituire, au fost incluse stații din rețelele magnetice precedente, ori de câte ori s-a cunoscut poziția lor geografică. În felul acesta au fost măsurate în triunghiuri cca 120 stații de rețea vechi și noi. Cele 120 stații măsurate au asigurat operația de aducere în stare de comparabilitate a rețelelor lucrărilor de teren anterioare, la nivelul valorilor ΔZ ale rețelelor măsurate pentru harta magnetică.

3. Măsurători pentru aducerea la nivel comparabil a rețelelor lucrărilor selectate

Valorile Δg și ΔZ din rețelele lucrărilor anterioare, au fost raportate prin însăși natura lor — obținute fie prin prospecțiuni pe obiective economice strict delimitate fie în urma cercetării pe regiuni mai întinse — la niveluri relative unele față de altele. Deși există o rețea de stații de pendul (S o l e s c u , 1950), puține au fost lucrările executate înainte de constituirea rețelelor gravimetrice naționale, măsurate cu gravimetre statice, care să fi asigurat cel puțin o legătură cu una din stațiile din rețeaua de pendul. De abia după anul 1960, s-a generalizat procedeul ca, orice lucrare gravimetrică sau magnetică să fie încorporată cel puțin în rețelele naționale de ordinul II. Dar și atunci, procedeul de calcul în valori finale relative, prin raportare la un nivel de referire oarecare, a fost aplicat în majoritatea lucrărilor elaborate.

a) *Măsurători pentru harta gravimetrică.* În cazul cel mai general, această categorie de măsurători constă din reconstituirea pe teren a unor grupuri de stații din rețelele lucrărilor anterioare și, din măsurarea cantităților Δg și Δh în raport cu valoarea în cea mai apropiată stație din rețelele gravimetrice naționale de ordinul I, II sau III, respectiv din cel mai apropiat reper DTM din rețeaua de nivelment general.

Valorile Δg și Δh obținute pe această cale, sunt comparate cu intervalele Δg și Δh corespunzătoare lucrării considerate. Diferența dintre seriile de valori măsurate reprezintă cantitățile Δg și Δh care se adaugă la gravitatea observată, respectiv la cotele stațiilor selectate pentru aducerea la nivelul unic, prestabilit, al hărții naționale.

b) *Măsurători pentru harta magnetică.* Procedeul pentru aducerea la nivel comparabil a rețelelor din lucrările magnetice anterioare, este asemănător. Se reconstituie baza sau bazele lucrării considerate — în cazul cind acest lucru nu este posibil, sunt reconstituite grupuri de stații din rețea — și, se măsoară de mai multe ori intervalele ΔZ în raport cu stația cea mai apropiată din rețelele magnetice naționale de ordinul I, II sau III. Din gruparea și compararea valorilor ΔZ astfel obținute, cu valorile ΔZ corespunzătoare stațiilor din lucrarea anterioară, se determină valoarea cantității ΔZ care se adaugă pentru aducerea la nivelul prestabilit al hărții naționale.



ÎNCHEIERE

În încheiere, ar fi de relevat următoarele:

1. Situația concretă în care a luat ființă și s-a dezvoltat problema redactării hărților gravimetrice și magnetice ale R.S. România, scara 1 : 200.000, a impus constituirea unor formații de teren încadrate cu personal tehnic corespunzător și dotarea acestora cu aparatul geofizic adecvat, în vederea executării unor serii de măsurători necesare întocmirii hărților respective. Executarea acestor serii de măsurători pentru acoperirea activității viitoare, din ce în ce intensificată, cere o dotare și o încadrare la fel. Este de dorit, de asemenea, un sprijin mai substanțial din partea formațiilor cu profil asemănător din producție, prin programarea lor pentru executarea de lucrări de teren în vederea lichidării „petelor albe” de pe cuprinsul hărților geofizice naționale.

Tentativele de utilizare a valorilor \bar{g} , măsurate în exteriorul I.G.A. pentru laturile rețelei gravimetrice naționale de ordinul II, au indicat că se impune o reconsiderare a modalității de executare a măsurătorilor pentru rețelele naționale. Sunt numeroase laturi din rețeaua gravimetrică națională de ordinul II, pentru care s-au acumulat, de-a lungul anilor, 20–30 valori de interval Δg , măsurate cu aparate diferite, după procedee tehnice variate. Împrăștiera acestor valori depășește uneori 1,5 mgal. Este adevărat, există și serii de valori care se grupează pe intervale strânse, dar oricum s-ar alege aceste serii de valori, pentru închiderea unui triunghi, operația rămîne sub semn de întrebare. De altfel, o alegere arbitrară se face resimțită imediat, la închiderea triunghiurilor învecinate.

Propunerea noastră ar fi ca, măsurătorile pentru rețelele naționale să se execute numai în cadrul I.G.A., cu gravimetre și variometre de mare precizie. În plus, se recomandă folosirea elicopterului pentru deplasarea de la o stație de rețea la alta — indiferent de morfologia regiunii și de starea șoseelor auto — ceea ce asigură o creștere substanțială a calității măsurătorilor.

2. Evidențiem și cu această ocazie, contribuția deosebită a personalului tehnic la realizarea hărților geofizice naționale, atât la lucrările de teren, cât și la calcule. Consider o plăcută datorie să mulțumesc tehnicienilor D. Sturdza, A. Popescu, D. Popescu, C. Tudose și C. Oniga, pentru continuitatea și calitatea muncii lor, marcate adesea de abnegație și spirit de sacrificiu.



BIBLIOGRAFIE

- Airinei Șt., Stoeneșcu S. (1964) Relații cu privire la întocmirea hărții gravimetrice a R.S.R. (Anomalia Bouguer), sc. 1 : 500.000. *D.S. Com. Geol. L/1*. București.
- Stoeneșcu S. (1965) Redactarea și imprimarea hărții gravimetrice a R. S. România (Anomalia Bouguer), sc. 1 : 1.000.000. *Com. Geol., St. tehn. econ.*, D 5 București.
 - Botezatu R. (1958) Considerații asupra realizării unei rețele gravimetrice a R.P.R. prin măsurători cu gravimetru static. *Buletin Topografic, M.F.A.* 4. București.
 - (1961) Rețeaua gravimetrică a R. P. România. I. Triangulația stațiilor gravimetrice de ordinul I a R. P. Române. Acad. R.P.R., *Probleme de geofizică I*.
 - Socolescu M. (1950) Mesures gravimétriques au pendule. *Inst. Geol., St. tehn. econ.*, D 2, București.
-

TRAVAUX EFFECTUÉS EN TERRAIN DANS LE CADRE DE L'INSTITUT GÉOLOGIQUE ET DE L'INSTITUT DE GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE DU COMITÉ D'ÉTAT POUR LA GÉOLOGIE, ENTRE 1961—1967, POUR RÉDIGER LES CARTES GRAVIMÉTRIQUES ET MAGNÉTIQUES DE LA RÉPUBLIQUE SOCIALISTE DE ROUMANIE, ÉCHELLE AU 1/200 000

(Résumé)

On y présente un aperçu des travaux effectués en terrain entre 1961—1967 nécessaires à la rédaction des feuilles, échelle au 1/200 000, pour les cartes gravimétriques et magnétiques de la République Socialiste de Roumanie.

En terrains on a effectué trois catégories d'observations :

a) mesurages pour compléter les „taches blanches” du réseau terrestre des observations sélectionnées des travaux antérieurs. Les „taches blanches” recouvertes d'observations correspondent soit à des zones où l'on n'a pas pu effectuer des mesurages, étant situées dans des régions peu accessibles (Delta du Danube, marécages et plaine alluviale du Danube, Carpates Méridionales Centrales etc.) soit à des zones dont le matériel primaire antérieur ne peut pas être utilisé. On a recouvert d'observations : 27,500 km² avec 9558 stations pour la carte gravimétrique et 41, 600 km² avec 8300 stations pour la carte magnétométrique (pl. I).

b) mesurages pour compléter les côtés des réseaux nationaux gravimétriques et magnétiques du I, II, III^e ordre. On a obtenu 3334 intervalles Δg .

c) mesurages pour réduire à un niveau comparable les réseaux sélectionnés des travaux antérieurs. Dans ce but, en terrain, au préalable, sont



reconstituées les stations des réseaux des travaux existants et sont mesurés ensuite les intervalles Δg et ΔZ entre ces stations et les points convenants des réseaux nationaux du I, II, III^e ordre.

Pour la carte gravimétrique sont mesurés, de plus, aussi les intervalles Δh entre ces stations et les repères du système national de nivellation de précision.

Finalement on a fait une analyse globale des réalisations accumulées au cours de cette période pour rédiger les cartes géophysiques nationales (gravimétriques et magnétiques) ainsi que des propositions pour améliorer et accélérer les travaux en terrain.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Schéma des périmètres recouverts d'observations par les travaux effectués en terrains entre 1961—1967 pour les cartes gravimétriques et magnétiques de la République Socialiste de Roumanie, échelle 1/200.000 :

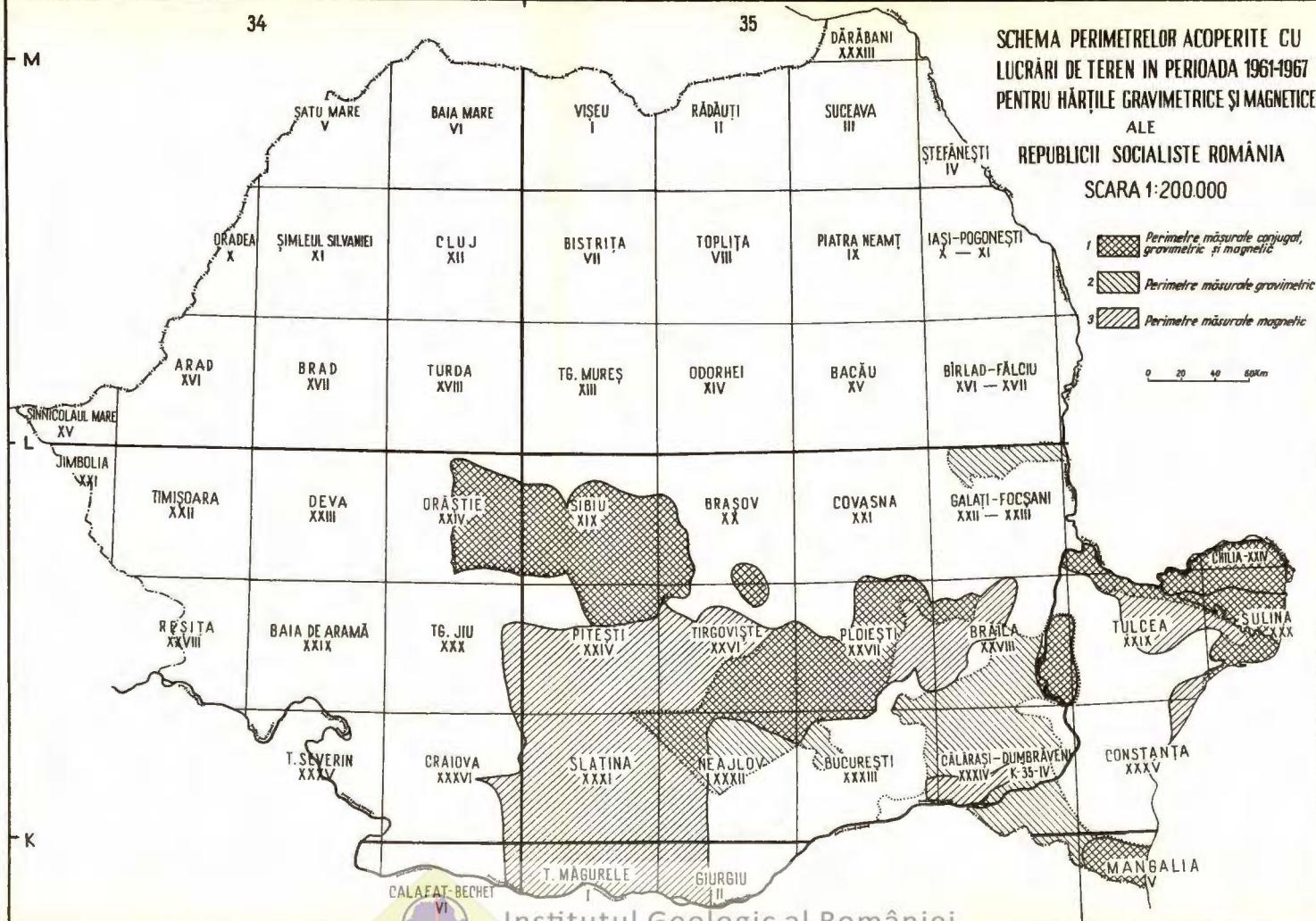
1, périmètres mesurés de manière conjuguée gravimétrique et magnétique ; 2, périmètres mesurés gravimétriquement ; 3, périmètres mesurés magnétiquement.



34

35

M



UTILIZAREA UNDELOR SEISMICE CONTINUU REFRACTATE
PENTRU STABILIREA DISTRIBUȚIEI DE VITEZE ÎN DOBROGEA
CENTRALĂ¹

DE

PETRE CONSTANTINESCU², SEVER SPÂNOCHE², FLORIN SCURTU²

Abstract

On Use of Continuously Refracted Waves for Establishing the Velocity Distribution in Central Dobrogea. The law of velocity variations with depth is determined by means of time-depth curves of continuously refracted waves recorded along a seismic profile in central Dobrogea. The method of use is presented, and the interpretation proceedings of seismic data in case of continuous media analysed. The results obtained yielded supplementary information on physical parameters of the geological section, as well as point out the eventual lithological differentiations within the formations studied.

Într-o lucrare anterioară (Constantinescu, Spânoche, 1967) s-a arătat că undele seismice înregistrate în prime sosiri, de-a lungul unui profil amplasat pe aria șisturilor verzi din Dobrogea centrală, sint continuu refractate. În consecință, complexul șisturilor verzi trebuie considerat, din punct de vedere seismic, ca un mediu continuu în care viteza crește cu adâncimea după o anumită lege.

Determinarea distribuției de viteze în șisturile verzi pe baza hodo-grafului undelor continuu refractate prezintă interes nu numai prin valoarea însăși a informațiilor cu privire la parametrii fizici ai mediului geologic într-o zonă în care pînă în prezent acestea lipsesc, dar și pentru însemnă-

¹ Susținută în ședință de comunicări științifice a Institutului de geofizică aplicată din 25 martie 1968.

² Institutul de geofizică aplicată. Sos. Kiseleff nr. 55, București.



tatea pe care o are precizarea metodicii de folosire și a performanțelor unor procedee de interpretare a datelor seismice în cazul mediilor continue. După cum se știe, creșterea continuă a vitezei cu adâncimea este frecvent întîlnită în seriile metamorfice și eruptive, care fac obiectul de cercetare a seismometriei miniere, activitate de mare actualitate și în continuă dezvoltare.

Utilizarea hodografului undelor continuu refractate în scopul determinării distribuției de viteze a constituit obiectul atenției mai multor cercetători, metodele propuse bazându-se pe diferite caracteristici cinematice ale undei seismice. În cele mai multe dintre acestea se utilizează valoarea vitezei aparente în diferite puncte ale hodografului. Incertitudinea cu care este determinat acest parametru a condus la elaborarea altor procedee, care să asigure obținerea unor rezultate mai puțin influențate de neomogenitățile superficiale.

În anul 1963, Levin propune o metodă care comportă antrenarea în calcul a unui număr mare de timpi de pe hodograf și aplicarea metodei celor mai mici patrate, ceea ce îi conferă un grad de precizie superior în comparație cu procedeele anterioare.

Autorul metodei admite că hodograful undei continuu refractate este o funcție continuă și cu derivate continue, deci se poate reprezenta analitic sub forma unei serii Mc. Laurin :

$$t(x) = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \dots + c_n x^n \dots \quad (1)$$

$$\text{unde } c_n = \frac{1}{n!} \frac{d^n t}{dx^n}(0)$$

Pentru că $t(0) = 0$, urmează $c_0 = 0$.

Întrucât și toate derivatele de ordin par $\frac{d^{(2k)} t}{dx^{(2k)}}(0)$ sunt nule, funcția $t(x)$ este impară, putindu-se scrie sub forma :

$$t(x) = a_1 x - a_2 x^3 + a_3 x^5 \dots \quad (2)$$

unde

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{1}{V(z)} \Big|_{z=0} = \frac{1}{V_0}, \quad a_2 = \frac{1}{4! V_0^3} \left(\frac{dV}{dz} \right)_{z=0}^2 \\ a_3 &= \frac{1}{5! 16 V_0^5} \left[9 \left(\frac{dV}{dz} \right)^4 - 8 V_0 \left(\frac{dV}{dz} \right)^2 \frac{d^2 V}{dz^2} \right]_{z=0} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Termenii cu puteri mai mari ale lui x pot fi neglijati în folosirea practică a procedeului.



Funcția $V(z)$ se poate și ea dezvolta în serie Mc. Laurin :

$$V(z) = V_0 + z \left(\frac{dV}{dz} \right)_{z=0} + \frac{z^2}{2!} \left(\frac{d^2V}{dz^2} \right)_{z=0} + \dots \quad (4)$$

Folosind relațiile (3), legea de variație a vitezei pe verticală (4) devine :

$$V(z) = \frac{1}{a_1} + \frac{2}{a_2} \sqrt{\frac{6a_2}{a_1}} \cdot z + \frac{27a_2^2 - 10a_1a_3}{2a_1^2a_2} \cdot z^2 \quad (5)$$

Pentru determinarea coeficienților a_1, a_2, a_3 se aplică metoda celor mai mici patrate, utilizându-se timpii de sosire ai undei continuu refractate la diferite distanțe x_k față de punctul de explozie.

În fiecare punct al hodografului, formula (2) se poate scrie sub forma :

$$t_k - a_1 x_k + a_2 x_k^3 - a_3 x_k^5 = \varepsilon \quad (6)$$

Dacă se citesc timpii în n puncte ale hodografului și se pune condiția ca suma patratelor abaterilor să fie minimă, se obține sistemul :

$$\begin{aligned} a_1 \sum_{k=1}^n x_k^2 - a_2 \sum_{k=1}^n x_k^4 + a_3 \sum_{k=1}^n x_k^6 &= \sum_{k=1}^n x_k t_k, \\ a_1 \sum_{k=1}^n x_k^4 - a_2 \sum_{k=1}^n x_k^6 + a_3 \sum_{k=1}^n x_k^8 &= \sum_{k=1}^n x_k^3 t_k, \\ a_1 \sum_{k=1}^n x_k^6 - a_2 \sum_{k=1}^n x_k^8 + a_3 \sum_{k=1}^n x_k^{10} &= \sum_{k=1}^n x_k^5 t_k. \end{aligned} \quad (7)$$

Valorile a_1, a_2, a_3 , determinate din acest sistem, se introduc în (5) obținându-se astfel legea de variație a vitezei cu adincimea, corespunzătoare hodografului observat.

Datele seismice din Dobrogea centrală au fost prelucrate cu procedeul descris mai sus, folosindu-se următoarea metodică de lucru :

s-a construit un singur grafic în care au fost trecuți timpii de inseriere ai undei în funcție de distanță pînă la punctul de explozie ;

remarcindu-se că există două tendințe de grupare a timpilor observați în funcție de poziția punctelor de explozie, s-au admis două curbe mediațioare, deci doi hodografi reprezentativi, unul pentru zona nordică (Rimnicu de Jos — Grădina) și altul pentru cea sudică (Tîrgușor — M. Kogălniceanu) ;

pe fiecare din acești hodografi s-au citit valori de timp din 500 în 500 m, în 18 puncte. Aceste valori de timp, împreună cu distanțele corespunzătoare pînă la punctul de explozie au fost introduse în sistemul (7).

Valorile a_1 , a_2 , a_3 , determinate din acest sistem, introduse în relația (5) au condus la următoarele legi de variație a vitezei cu adâncimea :

$$\text{pentru zona nordică } V(z) = 4860 + 0,78z + 21 \cdot 10^{-6}z^2; \quad (8)$$

$$\text{pentru zona sudică } V(z) = 4450 + 0,89z + 87 \cdot 10^{-6}z^2 \quad (9)$$

adâncimea z se exprimă în m, viteza $V(z)$ în m/s).

Evident, nu suntem îndreptățiți să admitem valabilitatea acestor legi decât pînă la adâncimea maximă de pătrundere a razei seismice. Această adâncime, care depinde de valoarea gradientului vertical și de lungimea dispozitivului de observație, poate fi calculată. Procedeul Wiechert—Cibisov stabilește formula exactă de calcul a acestei adâncimi H_n la care viteza $V(H_n)$ este egală cu viteza aparentă $V^*(x_n)$ la distanța x_n de punctul de explozie :

$$H_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{x_n} \operatorname{arch} \frac{V^*(x_n)}{V^*(x)} dx \quad (10)$$

Pentru determinări practice se folosește formula :

$$H_n = \frac{\Delta x}{\pi} \sum_{x_i=0}^{x_i=x_n} 2,3026 \log \left\{ \frac{V^*(x_n)}{V^*(x_i)} + \sqrt{\left[\frac{V^*(x_n)}{V^*(x_i)} \right]^2 - 1} \right\} \quad (11)$$

unde Δx este echidistanța punctelor în care se fac citirile pe hodograf, iar $V(x_i)$ este viteza aparentă determinată pe baza aceluiași hodograf în punctul x_i .

Pentru $x_n = 9000$ m (lungimea maximă a hodografilor utilizati) s-a determinat cu formula (11) adâncimea maximă de 1400 m pentru zona nordică și 1300 m pentru zona sudică.

Folosind această formulă, s-au făcut determinări și pentru adâncimi intermediare.

Legea de variație a vitezei cu adâncimea se poate determina aproximativ și printr-un procedeu propus de A v e r b u h în 1965, care se bazează pe folosirea graficului diferențelor de timp între hodografii următori. Presupunând că acest grafic este reprezentat de o dreaptă (ceea ce se constată în cele mai multe cazuri reale) se ajunge la următoarea formă a legii de variație a vitezei :

$$V(z) \simeq V_{\text{strat}} \left[1 + 3,54 \left(\frac{b \cdot z \cdot V_{\text{strat}}}{2l} \right)^{2/3} \right] \quad (12)$$



unde: b este panta graficului diferențelor de timp între hodografii urmăritori, l este distanța între punctele de împușcare corespunzătoare hodografilor urmăritori considerați, iar z adâncimea pentru care se calculează viteza.

Cu datele extrase din hodograful zonei sudice, această lege devine:

$$V(z) = 4400 + 6,91 z^{\circ}$$

Rezultatele obținute prin utilizarea celor trei procedee de determinare a vitezelor sunt prezentate în figura 1.

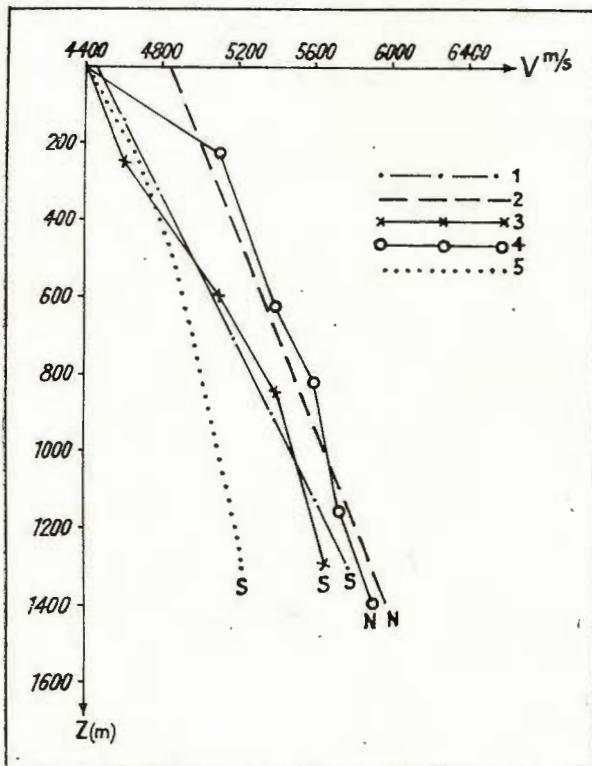


Fig. 1. — Graficul distribuției vitezei :

1. procește Levin în zona sudică;
2. procește Levin în zona nordică;
3. procește Wiechert-Cibisov în zona sudică;
4. procește Wiechert-Cibisov în zona nordică;
5. procește Averbuh.

Graphique de la distribution des vitesses :

1. procédé Levin dans la zone méridionale;
2. procédé Levin dans la zone septentrionale;
3. procédé Wiechert-Cibisov dans la zone méridionale;
4. procédé Wiechert-Cibisov dans la zone septentrionale;
5. procédé Averbuh.

Considerind că legea de variație a vitezei obținută prin proceștele lui Levin este cea mai apropiată de realitate, remarcăm că abaterile celorlalte două metode sunt de ordinul a 200 m/s. Aceste abateri justifică

aplicarea metodelor aproximative descrise, sub rezerva folosirii ultimei metode numai pentru adâncimi mici (pentru care $\frac{V_{\text{strat}}}{V^*(x_n)} > 0,9$), după cum menționează și autorul ei.

Graficul prezentat în figura 1 evidențiază anumite particularități ale procedeelor utilizate. Primul și al treilea procedeu stabilesc o lege de variație continuă a vitezei pe baza înglobării în calcul a unor valori medii,

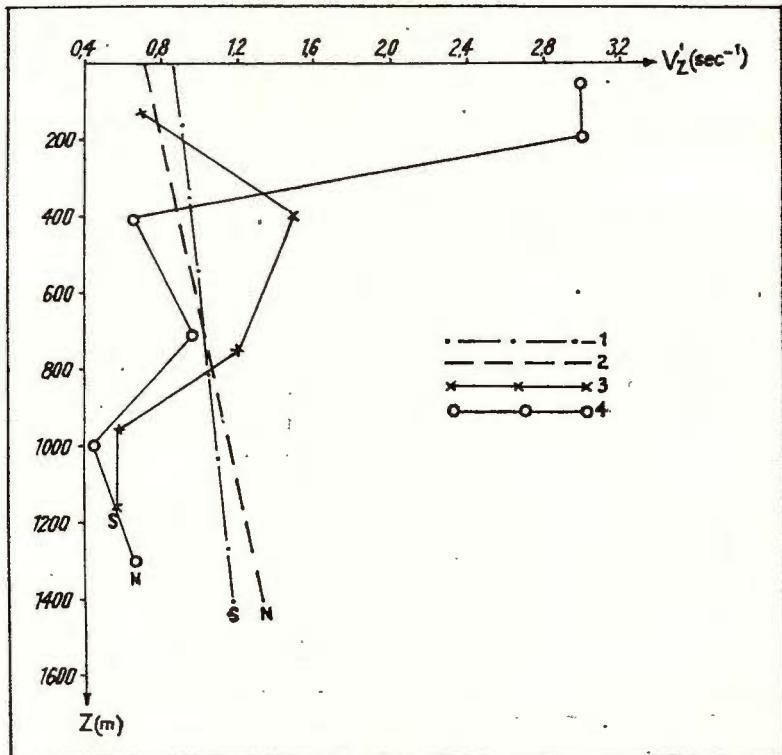


Fig. 2. — Graficul gradienților :

1. procedeu Levin pentru zona sudică; 2. procedeu Levin pentru zona nordică; 3. procedeu Wiechert-Cibisov pentru zona sudică; 4. procedeu Wiechert-Cibisov pentru zona nordică.

Graphique des gradients :

1. procédé Levin pour la zone méridionale; 2. procédé Levin pour la zone septentrionale; 3. procédé Wiechert-Cibisov pour la zone méridionale; 4. procédé Wiechert-Cibisov pour la zone septentrionale.

care conferă legii un caracter de regionalitate, spre deosebire de cel de al doilea procedeu, care poate sesiza și variații locale de viteze. Într-adevăr, în acest din urmă caz calculul se face pe baza valorilor vitezei aparente, care pot reflecta și variații locale de viteză în mediul traversat de unda seismică.

Analiza hodografilor obținuți în Dobrogea centrală constituie un exemplu de valorificare mai completă a datelor de observație, pentru obținerea unor informații suplimentare referitoare la parametrii fizici ai secțiunii geologice.

Rezultatele lucrării de față pot avea însă și o semnificație geologică, legată de eventuale diferențieri litologice în complexul șisturilor verzi. Într-adevăr, diferența între distribuția vitezelor din zona nordică și cea sudică a profilului studiat, precum și evoluția neuniformă a gradientului vitezei cu adincimea (fig. 2), sugerează diferențe în litologia șisturilor verzi în aceste două zone.

Prin completarea datelor de observație s-ar putea aduce precizări, în sensul stabilirii unei corelații certe între distribuția în spațiu a parametrilor fizici și a celor geologici.

BIBLIOGRAFIE

- Averbuh A. G. (1963) Ob interpretații godografov refraghirovannih voln, *Prikl. Gheof.*, 36, Moscova.
- Cibisov S. V. (1931) K teorii seismiceskogo godografa. *Biul. Gos. gheof. in—ta R.S.F. S.R.*, 36, Moscova.
- Constantinescu P., Spânoche S. (1967) Unde continuu refractate și unde de schimb P.S.P. în înregistrările seismice din Dobrogea centrală (zona șisturilor verzi). *Stud. cerc. geol., geof., geogr. seria geofizică* 5, 2, București.
- Levin A. N. (1965) Primenenie stepennih riadov dlia rešenija obratnoi zadaci po godografu refraghirovannih voln. *Prikl. Gheof.* 41, Moscova.

UTILISATION DES ONDES SÉISMIQUES CONTINUELLEMENT RÉFRACTÉES POUR ÉTABLIR LA DISTRIBUTION DES VITESSES DANS LA DOBROGEA CENTRALE

(Résumé)

Dans le présent ouvrage les auteurs essayent d'établir la loi de la variation de la vitesse avec la profondeur à l'aide de la courbe temps-distance des ondes continuellement réfractées enregistrées dans la Dobrogea Centrale (zone des schistes verts).



On a utilisé le procédé proposé par Levin, c'est à dire d'introduire dans le calcul un grand nombre de valeurs de temps prélevées à la courbe temps-distance et d'appliquer la méthode des moindres carrés.

On a déterminé les lois suivantes de la variation de la vitesse, avec la profondeur :

$$V(z) = 4860 + 0,78z + 21 \cdot 10^{-6} z^2 \text{ pour la zone N du profil et}$$

$$V(z) = 4450 + 0,89z + 87 \cdot 10^{-6} z^2 \text{ pour la zone S.}$$

La valabilité de ces lois peut être extrapolée jusqu'à la profondeur maximum de pénétration du rayon séismique au cas des investigations effectuées. Le calcul de cette profondeur a été effectué par le procédé Wiechert—Cibisov qui relève la profondeur de 1400 m pour la zone septentrionale et de 1300 m pour la zone méridionale. En utilisant ce procédé on a déterminé les valeurs de la vitesse de plusieurs endroits situés à différentes profondeurs intermédiaires.

Pour la zone méridionale on a également utilisé le procédé de calcul proposé par Averbuh qui a conduit à la loi suivante :

$$V(z) = 4400 + 6,91 z^{1/3}.$$

Il est à remarquer une bonne concordance avec la loi obtenue par le procédé Levin, mais seulement pour des profondeurs allant jusqu'à environ 400 m.

La détermination de la distribution des vitesses dans les schistes verts de la Dobrogea Centrale amène des informations supplémentaires sur les paramètres physiques de la coupe géologique en donnant la possibilité de faire remarquer certaines variations lithologiques dans les formations ayant fait l'objet de ces études.

En comparant les méthodes utilisées on peut faire des appréciations sur leur efficacité.



PROSPECTIUNI SEISMOMETRICE-REFRACTIE ÎN BAZINUL ZALĂULUI¹

DE
MIHAI POPESCU, SEVER SPĂNOCHE²

Abstract

S e i s m i c - R e f r a c t i o n P r o s p e c t i n g i n t h e Z a l ă u B a s i n . The seismic prospecting of the Zalău basin has been carried out in order to determine the geological structures with possibilities of accumulating hydrocarbids and obtaining seismogeological information as regards depth zones. The works have been carried out by means of the refraction wave correlation method, the limit between sedimentary formations and basement, as well as some fractures affecting it, being determined. There have been evidenced an uplifted zone of the basement trending WSW—ENE and two sinking zones a western and an eastern one, which represent the linkage with the Pannonian and the Baia Mare basins. The maximum depth at which the crystalline basement is to be found in the Zalău basin reaches approximately 2800 m and occurs in the northwestern part of the region.

Prospecțiunea seismometrică executată în bazinul Zalăului a avut ca scop determinarea structurilor geologice cu posibilități de acumulare de hidrocarburi și obținerea de informații seismogeologice privitoare la zonele de adâncime.

Lucrările au fost executate prin metoda de corelare a undelor refractate, acoperindu-se o suprafață de cca 1800 km².

Geologia regiunii. Prezentind interes economic, regiunea a început să fie cercetată geologic încă din secolul trecut, însă pe porțiuni mici și disparate. Abia în ultimul timp P a u c ă et al. (1962) ne pun la dispoziție o lucrare geologică foarte documentată asupra bazinului Zalăului³.

¹ Susținută în ședință de comunicări științifice a Întreprinderii geologice de prospecții din 9 martie 1966.

² Întreprinderea geologică de prospecții. Cal. Griviței nr. 64. București.

³ M. P a u c ă, A n t o a n e t a C l e m e n s. Vîrsta pietrișurilor din regiunea de sud a bazinului Silvaniei. 1963. Arh. Com. Geol. București.



Din punct de vedere stratigrafic, se prezintă următoarea succesiune :

Cristalinul este constituit din roci de epizonă, mezozonă și uneori de catazonă. El apare în munții Rez, munții Mezeș, munții Bîcului și ca insule în interiorul bazinului, la Măgura Șimleului și Heghișa.

Sunt prezente în regiune formațiuni care aparțin Triasicului, Cretacicului superior, Danian-Paleocenului și Eocenului inferior.

Transgresiv peste formațiunile enumerate mai sus, pe o suprafață destul de mare, apar depozite tortoniene. Urmează apoi Sarmațianul, Pontianul, Dacianul, Levantinul și Cuaternarul. Rocile eruptive apar sporadic și indică existența unei activități vulcanice reduse.

În tectonica regiunii se disting două unități structurale : cristalinul cu întreg sedimentarul preneogen și cuvertura neogenă.

Formațiunile preneogene au fost afectate de mișcări pe verticală, mișcări ce au dus la formarea unui sistem de falii cu orientări diferite. Aceste falii au compartimentat fundamentul în mai multe blocuri. Astfel s-au format horsturile munților Mezeș și Rez, Măgura Șimleului, precum și insula de cristalin de la Heghișa și munții Bîcului.

Formațiunile neogene au în general o tectonică liniștită, însă și ele au suferit mișcări pe verticală. Caracteristice pentru aceste formațiuni sunt numeroasele falii cu amplitudini mici.

Lucerări geofizice anterioare. Prospecțiunile electrometrice⁴ au pus în evidență zona de ridicare a fundamentului cristalin din zona Uileac, iar cele gravimetrice⁵, ridicările fundamentului de la Măgura Șimleului și din munții Mezeș, care corespund unor zone de maxim gravimetric. Bazinul Sârmășagului și Nușfalăului, precum și săntul Zalăului, corespund unor zone de minim gravimetric.

Prospecțiunile seismometrice⁶ din bazinul Chioarului se extind și în partea nordică a bazinului Zalăului unde apar două orizonturi reflectatoare continue.

Metodica lucrărilor de teren. Pentru rezolvarea problemei date, profilele de înregistrare s-au amplasat perpendicular pe direcția structurilor

⁴ I. Popescu. Raport asupra lucrărilor de prospecție electrometrice în bazinul Silvaniei. 1952. Arh. Com. Geol. București.

⁵ I. Trimbis. Raport asupra lucrărilor gravimetrice din regiunea Șimleul Silvaniei—Oradea. 1951. Arh. Com. Geol. București.

⁶ S. Buchman. Raport asupra lucrărilor seismice de reflexie executate în bazinul Chioarului. 1951. Arh. Min. Petr. București.

cunoscute. Înregistrările au fost efectuate astfel încit să se obțină sisteme de hodografi încrucișați, legați la timpii reciproci, prin panouri lungi de 8—12 Km. În unele cazuri s-au efectuat înregistrări și în prelungirea panourilor, cind nu existau suprapunerii, în vederea realizării hodografilor generalizați. Zona de suprapunere a hodografilor următori a variat între 500—1500 m.

Lucrările de înregistrare au fost efectuate cu o stație de frecvență medie tip SS—24—P, cu seismografi electrodinamici tip SPED—56 și ulterior cu seismografi tip SPEN—1, acordăți pe frecvență de 9 Hz. S-a folosit filtrul 0—30 Hz. Nu s-au folosit mixerul, amplificările automate și exponențiale.

Rezultatele prospecțiunii seismometrice. Materialul seismic obținut, în majoritatea cazurilor, a fost de calitate bună, fapt care a permis separarea regiunii din punct de vedere seismic (după vitezele de propagare a undelor) în două zone (de E și de W), delimitate prin linia ce unește munții Bîcului-cristalinul Heghișa-munții Rez.

În ambele zone s-au înregistrat unde ce aparțin unor limite din sedimentar (pe care le vom nota cu „A”) și unde de la suprafața fundamentului (pe care le vom nota cu „B”).

În zona vestică, undele „A” au viteze aparente cuprinse între 1700—2500 m/s, frecvență de 30—35 Hz și apar de regulă cu trei cicli, cu amplitudini mai mari ca ale undei „B”. Undele „B” au amplitudini mai mici, frecvență cuprinsă între 18—25 Hz și viteze aparente de 5 000—7000 m/s. În această zonă s-a remarcat, în sosiri ulterioare, prezența unei alte unde, generată probabil de o limită refractatoare din interiorul fundamentului.

În zonaestică apar de asemenea cele două suite de unde („A” și „B”), însă trecerea dintre ele nu mai este așa de netă ca în primul caz, ci se face în mod treptat. Vitezele aparente ale undelor „A” variază între 1800—4000 m/s. Caracteristicile dinamice și cinematice prezintă de asemenea o trecere gradată de la undele „A” la undele „B”.

În ansamblu, limita sedimentar-fundament, construită pe baza materialului de teren, prezintă o serie de coboriri și ridicări ce delimită unele bazine de sedimentare. Astfel s-a determinat bazinul Nușfalăului, bazinul Sărmășagului, șanțul Zalăului și zona de maximă afundare, din nord-estul regiunii prospectate, care face legătura bazinului Zalăului cu bazinul Chioarului, unde grosimea maximă a depozitelor sedimentare este de cca 2800 m.



Pe profilele executate au fost puse în evidență mai multe accidente tectonice cu amplitudini diferite. În zona cu grosime mare a sedimentelor limita sedimentar-fundament coboară în trepte. Prezența faliilor, a treptelor fundamentului ca și insulele de cristalin de la suprafață, mărginile de puternice fali, verifică ipoteza geologică de asemănare a fundamentului cu un mozaic, blocurile situându-se la diferite niveluri.

Se remarcă deplina concordanță între lucrările gravimetrice și cele seismice de refracție. În plus, lucrările seismice au indicat grosimea depozitelor sedimentare și amplitudinea unor fali. Pentru a ilustra corespondența între lucrările seismice și gravimetrice, la fiecare secțiune s-a trasat și curba de variație Δg (pl. II).

Pentru a avea o imagine în plan asupra reliefului limitei sedimentar-fundament, determinată prin lucrările de refracție, s-a construit o schiță structurală la nivelul acestei limite (pl. I).

Pe schiță se evidențiază o zonă de boltire, orientată aproximativ WSW—ENE, care începe din marginea munților Rez, traversează insula de cristalin Heghișa și se continuă spre cristalinul din munții Bîcului. Această boltă desparte bazinul Zalăului în două părți. În partea vestică se remarcă zona de afundare Nușfalău și insula de cristalin Șimleul Silvaniei. În partea estică menționăm zona de afundare șanțul Zalăului și zona de afundare Cehul Silvaniei, care se continuă spre bazinul Baia Mare. La N de localitatea Panic, apare o zonă de boltire închisă de izobata — 200 și la N de localitatea Crișeni, o zonă de afundare închisă de izobata — 500. Este posibil ca accidentul Crișeni—Oarța să fie în legătură cu falia determinată geologic, din flancul estic al munților Bîcului.

PROSPECTIONS SÉISMOMÉTRIQUES PAR RÉFRACTION DANS LE BASSIN DE ZALĂU

(Résumé)

À la suite des travaux séismiques exécutés dans le bassin de Zalău à l'aide de la méthode de la corrélation des ondes réfractées on a déterminé l'épaisseur des dépôts sédimentaires, respectivement le relief de la limite d'entre les dépôts sédimentaires et le soubassement.

Deux zones différentes au point de vue de la vitesse de propagation des ondes séismiques (de l'E à l'W) y ont été mises en évidence, séparées



par la ligne Monts Rez — île du cristallin de Heghișa — Monts Bîc. En comparant les données obtenues dans cette zone à celles obtenues dans des zones adjacentes on constate l'existence d'une grande ressemblance entre les dépôts de la zone orientale et ceux du bassin de Baia Mare et entre ceux de la zone occidentale et ceux du bassin pannonien.

À la limite entre les dépôts sédimentaires et le soubassement apparaît toute une série de failles et de gradins, fait qui permet une parallélisation des résultats géophysiques et géologiques conformément à laquelle le soubassement se présente comme une mozaïque, les blocs se trouvant à des niveaux différents.

On constate qu'il y a une ressemblance entre la forme de la limite dépôts sédimentaires — soubassement et la forme de la courbe de variation $\Delta g.l$.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I

Esquisse structurale — région du bassin de Zalău;
1, accident séismique; 2, isobathes du soubassement.

Planche II

Coupe séismique no VII — région du bassin de Zalău;
1, points d'enregistrement; 2, points de forage; 3, azimut du profil; 4, limite construite à l'aide de la méthode des champs de temps.

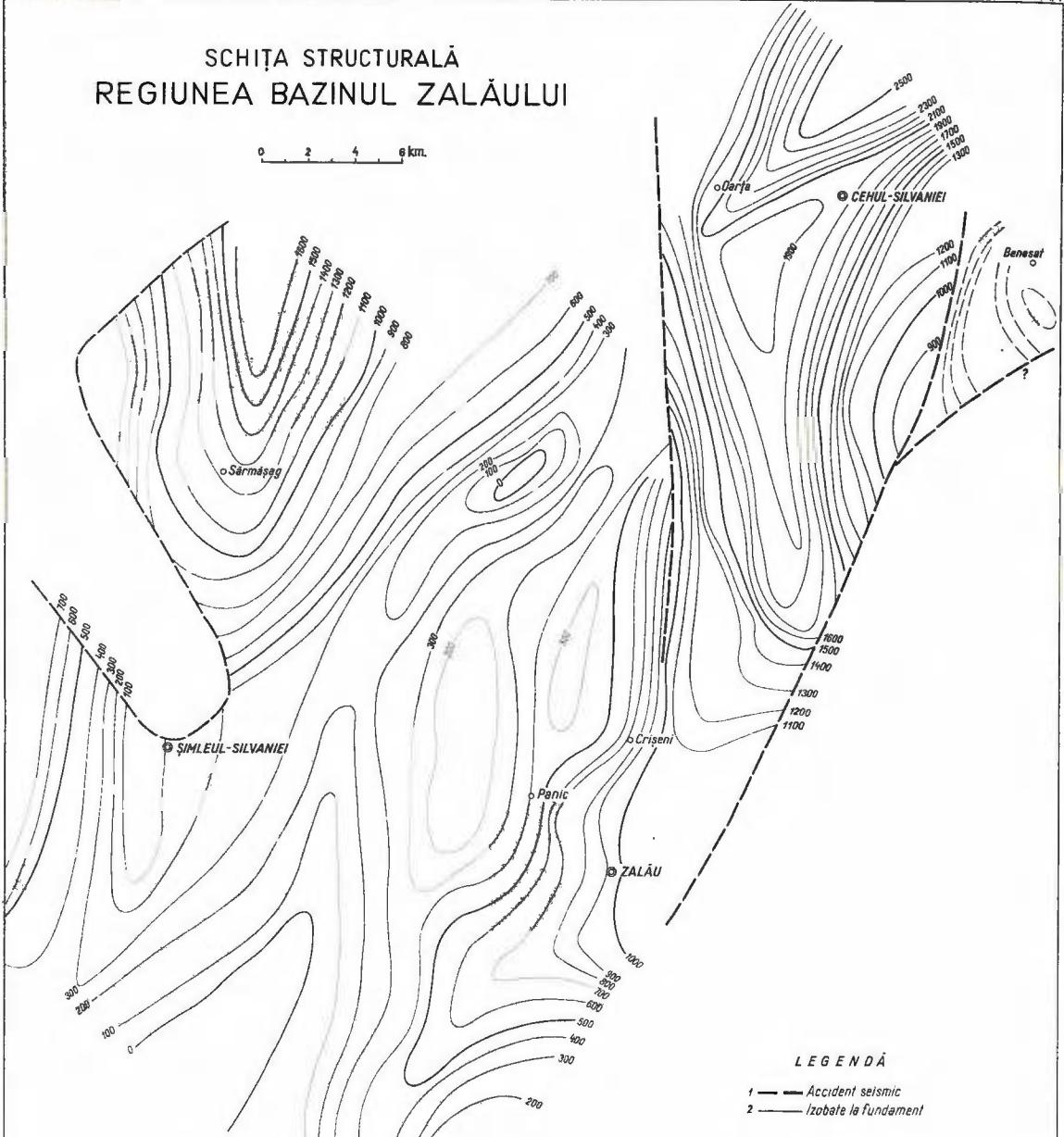




Institutul Geologic al României

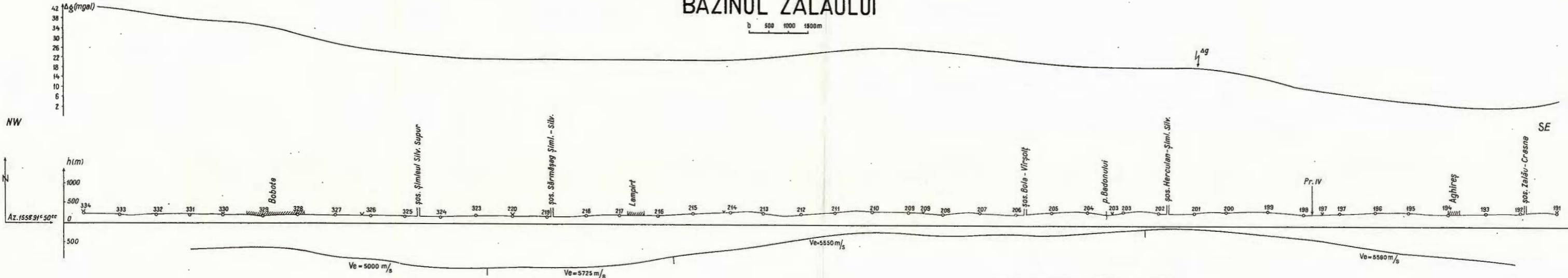
SCHIȚA STRUCTURALĂ REGIUNEA BAZINUL ZALĂULUI

0 2 4 6 km.



Institutul Geologic al României

SECȚIUNE SEISMICĂ Nr.VII
REGIUNEA
BAZINUL ZALĂULUI



LEGENDA

- 1 —— Locații de înregistrare
- 2 — Locații forate
- 3 Az. 1558.91° ± 50'ee
- 4 VI = 2500 m / s Limită construită după metoda cimpurilor de tempi



PROSPECTIUNI SEISMICE PENTRU FUNDAMENT ÎN BAZINUL CIUCULUI INFERIOR¹

DE

ELEONORA SPÂNOCHE, SEVER SPÂNOCHE²

Abstract

S e i s m i c P r o s p e c t i n g o f t h e B a s e m e n t i n t h e L o w e r C i u c B a s i n. From the seismic section obtained it results that the bottom of the crystalline basement is to be found at depths ranging from 600 to 1400 m, an increase in depth occurring in the western part of the area. The presence of two zones with an uplifted basement, which seem to be the periclinal termination of the Lunca and Valea Rece anticlines in the northern part of the area, is particularly conspicuous. The presence of the East Carpathians flysch formations overlying the crystalline basement is pointed out; they sink southwards extending bellow the alluvions of the basin up to the vicinity of the western eruptive range. A fault zone approximately orientated northsouthwards with a more uplifted eastern compartment is to be noticed at the level of the basement in the eastern part of the area investigated.

Introducere. Regiunea cercetată de noi în campania anului 1965, prin prospecțiuni seismice de refracție, este delimitată la N de depresiunea Ciucului superior, iar la S și W de lanțul vulcanic Harghita.

O r o h i d r o g r a f i e. În partea vestică și sudică a sectorului studiat se găsesc înălțimile cele mai mari (pînă la 1300 m), constituite din roci eruptive neogene. Contactul lanțului vulcanic cu depresiunea Ciucului se face printr-un piemont ușor înclinat, constituit din bolovănișuri. În bazinul Ciucului inferior înălțimile medii sunt de ordinul a 650 m. În estul bazinului, contactul cu Carpații Orientali se face relativ brusc, prin formațiunile flișului intern.

¹ Sustinută în ședința de comunicări științifice a Întreprinderii geologice de prospecțiuni din 7 martie 1966.

² Întreprinderea geologică de prospecțiuni. Cal. Griviței nr. 64. București.



Sectorul cercetat este drenat de valea Oltului, care străbate regiunea de la N la S. Văile confluente prezintă direcții de curgere aproximativ E—W, cele mai importante fiind pe partea dreaptă : Valea Mare a cărei confluență cu Oltul se află la Sinerăieni, valea Cheres, iar pe partea stângă valea Fișag.

Cadrul geologic general al regiunii. Cele mai vechi formațiuni care apar în perimetrul cercetat sunt stratele de Sinaia și stratele de Bistra, dezvoltate în partea estică a regiunii, în dreptul localităților Armășeni, Ciucșingeorgiu, Bancu, Cozmeni. Aceste formațiuni fac parte din zona cea mai internă a flișului Carpaților Orientali, alcătuind o unitate tectonică, cunoscută sub numele de : unitatea de Ceahlău (Dumitrescu, 1962), pînza internă superioară (Filipescu, 1955) sau unitatea vest-internă (Băncilă, 1958).

Săndulescu (1964) consideră următoarea succesiune a formațiunilor în această zonă a flișului :

Stratele de Sinaia inferioare, alcătuite din marno-calcare și calcare marnoase în plăci sau în bancuri de 10—20 cm cu rare intercalări de gresii calcaroase subțiri ; vîrsta acestui pachet de strate (gros de 400 — 700 m) este atribuită Berriasianului superior.

Stratele de Sinaia superioare, cuprinzînd o alternanță ritmică de gresii calcaroase sau marnocalcare cenușii și marne cenușiu-negricioase, în grosime totală de 400 m. Vîrsta acestui complex este valanginian-hauteriviană.

Deasupra orizontului superior al stratelor de Sinaia, la E de anticlinialul Lunca, în continuitate de sedimentare, urmează un complex grezos, gros de peste 1 000 m, care devine din ce în ce mai grosier (pînă la conglomeratic) spre partea superioară. Acest complex a fost separat sub denumirea de strate de Bistra. Stratele de Bistra inferioare sunt constituite din gresii calcaroase masive, marne șistoase, marnocalcare cenușii masive și au o grosime de 600 — 700 m. Stratele de Bistra superioare sunt reprezentate printr-un pachet gros de 500 m de gresii masive. Vîrsta strateelor de Bistra este considerată, în această zonă, barremian-apitană.

Zona ocupată de stratele de Sinaia și de Bistra se caracterizează printr-un stil de cutare ejectiv, cu anticlinale înguste și cu sinclinală largi. De la W la E se întlnesc următoarele structuri : anticlinialul Lunca și anticlinialul Valea Rece, dezvoltate pe stratele de Sinaia. Aceste anticlinale au direcții aproximativ N—S. Anticlinialul Valea Rece — cu caracter de anticlinoriu — se continuă de la S de valea Trotușului sub aspectul unei cufe faliante.

La E de aceste două anticlinale, într-o zonă mai coborîtă, în care se dezvoltă stratele de Bistra, se găsesc : sinclinalul Orodicul Mic—Ugra, an-



ticinalul Barto, sinclinalul Muntele Înalt, anticlinalul pîrîul Aldămaș—pîrîul Muntelui.

În vestul și sudul bazinului Ciucului inferior cele mai mari suprafețe sunt ocupate de roci andezitice; se mai recunosc roci piroclastice, tufuri și aglomerate și numai local roci cu caracter intrusiv (V a s i l e s c u, 1964).

Rocile piroclastice ocupă suprafețe întinse, în special în partea estică a munților Harghita, în zonele cu altitudini scăzute. Ele sunt foarte bine dezvoltate în vestul satului Sîncrăieni. Pirolastitele sunt alcătuite din fragmente colțuroase de andezite, prinse într-un ciment tufo-gen, larg dezvoltat. Grosimea nivelului de pirolastite ajunge pînă la 300 m și reprezintă baza complexului vulcanic din regiune.

Peste acest postament constituie din produse piroclastice, stau sporadic andezitele cu hornblendă verde.

Deasupra acestora se dezvoltă pe suprafețe întinse, în special în partea de W a zonei de pirolastite, andezitele cu piroxeni.

Atât în cuprinsul zonelor ocupate de andezitele cu piroxeni, cât și în afara acestora, au fost întâlnite intruziuni de tipul dyke-urilor (de exemplu la cariera Sîncrăieni).

Pe marginea bazinului Ciucului inferior, în special în W, apar formațiuni pliocene constituite din pietrișuri și argile, cu strate subțiri de lignit, marne și nisipuri.

Cea mai mare parte a bazinului este acoperită de formațiuni cua-ternare: conuri de dejecție, aluviuni, terase și lehmuri.

Rezultate geofizice anterioare. În bazinul Ciucului inferior au fost executate atât lucrări de gravimetrie cât și de magnetometrie (A r i n e i, 1963). Lucrările gravimetrice pun în evidență, în partea vestică a regiunii, o zonă de gradient orizontal puternic, orientată NW—SE, interpretată de autor ca o zonă de faliere (falia majoră a munților Harghita). De-a lungul acestei falii, compartimentul din E este mai coborît.

În zonele Tușnad-Sat și Miercurea Ciuc se află două anomalii gravimetrice de minim, considerate ca efectul prăbușirii fundamentului în aceste zone (grabene).

La S de Miercurea Ciuc și anume în dreptul localității Sîncrăieni, atât anomalia magnetică cât și cea gravimetrică sunt pozitive marcind un sector ridicat al fundamentului (horstul Sîncrăieni, cu dezvoltare bi-axială către NE și E).

Și între sectoarele coborîte și ridicate ale fundamentului se găsesc linii de fractură: linia Frumoasa—Miercurea Ciuc și Tușnad Sat—Bixad, orientată aproximativ N—S, și linia de la S de Sîncrăieni, orientată E—W.



În bazinul Ciucului superior au fost executate și lucrări seismice de refracție³. Cu această ocazie s-a interceptat fundimentul cristalin la adincimi ce variază între 100—600 m. În sudul regiunii cercetate anterior — și anume în dreptul pîrîului Stiucii — adâncimea fundimentului cristalin este de 500 m.

APARATURA, METODICA DE LUCRU ȘI CARACTERISTICA UNDELOR SEISMICE ÎNREGISTRATE

Prospectarea fundimentului cristalin s-a efectuat prin metoda seismică de refracție. S-au utilizat, pentru înregistrările seismice, stația cu 24 canale de tip G.M.G. și geofoni tip 11 F. Observațiile seismice s-au făcut pe profile longitudinale, cu puncte de explozie din 4 în 4 km, lungimea profilelor variind între 15 și 25 km.

Studiind caracteristicile cinematice și dinamice ale undelor înregistrate, s-au putut separa mai multe unde, provenind din complexul sedimentar acoperitor, precum și o undă de la limita sedimentar-fundament.

În sedimentar au fost separate următoarele unde :

V_1 — cu viteza de 1700—2000 m/s care se urmărește pe distanță de 300—1000 m. Această undă are frecvența de 45 Hz.

V_2 — cu viteza de 3000 m/s urmărită pe distanță de 1000—1500 m, are frecvența de 35 Hz.

V_3 — cu viteza de 3600 m/s. Această undă cu frecvența de 30 Hz s-a urmărit pe un interval de 1000—2000 m.

V_4 — cu viteza de 4000—4300 m/s s-a urmărit pe distanță de 1500—3000 m și a avut frecvența de 26 Hz.

Toate aceste unde apar sporadic în regiune și nu se urmăresc bine decit în prime sosiri. Numai unda V_1 se urmărește bine și în sosiri ulterioare.

Unda V_5 -provenită de la limita sedimentar-fundament a apărut pe înregistrări la distanțe de 3000—5000 m de la locul exploziei și s-a urmărit în toată regiunea, pe distanțe de 3000—9000 m. Viteza acestei unde a variat între valorile de 4500—5000 m/s, iar frecvența ei predominantă a fost de 24 Hz.

PRINCIPALELE REZULTATE ALE PROSPECTIUNII SEISMICE

Zona de viteză mici. Grosimea medie a zonei de viteză mici a fost de 12 m, iar vitezele au prezentat valori cuprinse între 400—600 m/s. Mai rar au fost întlnite și viteză de 1200 m/s.

³ M. Popescu, S. Spănoche, Eleonora Spănoche, Fl. Nistorescu. Raport asupra prospectiunilor seismice prin metoda undelor refractate în bazinul Ciucului superior. 1963. Arh. Com. Geol. București.



Viteza medie. În vederea construirii secțiunilor seismice, s-a efectuat, în sonda I.S.E.M. Sîncrăieni, un seismocarotaj pînă la adîncimea de 1150 m, calculindu-se viteza medie pînă la acest nivel. Sonda a străbătut de la 80—1200 m numai formațiuni aparținînd de fîșul Carpațiilor Orientali (strate de Sinaia), iar viteza medie, la adîncimea de 1150 m, a fost de 3300 m/s.

Cu această valoare s-au calculat secțiunile seismice din bazinul Ciucului inferior. Pentru zona de la W de Miercurea Ciuc, unde sondele șantierului I.S.E.M. au străbătut doar formațiuni eruptive, după care, la adîncimea de 700—800 m s-a interceptat fundamentele cristalin, viteza medie în rocile care acoperă fundamentele este de 2600 m/s. Această valoare a fost determinată de lucrările seismice anterioare, la Mădăraș, unde formațiunile acoperitoare și fundamentele au o constituție, respectiv adîncime, asemănătoare celor de la Miercurea Ciuc.

Secțiuni seismice. Pe profilele executate s-au construit secțiuni seismice pentru limita sedimentar-fundament. Această limită se găsește, în bazinul Ciucului inferior, la adîncimi cuprinse între 600—1400 m.

Pe profilul W Miercurea Ciuc—Cozmeni, orientat NW—SE și lung de 25 km, fundamentele cristaline se află, în dreptul pîriului Borviz, la adîncimea de 600 m. Fundamentul coboară către SE ajungînd în dreptul localității Sîncrăieni la 1400 m, după care urcă pînă la adîncimea de 850 m, la S de Sîncrăieni.

În continuare, către SE, fundamentele coboară din nou, ajungînd la N de Sînsimion la 1150 m și se menține aproximativ la această valoare pînă la N de Cozmeni. Aici se pune în evidență o zonă de faliere, după care fundamentele se ridică.

Pe profilul Sîncrăieni-Tușnad Sat fundamentele se află la adîncimi sub 1000 m. La SW de Sîntimbru se remarcă o ridicare a fundamentele (1000 m) iar la S de Sîncrăieni și N Tușnad Sat, fundamentele sunt mai coborît (1450 m-respectiv 1250 m).

Profilul Bancu-Tușnad Sat, evidențiază fundamentele la adîncimi de 800 m în partea nord-estică, după care, către SW, coboară, ajungînd la N de Vrăbia la adîncimea de 1400 m.

Între comunele Bancu și Sînmartin s-a pus în evidență o faliere la nivelul fundamentele, cu o săritură de 50 m, compartimentul ridicat fiind cel nord-estic.

Pe profilul Ciucsîngeorgiu-Sîntimbru, limita fundament-sedimentar prezintă următoarele aspecte: la W de Ciucsîngeorgiu, limita se află la 750 m adîncime, începînd să urce către SW. La aproximativ 2 km W de



Bancu, intervine o falie care coboară limita de la 600 m la 700 m. În continuare, tendința este tot de urcare, ajungînd pînă la 560 m, după care urmează o altă falie, coborînd limita urmărită pînă la adîncimea de 720 m. Către SW, limita coboară pînă la E Sîntimbru, unde ajunge la 950 m. În sudul localității Sîntimbru, fundamentul cristalin prezintă o zonă de ridicare (850 m), după care, către SW, coboară, ajungînd la capătul profilului la 1200 m.

V i t e z e d e l i m i tă . S-au putut determina și valori ale vitezei de limită, pentru limita fundament-sedimentar. Aceste valori au fost de 4 000 — 4 500 m /s pentru zonele mai ridicate ale fundamentului și de 5 000 — 6000 m/s pentru zonele mai cborîte.

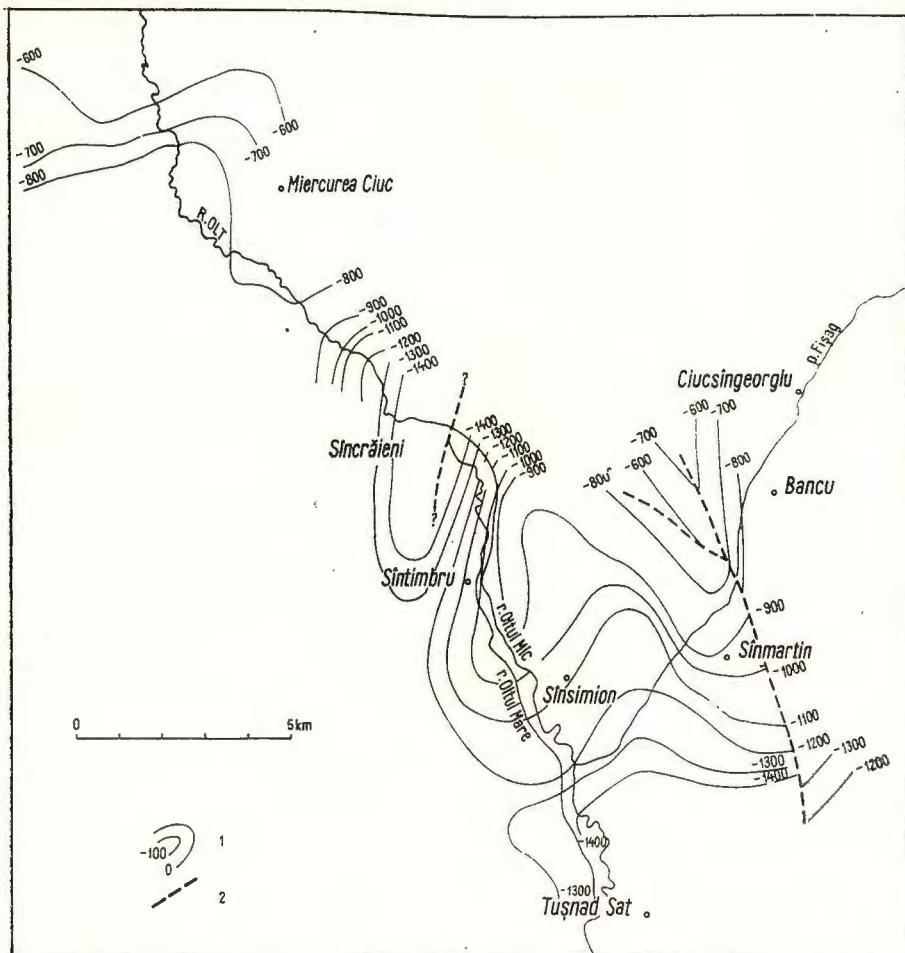
H a r t a c u i z o b a t e . Pentru bazinul Ciucului inferior, pe baza secțiunilor seismice construite, s-a întocmit și o hartă cu izobate la limita sedimentar-fundament (vezi figura). Din această hartă reiese că fundamentul prezintă cîteva denivelări importante. Au fost puse în evidență trei zone unde fundamentul este mai ridicat și trei zone depresionare, unde fundamentul este cborit. În dreptul localității Sîntimbru zona de ridicare a fundamentului se urmărește pe direcția N—S pe o lungime de 4—5 km, părînd a constitui terminația periclinală a unei structuri care s-ar dezvoltă în nordul regiunii prospectate. Cu aceleași caractere se urmărește și zona de ridicare a fundamentului de la W de Ciucșingeorgiu—Bancu—Sînmartin. În plus, pe zona de maximă ridicare se observă existența unor fali. Mult mai puțin evidentă decît primele două ridicări ale fundamentului, cea de a treia, care se dezvoltă la S de Miercurea Ciuc, pare a fi o zonă de ridicare, în comparație cu evidențele zone de cborîre ale fundamentului din nord-vestul și sud-estul acesteia.

Prima zonă de cborîre a fundamentului se dezvoltă la W de Miercurea Ciuc, iar cea de a două în dreptul localității Sîncrăieni. Această ultimă zonă se dezvoltă către S, pînă la N de Tușnad Sat, unde, unindu-se cu cea de a treia zonă de cborîre a fundamentului de la Cetățuia, constituie cea mai cborită zonă a fundamentului din bazinul Ciucului inferior.

În partea estică a lucrării, pe direcție aproximativă N—S se trasează o zonă de faliere pe distanță de 7—8 km, flancul estic fiind mai ridicat cu 50—60 m. La W de Bancu, această falie se dublează, prezentînd și o direcție NW—SE.

De asemenea, în dreptul localității Sîncrăieni, săt indicații pentru a se considera existența unei alte zone de falie. Nu se poate stabili însă direcția și amplitudinea acestei fali, din cauza materialului seismic de slabă calitate din această zonă.





Schema dispoziției fundimentului cristalin în bazinul inferior al Ciucului :

1, izobate la limita fundiment-sedimentar ; 2, zonă de faliere a fundimentului.

Schéma de la disposition du soubassement cristallin dans le bassin inférieur du Ciuc :

1, isobathes à la limite entre le soubassement et les dépôts sédimentaires ; 2, zone de fracture du soubassement.

ASUPRA SENSULUI GEOLOGIC AL REZULTATELOR SEISMICE

În comparație cu bazinul Ciucului superior unde fundimentul cristalin se află la adîncimi ce nu depășesc 600 m, fundimentul bazinului Ciucului inferior este mai coborât ajungind, la extremitatea sa sudică, la 1400 m. Umplutura acestui bazin — spre deosebire de bazinul Ciucului superior, unde era constituită în cea mai mare parte din produse vulcanice —

cel puțin de la S de Sântimbru—Sînmartin—Bancu și pînă în extremitatea sudică a bazinului, este constituită din formațiuni ale flișului Carpaților Orientali, reprezentate prin strate de Sinaia. S-a dovedit pe baze seismice că stratele de Sinaia care apar la zi în nordul bazinului Ciucului inferior (Misentea-Ciucșingeorgiu) prezintă o cădere către S, împreună cu fundimentul cristalin, constituind aproape în exclusivitate umplutura sedimentară a bazinului Ciucului inferior.

Dispoziția zonelor de ridicare și coborîre a fundimentului cristalin indică prezența a cel puțin două structuri de formă anticinală, orientate N—S. Caracteristica acestor anticlinale este îngustimea lor, în comparație cu zonele de sinclinal ale fundimentului, care sunt mai largi. Corespondenții geologici ai acestor două structuri anticinale din fundiment, detectate seismic, par a fi anticlinalele Lunca și Valea Rece, care se dezvoltă mai la N, pe stratele de Sinaia.

Corespondentul anticinalului Valea Rece apare făiat axial. Formele de înscrîere în harta cu izobate ale acestor două structuri anticinale par a indica terminația periclinală a acestora în centrul bazinului Ciucului inferior.

Zona de ridicare a fundimentului cristalin de la S de Miercurea Ciuc poate fi pusă în legătură cu ridicarea fundimentului din N, de la Delnița, unde cristalinul apare la zi.

Așadar, bazinul Ciucului inferior apare ca o zonă depresionară mărginită atât la E cât și la N de importante linii rupturale de-a lungul cărora fundimentul cristalin s-a scufundat către centrul bazinului.

BIBLIOGRAFIE

- Airinei S. t. (1963) Structura fundimentului hercinic al curburii Carpaților Orientali în lumina anomaliei cîmpului gravimetric și geomagnetic. *Asoc. Geol. Carp.-Balcan. Congr. VI*, București.
- Băncilă I. (1958) Geologia Carpaților Orientali. Ed. Științifică. București.
- Dumitrescu I. (1962) Mémoire à la Carte tectonique de la Roumanie. *An. Com. Geol. XXXIV*, București.
- Filipescu G. M. (1955) Vederi noi asupra tectonicii Flișului Carpaților orientali. *Rev. Univ. C. I. Parhon. 6—7*. București.
- Săndulescu M. (1964) Stratele de Sinaia și stratele de Bistra dintre Răchitiș și Izvorul Ciobănașului (muntele Ciucului). *D.S. Com. Geol. L/2*, București.
- Vasilescu A. I. (1964) Cercetări geologice și petrografice în partea de sud-est a munților Harghita. *D.S. Com. Geol. L/2*, București.



PROSPECTIONS SISMIQUES POUR LE SOUBASSEMENT DU BASSIN DU CIUC INFÉRIEUR

(Résumé)

La prospection sismique exécutée en 1965 a compris le territoire du bassin du Ciuc inférieur, délimité à l'est par le flysch des Carpates Orientales, et à l'Ouest par la chaîne volcanique des Monts Harghita. La zone examinée est traversée par le cours supérieur de la vallée de l'Olt, entre les localités de Miercurea Ciuc au nord et de Tușnad au sud.

Les travaux exécutés relèvent la disposition suivante du socle cristallin du bassin du Ciuc inférieur : les profondeurs de ce soubassement varient de 600 à 1400 m, dont les premières se trouvent dans la partie septentrionale et les secondes dans la partie méridionale de la zone prospectée.

Étant délimité à l'E par une zone de faille, orientée N—S, mise en évidence par les travaux sismiques, avec une dénivellation de 50 à 160 m, et à l'Ouest par une zone dépressionnaire qui pourrait constituer le compartiment affaissé du soubassement, au long d'une dislocation mise en évidence à l'E des Monts Harghita, par la prospection gravimétrique, le socle est affaissé, permettant, dans cette zone, l'accumulation des dépôts sédimentaires de remplissage.

Dans ce bassin sont mises en évidence des zones d'exhaussement et d'affaissement du soubassement. La zone d'exhaussement de Sântimbru et celle de W Ciucșingeorgiu—Bancu—Sinmartin, orientées N—S, ayant la forme des terminaisons périclinales de certains anticlinaux qui se développent au N de la région examinée, peuvent être reliées aux anticlinaux de Lunca et de Valea Rece, situés au N. La zone d'exhaussement située au S de Miercurea Ciuc semble appartenir au soulèvement du socle cristallin de Delnița.

La zone la plus affaissée du soubassement du bassin du Ciuc inférieur se trouve au N de Tușnad Sat, là où se trouve une anomalie de minimum gravimétrique.





Institutul Geologic al României

UNELE CONSIDERAȚII PRIVIND APLICAREA TEHNICII NUMERICE ÎN CERCETAREA SEISMOMETRICĂ¹

DE

ION CORNEA, ION CÎNDEA²

Abstract

On Application of Digital Technics in the Seismic Research. Some considerations on the use of digital technics in recording and processing seismic data are presented. In the first part the sampling and encoding theory of signals, the block-diagram of the digital seismic field system, and the particular features of the new device regarding the binary gain system of amplifiers, the alias filters, as well as the size of the magnetic tape are discussed. In the second part the block-diagram of a digital processing system and the mathematic procedures as filtering in frequency domain, convolution, cross-correlation and auto-correlation, deconvolution and multi-trace filtering are treated.

În ultimul timp, pe plan mondial, au fost făcute eforturi mari în vederea perfecționării metodelor seismice de cercetare a subsolului, prin îmbunătățirea caracteristicilor tehnice ale aparaturii de înregistrare în teren și prin perfecționarea sistemelor de înregistrare și prelucrare a datelor de observație.

Aparatura seismică folosită pînă în prezent în activitatea seismometrică din punct de vedere al caracteristicilor sale de înscriere, a parcurs trei etape distincte: aparatura cu înscriere oscilografică, aparatura cu înregistrare magnetică analogă și în ultimul timp aparatura cu înregistrare numerică.

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice a Institutului de geofizică aplicată din 8 aprilie 1968.

² Institutul de geofizică aplicată. Sos. Kiseleff nr. 55. București.



O dată cu trecerea de la aparatura oscilografică la aparatura cu înregistrare magnetică, a fost posibil de a se reda semnalele seismice înregistrate, în aşa fel încit să se obțină o flexibilitate mai mare în procesul de prelucrare. În afara filtrării de frecvență, prin folosirea înregistrării magnetice se pot efectua corecții statice și dinamice, compunerii de trase, acoperiri multiple, redări multiple vizuale etc. Secțiunile de timp obținute în urma prelucrării datelor de teren au furnizat multe elemente noi, pe baza cărora se pot determina cu un grad mai mare de precizie formele, pozițiile și relațiile structurale dintre stratele din subsol, informații de primă importanță în explorarea și exploatarea zăcămintelor de țărei și gaze.

În momentul de față se manifestă un interes din ce în ce mai mare în legătură cu introducerea tehnicii numerice în cercetarea seismometrică. Prin introducerea acestei tehnici se urmărește obținerea unei flexibilități cît mai mari în procesul de prelucrare a informațiilor seismice. Prin intermediul tehnicii numerice se pot executa, în afara prelucrărilor care se fac cu aparatura magnetică analogă, și unele prelucrări matematice cum ar fi : filtraje de viteză, filtraje optimizante, deconvoluție, înlăturarea fantomelor, filtre numerice multitrase etc.

Dezvoltarea spectaculoasă a tehniciilor de filtraj prin introducerea prelucrărilor matematice în prospecțiunea seismometrică, a fost determinată de nevoia presantă de a îmbunătăți cît mai mult posibil raportul semnal-zgomot și de a obține astfel informații de la niveluri din ce în ce mai adânci ale subsolului.

În continuare vor fi expuse cîteva considerații privind aplicarea tehnicii numerice în cercetarea seismometrică.

INREGISTRAREA NUMERICĂ A SEMNALELOR SEISMICE

Eșantionarea semnalelor seismice

Diferența de bază între înregistrarea analogă și înregistrarea numerică constă în aceea că în metoda analogă semnalul este înregistrat în mod continuu pe bandă, corespunzător cu tensiunea variabilă de la ieșirea amplificatorilor seismici, în timp ce în metoda numerică înregistrarea se face discontinuu, măsurîndu-se tensiunea la ieșirea amplificatorilor seismici numai la intervale discrete de timp, de exemplu la 2 ms. La timpi intermediari valoarea tensiunii este ignorată.

Orice semnal electric analog definit ca o funcție continuă de timp $u = s(t)$ (fig. 1 a) poate fi convertit numeric și reprezentat printr-un tablou de numere punind în corespondență la anumite intervale de timp alese convenabil, amplitudinea instantanee cu un număr care reprezintă valoarea



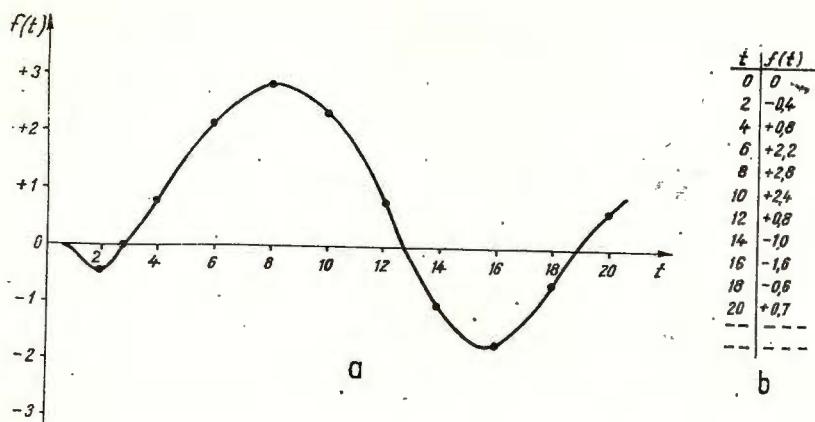


Fig. 1.— Reprezentarea unui semnal printr-un tablou de perechi de valori discrete.

Répresentation d'un signal sur un tableau de paires de valeurs discrètes.

numerică a acestei amplitudini. Dacă se împarte scara timpului în intervale egale, de exemplu de 2 ms, se poate face un tablou (fig. 1 b) în care se trece la fiecare timp valoarea corespunzătoare a amplitudinii instantanee.

Acest tablou poate fi folosit la reconstituirea curbei semnalului dacă procedăm invers, adică, dacă figurăm punctele pe o diagramă și le unim printr-o linie continuă.

Practic se iau din semnal niște eșantioane de durată foarte mică de ordinul 0,1 μ s și se măsoară valoarea acestora (fig. 2).

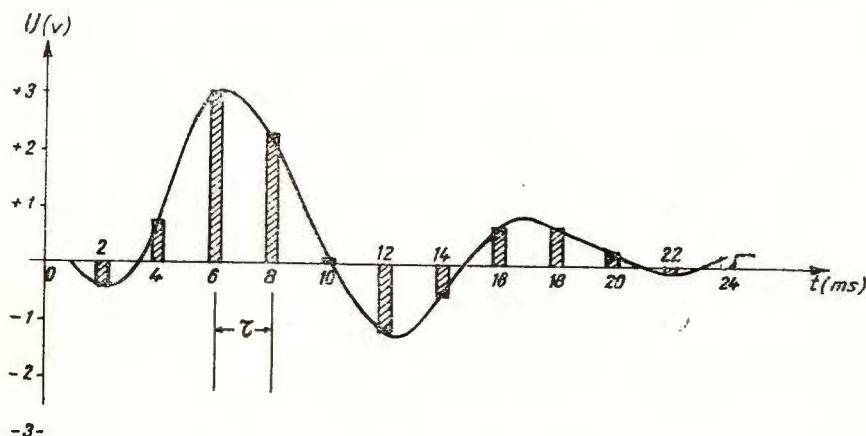


Fig. 2. — Luarea eșantioanelor dintr-un semnal.

Prélèvement d'échantillons sur un signal.



Distanța τ în timp între două eșantioane succesive se numește pas de eșantionare, iar inversul lui τ adică $f_e = \frac{1}{\tau}$ se numește frecvență de eșantionare.

Teorema eșantionării (Margritescu et al 1966, Pickles, 1967) arată că o funcție continuă $s(t)$ cu spectru de frecvențe limitat, este pe deplin determinată de valorile sale, luate în puncte separate prin intervale $\tau = \frac{1}{2f_s}$, unde f_s reprezintă frecvență limită superioară a spectrului.

Conform acestei teoreme, dacă în loc să se transmită toate valorile funcției continue, se transmit numai valorile luate în punctele $n\tau$ (unde $n = 0, 1, 2 \dots$), la recepție, după aceste valori poate fi reconstituită funcția $s(t)$ în mod univoc. În practică se alege $\tau \leq \frac{1}{2f_s}$.

Dacă semnalul conține, în spectru, frecvențe mai mari decât $\frac{1}{2}f_e$, la reconstituire apar componente parazite, deci o distorsionare inevitabilă a semnalului.

Dacă alegem pasul de eșantionare 2 ms, adică $f_e = 500$ Hz semnalul eșantionat nu trebuie să conțină frecvențe mai mari de 250 Hz pentru ca reconstituirea să fie fidelă.

În cazul semnalului seismic, spectrul util are concentrată majoritatea energiei în componente a căror frecvență nu depășește 120 Hz. Alegerea unei frecvențe de eșantionare de 500 Hz (pas de 2 ms), impune eliminarea din spectru a componentelor cu frecvențe mai mari de 250 Hz (jumătatea frecvenței de eșantionare). Pentru aceasta, în aparatură se introduc filtre cu pantă foarte abruptă, care atenuează puternic toate componentele cu frecvență mai mare de 250 Hz. Practic aceste filtre sunt filtre active, a căror atenuare este cca 3 dB la 125 Hz și peste 80 dB pentru frecvențe de la 250 Hz în sus.

În fig. 3 se arată spectrul inițial și spectrul rezultat prin aplicarea acestor filtre. Se vede că, prin eliminarea componentelor mai mari de 250 Hz, nu are loc o sărăcire compromițătoare a spectrului de frecvențe.

În aparatura seismică numerică se folosesc uzaial pași de eșantionare de 1 ; 2 ; 4 sau 8 ms, cel mai des fiind folosit pasul de 2 ms.

Codificarea eșantioanelor

În tabloul scris mai înainte, fiecare eșantion era reprezentat de un număr zecimal. Sistemul de numerație în baza 10 nu este adevarat pentru mașinile de calcul electronice, deoarece este complicat de construit cir-



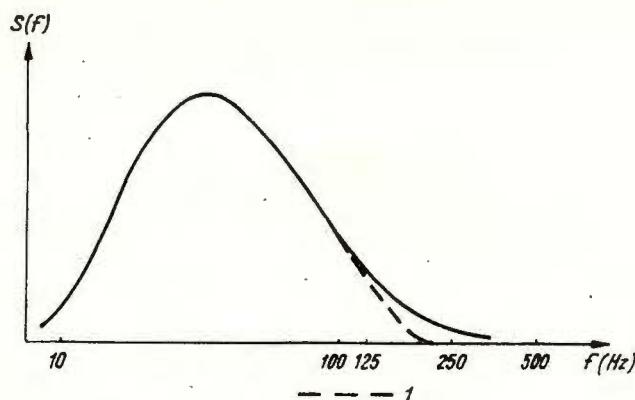


Fig. 3. — Spectrul de frecvențe al semnalului seismic (se indică și corecția spectrului prin filtrare 1).

Spectre de fréquence du signal séismique (on indique aussi la correction du spectre par filtrage 1).

cuite electronice, care să facă operații matematice cu numere scrise în baza 10.

De aceea numerele se transcriu din sistemul de numerație în baza 10 (zecimal) în sistemul de numerație în baza 2 (binar). Fiind foarte obișnuiti cu sistemul zecimal de numerație, noi de obicei nu mai analizăm numerele. În realitate, orice număr este, de fapt, o sumă de puteri ale lui 10, înmulțite cu niște coeficienți ce merg de la 0 la 9.

Exemplu, numărul 217 este de fapt

$$2 \cdot 10^2 + 1 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0 \quad \text{sau altfel scriis:}$$

10^2	10^1	10^0
2	1	7

Orice număr se poate însă scrie și ca o sumă de puteri ale lui 2, înmulțite cu coeficienții 0 sau 1.

De exemplu pentru numărul 217 putem scrie :

$$1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \text{ adică}$$

$$128 + 64 + 16 + 8 + 1 = 217$$

sau dacă scriem sub formă de tablou, adică pe prima linie puterile lui 2 și pe a 2-a coeficienții respectivi, obținem pe linia a 2-a tocmai scrierea în baza 2 a numărului zecimal 217.



2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
1	1	0	1	1	0	0	1

Deci 217_{10} devine 11011001_2

Se observă că în baza 2, orice număr se scrie ca o combinație de numai două simboluri, notate 1 și 0. Acest fel de scriere, deși mai lungă, este foarte adekvată pentru introducerea numerelor în mașinile electronice de calcul. Se pot găsi ușor circuite care să aibă două stări, de exemplu contact deschis sau închis, releu anclanșat sau declanșat, tranzistor în stare de conducție sau blocat, material magnetic magnetizat sau nemagnetizat etc.

Făcind o convenție, prin care se atribuie uneia din stări valoarea 1 iar celeilalte valoarea 0, prin diferite combinații cu circuite de tipul arătat, se pot modela numerele binare și se pot efectua operații cu ele.

O cifră binară (0 sau 1) se numește „bit”. După poziția pe care o ocupă în număr, biții au semnificații diferite, cel mai din stînga bit notat cu 1 este cel mai semnificativ, el corespunzând puterii celei mai mari a lui 2 care intră în componența numărului. Dacă înaintea celui mai semnificativ bit se adaugă un număr oarecare de zerouri, acestea nu au nici o semnificație. De exemplu 000011011001 este același cu 11011001.

Un număr scris în baza 2 se poate înregistra pe o bandă magnetică cu mai multe trase, numărul acestora fiind egal sau mai mare decât numărul biților din care este format numărul.

De exemplu, dacă vrem să înregistrăm numărul 11011001 pe o bandă cu 9 piste, trebuie să facem legătura circuitelor care modelează numărul în așa fel, la cele 9 capete magnetice cu care se înregistrează, încit capul nr. 8 să corespundă celui mai semnificativ bit (destinat pentru puterea 2^7), iar capul nr. 1 să corespundă bitului cel mai puțin semnificativ (destinat pentru 2^0). Pista nr. 9 poate fi destinată pentru înregistrarea semnului numărului stabilind de exemplu prin convenție pentru plus, simbolul 1, iar pentru minus simbolul 0.

În acest caz, considerind (fig. 4) capul nr. 9 la stînga, în momentul t corespunzător înregistrării numărului 11011001 banda va fi magnetizată în dreptul capetelor 9 (pentru semnul +); 8; 7; 5; 4; 1, iar în dreptul capetelor 6; 3; 2 va rămîne nemagnetizată. În cazul nostru, numărul a fost înscris pe o linie. În fiecare moment, pe banda ce avansează cu o viteză constantă, se pot înscrie alte numere. De obicei simbolurile binare de pe o linie formează împreună un „caracter”. Mai multe caractere care conțin o anumită informație, de exemplu valoarea unui eșantion, formează un „cu-vînt”, mai multe cuvinte, scrise unul după altul și care conțin o informație



globală, de exemplu toate eșantioanele celor 30 canale ale unei stații seismice, luate în decursul unui singur pas de eșantionare, formează un „bloc” de date.

Sistemul acesta de înscrriere, sau sisteme derivate din el, sunt folosite în stațiile seismice cu înregistrare numerică.

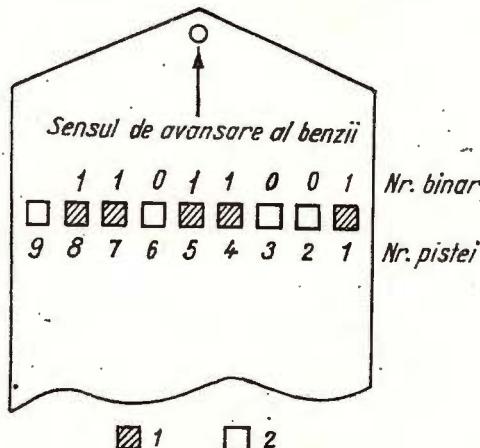


Fig. 4. — Înregistrarea numărului binar 11011001 pe bandă magnetică.

1. porțiune magnetizată (simbol „1”); 2. porțiune nemagnetizată (simbol „0”).

Enregistrement du nombre binaire 11011001 sur bande magnétique.

1. portion magnétisée (symbole „1”); 2. portion non-magnétisée (symbole „0”).

Pentru a reprezenta amplitudinea oricărui eșantion din semnalul seismic, se folosesc cuvinte de obicei formate din 15 biți, dintre care unul este folosit pentru semn. În felul acesta, ținând cont că se înregistrează și semnul, gama dinamică (raportul între valorile maximă și minimă ce pot fi înregistrate) este teoretic de cca — 84 dB (1 la 16382), adică se pot înregistra toate numerele întregi între zero și întreaga scală ± 8191 .

În practică, gama dinamică este ceva mai mică de 84 dB, datorită limitărilor existente în stadiul actual, date de aparaturoare sau alți factori.

Stația numerică de teren

Pentru înregistrarea semnalelor seismice, se folosesc stații numerice cu 24 sau mai multe canale seismice și câteva canale pentru informații auxiliare.



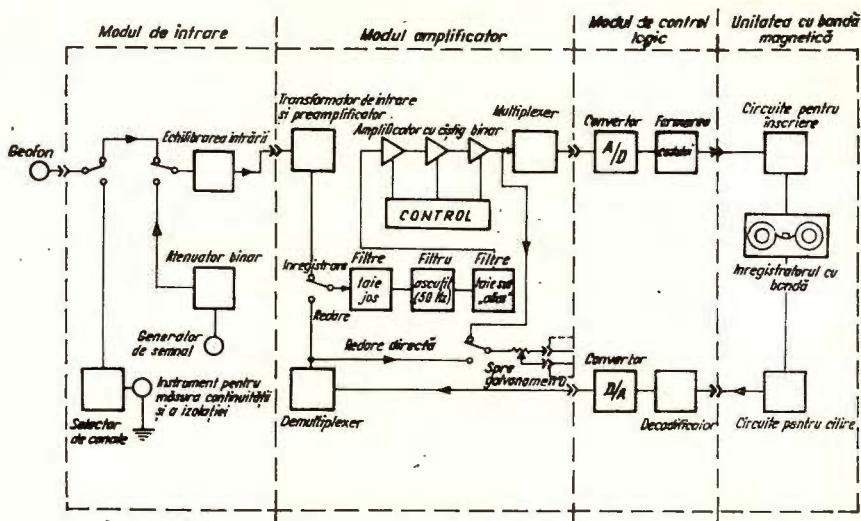


Fig. 5. — Schema bloc a unei stații numerice de teren.

Schéma bloc d'un enregistrement numérique de terrain.

În figura 5 sînt arătate elementele componente ale unei stații seismice numerice, dintre cele mai moderne.

Schēma este figurată pentru înregistrarea datelor unui canal, ea fiind identică și pentru celelalte.

După cum se vede stația este împărțită în mai multe module fiecare cu o anumită destinație.

Geofonii folosiți în tehnica înregistrării numerice sunt de o construcție specială pentru ca distorsiunile introduse de ei să fie foarte mici, iar cablurile care leagă geofonii la intrarea amplificatorilor, sunt de calitate superioară cu izolație foarte bună, pentru a evita pierderile sau influențele între canale.

Pentru lucrările seismice marine se folosesc hidrofoni înglobați într-un cablu special, care plutește la o anumită adîncime și este tras după vasul în care este instalată aparatatura.

Semnalul de la geofon parcurge modulul de intrare și ajunge la modul amplificator.

Modulul de intrare are prevăzute circuite pentru selectarea canalelor, pentru atenuarea influențelor provocate de rețelele electrice industriale prin echilibrarea intrării și pentru efectuarea măsurătorilor de control și etalonare a aparatului.

Modulul amplificator conține un preamplificator linear, filtre taie jos, filtre cu bandă foarte îngustă, acordate pe 50 Hz pentru atenuarea

puternică a influențelor rețelelor industriale și filtre tăie sus cu pantă foarte abruptă, numite filtre „alias”, pentru înlăturarea componentelor din spectru cu frecvență mai mare decât $\frac{1}{2} f_e$. Semnalul filtrat este amplificat într-un amplificator cu cîștig în trepte, numit „amplificator cu cîștig binar”, iar apoi trece prin multiplexer. Multiplexerul este un comutator electronic, care, în fiecare interval de eşantionare, de exemplu 2 ms, lăsă să treacă spre ieşirea lui semnalul seismic sosit la intrare, numai pentru o durată foarte scurtă de timp de exemplu 0,1 μ s. În felul acesta, în timpul unui pas de eşantionare din semnalul fiecărui canal este lăsat să treacă la intervale egale distanțate, cîte un eşantion foarte îngust care urmează a fi înregistrat.

Din multiplexer semnalul trece în modulul de control logic, care conține circuite pentru reținerea eşantionelor și pentru convertirea lor din analog în numeric. Partea esențială a acestui modul este converterul analog-numeric, în care eşantionul se compară cu o tensiune etalon care alimentează o scară binară și este transformat astfel în cifre binare. Aceste cifre sunt organizate într-un format (cod) adecvat pentru a fi înregistrat prin intermediul circuitelor de înregistrare (scriere) pe banda magnetică, în unitatea de înregistrare pe banda magnetică.

Pentru controlul înregistrării, cifrele de pe bandă sunt citite cu ajutorul circuitelor de redare (citire), decodificate, convertite din numeric în analog, demultiplexate și trecute la un înregistrator optic analog fie direct, fie după o nouă amplificare.

Stația este prevăzută în afara celor arătate cu un panou pentru controlul centralizat de către operator și surse de alimentare.

Amplificatorul cu cîștig binar

Energia rezultată în urma unei explozii este mare la început și apoi descrește destul de repede după o curbă arătată în fig. 6.

Pentru a avea posibilitatea de a înregistra toate sosirile seismice, din momentul exploziei pînă la cîteva secunde, pe o singură seismogramă sau magnetogramă, caracteristica de amplificare a amplificatorilor seismici (cîștigul amplificatorilor) este variabilă în timp astfel ca, indiferent de amplitudinea semnalului la intrare, semnalul obținut la ieșirea amplificatorului să se încadreze în limitele unei anumite scări de înregistrare.

Pentru realizarea acestei caracteristici, diferitele sisteme de aparatură seismică au fost prevăzute cu sisteme de control automat sau control programat al amplificării. Aceste controale făceau ca amplificarea să fie



variabilă în timp, fie ținând cont de amplitudinea semnalelor de la intrarea amplificatorilor (controlul automat), fie respectând o lege de variație programată dinainte astfel ca să compenseze descreșterea în timp a amplitudinii semnalelor, sosite la intrare (la controlul programat).

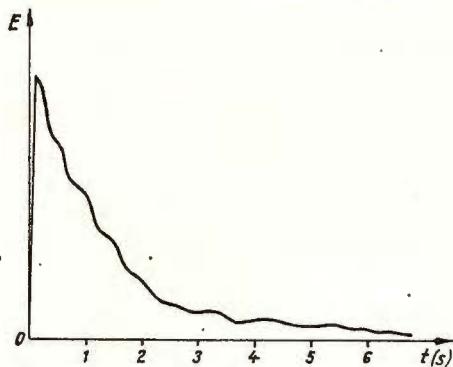


Fig. 6. — Variația energiei seismice rezultată în urma exploziei.

Variation de l'énergie séismique à la suite de l'explosion.

Fiecare din aceste sisteme prezinta avantaje și dezavantaje.

Dezvoltarea aparaturii numerice a făcut ca și pentru rezolvarea problemei amplificării variabile să se găsească soluții noi concretizate în aşa-numitul amplificator cu cîștig binar.

Amplificatorul cu cîștig binar este un amplificator al cărui cîștig variază în trepte, comutarea de pe o treaptă pe alta făcindu-se automat, în funcție de nivelul semnalului de intrare.

Cîștigul poate fi mărit sau micșorat urmărind valoarea medie a nivelului semnalului de intrare. Sistemul este aranjat astfel, ca în momentul cînd amplitudinea semnalului tinde să scadă sub 1/8 din valoarea întregii scale de măsură, cîștigul se dublează. Sunt prevăzute astfel 15 trepte de creștere în raport 2/1, adică fiecare treaptă reprezintă un cîștig de 6 dB.

S-au ales trepte de 6 dB, pentru că în felul acesta codul de înscriere a cîștigului pe bandă magnetică poate fi organizat ca puteri ale lui 2, adică în sistemul binar. Cele 15 trepte realizează o gamă a cîștigului de 2^{15} sau 90 dB.

Ținând cont de faptul că semnalul este înregistrat cu o dinamică teoretică de 84 dB, la care se adaugă cei 90 dB cu care poate fi înregistrat cîștigul, se vede că teoretic gama dinamică, referitoare la semnalul de intrare, este 174 dB, depășind chiar gama de variație a semnalului seismic



rezultat din explozie (140 dB). Practic, datorită zgomotelor, gama reală este cca 116 dB, dar totuși mult superioară gamei dinamice a înregistrării magnetice analoge (50 dB).

Amplificatorii cu cîștig binar au o serie de avantaje dintre care cităm :

creșterea sau descreșterea cu 6 dB a cîștigului se poate marca simplu pe bandă, folosindu-se un singur bit (deci economie de spațiu în înregistrare) ;

fiecare canal este controlat automat și independent ;

valoarea cîștigului se poate introduce ușor în calcule, fiind înregistrată în sistemul binar ;

schimbarea cîștigului se face în intervalul dintre două eșantioane deci nu au loc distorsionări ;

sistemul este simplu și suplu în acțiune.

Formatul benzii numerice

O înregistrare numerică pe bandă este împărțită în două părți. Prima parte este un bloc de date înregistrate codificat, care conține toate informațiile necesare pentru identificarea înregistrării respective.

A doua parte este formată dintr-un număr de blocuri, care conțin valorile numerice ale semnalelor seismice de pe toate canalele precum și valorile numerice ale cîștigului amplificatorilor.

Se folosesc (N o r t w o o d et al 1967) în prezent benzi magnetice late de 1 inch cu 21 piste și benzi late de 1/2 inch cu 9 sau 7 piste.

La banda cu 21 piste un cuvînt ocupă o singură linie. Această bandă este folosită la stațiile de fabricație Texas Instruments, SUA, cu 24 canale seismice plus 7 auxiliare.

Eșantioanele celor 31 canale luate din 1 ms în 1 ms sau din 2 în 2 ms se înscriu unul sub altul, fiecare ocupînd o singură linie, formînd blocuri de date. Primul cuvînt în fiecare bloc este timpul real. Densitatea de înscriere măsurată în bpi (biți per inch), adică numărul de biți înregistrați unul sub altul pe o lungime de 1 inch, este de 356 bpi. Viteza de avansare a benzii este de 100 ips (inch per secundă) pentru un pas de eșantionare de 1 ms și 50 ips pentru un pas de 2 ms.

Banda de 1/2 inch cu 7 piste în prezent este folosită mai rar.

Banda de 1/2 inch cu 9 piste este folosită de foarte multe firme, ea fiind compatibilă cu benzile folosite de calculatoarele IBM care au o largă răspîndire.



Densitatea de înregistrare pentru această bandă este 800 bpi. Viteza de avansare a benzii este 80 ips pentru un pas de eşantionare de 1 ms și 40 ips pentru un pas de 2 ms. Fiecare cuvînt este despărțit în două caractere și înregistrat pe două linii succesive. Lungimea înregistrării poate varia la alegere între 1 s și 15 s. Sfîrșitul fiecărei înregistrări se marchează codificat. Între două înregistrări successive se poate lăsa un spațiu gol.

Stațiile care folosesc această bandă cu 9 piste au de obicei 24 canale seismice și 6 auxiliare, dar există posibilitatea extinderii la 36, 48, 60 etc. canale.

Fiecare eşantion este înregistrat pe 2 linii cu 15 biți, al 16-lea bit fiind folosit pentru marcarea schimbării cîstigului binar. Pista a 9-a este folosită pentru controlul corectitudinii înregistrării.

Înregistrarea numerică impune condiții de exigență maximă pentru înregistratorul de teren, din punct de vedere mecanic (viteză de avansare) și magnetic (densitatea biților). Distanța între doi biți succesiivi este de ordinul zecilor de μ și ar putea apărea erori statice datorită dereglașării sistemului de capete, dilatării benzii etc. și erori dinamice datorită sistemului de antrenare a benzii în cazul cînd nu se iau măsuri constructive speciale.

Reconstituirea semnalului seismic

La redarea datelor de pe bandă, am văzut că se produce un proces în ordinea inversă celui de la înregistrare, pentru a transforma datele numerice în semnal analog identic ca formă cu cel original. Se pune întrebarea dacă reconstituirea se poate face cu un grad de precizie dinainte stabilit. Dacă la înregistrare semnalul a fost bine filtrat, astfel încît spec-

trul lui să nu mai conțină frecvențe mai mari decât $f_s = \frac{1}{2} f_e$ (frecvență limită superioară) atunci pentru banda de frecvențe $0 \div f_s$ semnalul poate fi definit (E. Pickles, 1967) prin transformata Fourier inversă.

$$s(t) = \int_{-f_s}^{+f_s} S(f) \cdot e^{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot t} \cdot df \quad (1)$$

unde $S(f)$ este spectrul de frecvențe al semnalului $s(t)$.

Dacă τ este pasul de eşantionare, în fiecare punct de eşantionare $n\tau$ vom avea

$$s(t) = s(n\tau) = \int_{-f_s}^{+f_s} S(f) \cdot e^{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot n\tau} \cdot df \quad (2)$$



Deoarece am definit spectrul $S(f)$ în intervalul $-f_s \leq f \leq +f_s$, acesta poate fi exprimat printr-o serie Fourier

$$S(f) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} C_n \cdot e^{-i \cdot 2\pi \cdot f \cdot n\tau} \quad (3)$$

$$\text{unde } C_n = \frac{1}{2f_s} \int_{-f_s}^{+f_s} S(f) \cdot e^{i \cdot 2\pi f \cdot n\tau} \cdot df \quad (4)$$

Comparînd (4) cu (2) se vede că :

$$C_n = \frac{1}{2f_s} s(n\tau) \quad (5)$$

Deci, avînd valoarea semnalului în punctele de eşantionare, se pot determina coeficienţii C_n şi prin urmare cu (3) se poate reconstituî spectrul semnalului analog $s(t)$.

$$S(f) = \frac{1}{2f_s} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} s(n\tau) \cdot e^{-i \cdot 2\pi f \cdot n\tau} \quad (6)$$

Substituind (6) în (2) şi efectuînd operaţiile matematice, rezultă :

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} s(n\tau) \cdot \frac{\sin [2\pi f_s(t - n\tau)]}{2\pi f_s(t - n\tau)} \quad (7)$$

Se vede că avem sub sumă o expresie de forma $\frac{\sin x}{x}$ deci un sinus cardinal. Această funcţie ia valoarea 1 la $t = n\tau$ şi 0 pentru toate celelalte puncte de eşantionare (fig. 7).

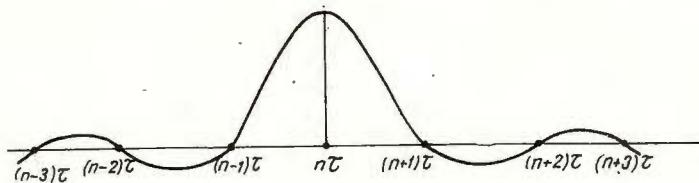


Fig. 7. — Funcţia sin cardinal.

Fonction sinus cardinal.

Rezultă că semnalul poate fi reconstituit, dacă se înlocuieşte fiecare eşantion cu o funcţie de interpolare sincardinal, a cărei amplitudine iniţială este aceeaşi cu a eşantionului înlocuit şi apoi se însumează aceste funcţii. Metoda este totuşi costisitoare. În practică se foloseşte (U.G.C. 1966) pentru reconstituirea rapidă, un convertor numeric-analog, care transformă

cifrele decodificate în eşantioane reținute ca amplitudini pe toată durata pasului de eşantionare (fig. 8), după care tensiunea este comutată brusc la următoarea valoare nouă de eşantionare.

Rezultatul este o tensiune electrică în trepte, alcătuită din două componente : un semnal identic ca formă cu cel analog și în plus niște ondulații

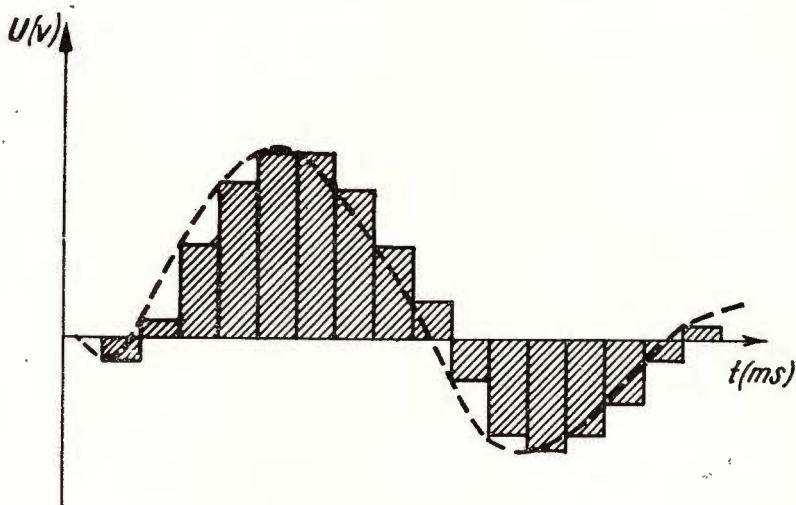


Fig. 8. — Reconstituirea semnalului seismic.

Reconstitution du signal séismique.

reziduale. Dacă aceste ondulații reziduale se înlătură prin folosirea unui filtru taie sus cu pantă abruptă, rămîne semnalul original curat. Filtrarea ondulațiilor reziduale nu se poate face însă ideal și semnalul reconstituit poate avea mici distorsionări.

Pentru frecvențele mari din spectru, apropiate de f_s , apare o oarecare nesiguranță a amplitudinii semnalului reconstituit în raport cu amplitudinea semnalului original. Soluția practică este ca, încă la înregistrare, să se filtreze accentuat frecvențele superioare din spectru. Pentru $f_e = 500$ Hz deci $f_s = 250$ Hz filtrul folosit începe să atenuze încă de la 125 Hz.

Dacă la înregistrare semnalul n-a fost puternic filtrat și în spectru rămîn componente de frecvențe $f > f_s$, la reconstituirea semnalului apare o incertitudine. Din teorema eşantionării rezultă că, pentru un semnal de frecvență f și perioadă $T = \frac{1}{f}$, trebuie luate cel puțin 2 puncte de eșan-

tionare pe ciclu, deci $\tau \leq \frac{T}{2}$, pentru a putea reconstitui cu certitudine semnalul. În cazul cînd $\tau > \frac{T}{2}$, apare o incertitudine care se manifestă diferit în funcție de raportul între frecvența de eșantionare și frecvența semnalului.

Să presupunem că eșantionăm un semnal sinusoidal de 500 Hz cu un pas de eșantionare τ de 2 ms, deci $f_e = 500$ Hz. Se vor obține niște eșantioane de amplitudine constantă, iar la reconstituire, în locul semnalului sinusoidal de frecvență 500 Hz, apare un semnal constant în timp (putem spune de frecvență zero).

Dacă considerăm că spectrul conține o componentă F cuprinsă între $\frac{1}{2}f_e < F < f_e$, la reconstituire va apărea o frecvență $f_a = f_e - F$. Deci, semnalele cu frecvență $F > \frac{1}{2}f_e$ apar la reconstituire măscate („alias”), ca rezultat al eșantionării cu prea puține puncte pe ciclu.

Acest fenomen este denumit „aliasing”. Frecvența $\frac{1}{2}f_e$ este o frecvență critică (denumită frecvență de jumătate de eșantionare), spectrul trebuind să conțină numai frecvențe mai mici decît $\frac{1}{2}f_e$ pentru evitarea incertitudinii la reconstituire. Filtrele taie sus destinate atenuării cu peste 80 dB a componentelor mai mari decît $\frac{1}{2}f_e$ poartă denumirea de filtre „alias”.

O frecvență cuprinsă între f_e și $\frac{3}{2}f_e$ apare la reconstituire ca o frecvență „alias” între $\frac{1}{2}f_e$ și 0.

Pe figura 9 este arătat modul cum variază frecvența la reconstituire pentru cazul $f_e = 500$ Hz.

Se observă că frecvența reconstituită în cazul $f > \frac{1}{2}f_e$ nu mai este aceeași cu cea inițială ci se obțin alte frecvențe cuprinse între 0 și $\frac{1}{2}f_e$.

Pentru exemplificare să luăm de exemplu un pas de eșantionare de 2 ms ($f = 500$ Hz) și două semnale de aceeași amplitudine dar cu frecvența $f_1 = 100$ Hz $< \frac{1}{2}f_e$ și $f_2 = 400$ Hz $> \frac{1}{2}f_e$.



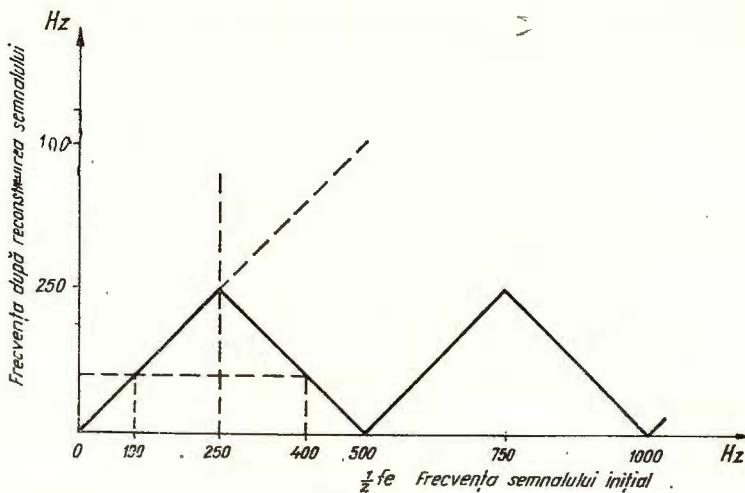


Fig. 9. — Ilustrarea fenomenului („aliasing”) de modificare a frecven-
țelor pentru $f > \frac{1}{2} f_e$

Illustration du phénomène (‘‘aliasing’’) de modification des fréquences
pour $f > \frac{1}{2} f_e$

Pe fig. 10 se vede că eșantioanele semnalului de 100 Hz sunt aceleași cu ale semnalului de 400 Hz, deci apare acel fenomen de ambiguitate (semnalul de 400 Hz apare ca un semnal de 100 Hz), care poate provoca erori grave dacă nu se iau acele măsuri de filtrare puternică a componentelor superioare frecvenței $\frac{1}{2} f_e$.

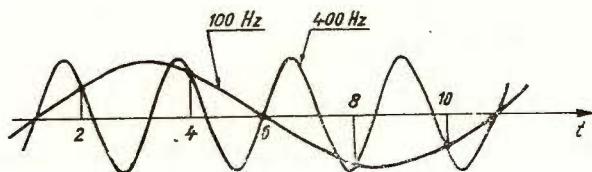


Fig. 10. — Eșantionarea cu un pas $\tau = 2$ ms a două semnale
cu $f_1 = 100$ Hz și $f_2 = 400$ Hz

Echantillonage avec un pas $\tau = 2$ ms de deux signaux :
avec $f_1 = 100$ Hz et avec $f_2 = 400$ Hz

PRELUCRAREA NUMERICĂ A SEMNALELOR SEISMICE

Centrale de prelucrare numerică a semnalelor seismice

Benzile magnetice înregistrate numeric în teren pot fi introduse direct la o mașină electronică de calcul, care conține în aparatura periferică dispozitivul de citire a formatului respectiv de bandă.

O mașină electronică de calcul numeric este formată dintr-o unitate centrală în care se fac calculele propriu-zise și aparatură periferică pentru introducerea și extragerea datelor.

Partea care face calculele se numește „ordinatator” sau „procesor central” și constituie partea numită „hardware”. Partea care constituie programele după care urmează să se facă calculele se numește „software”.

În figura 11 este arătată schema bloc a unei mașini de calcul numeric adaptată pentru prelucrarea datelor seismice.

Pentru prelucrarea benzilor înregistrate cu stații magnetice analoge, în aparatura periferică a calculatorului numeric sînt prevăzuți tamburi și

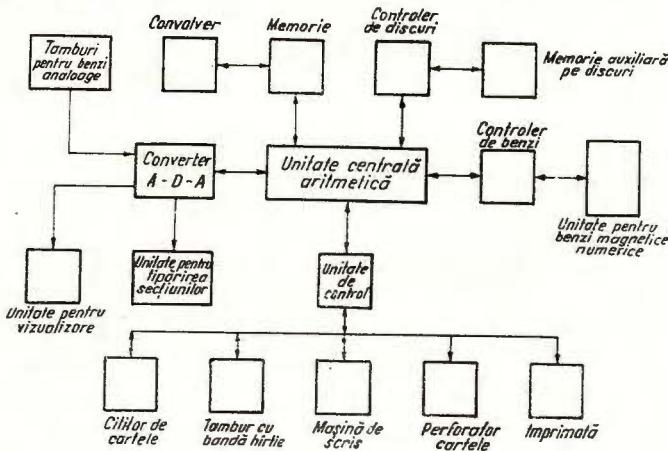


Fig. 11. — Schema bloc a unei centrale de prelucrare numerică a semnalelor seismice.

Schéma bloc d'une centrale de traitement numérique des signaux séismiques.

circuite pentru introducerea acestor benzi la calculator și transcrierea datelor din analog în numeric printr-un converter analog-numeric similar cu cel descris la stația numerică de teren.

Benzile numerice sînt introduse direct prin intermediul unității de benzi numerice, datele fiind introduse la calculator prin controlerul de benzi.

Datele numerice citite de pe benzile de teren numerice, sau convertite numeric de pe benzile de teren analoge, sunt introduse în unitatea centrală aritmetică unde se fac calculele conform programelor date mașinii, iar apoi sunt trecute în converterul numeric analog și transpusă în secțiuni seismice.

Totodată se pot extrage o serie de date care se înscriu pe hîrtie în alte unități periferice. Calculatorul propriu-zis poate fi în principiu orice calculator pentru probleme generale, dar calculatoarele folosite în industrie și economie nu au, în general, o memorie suficientă pentru datele seismice. De aceea este nevoie de o memorie auxiliară de capacitate mare, pentru stocarea datelor. Toate operațiile aritmetice elementare trebuie efectuate asupra fiecărui eșantion. Dacă considerăm o înregistrare făcută pe o stație de $24 + 6$ canale, de o lungime de 6 s, eșantionată cu un pas de 2 ms, această înregistrare va conține $\frac{30 \times 6\,000}{2} = 90.000$ de cu-

vinte a cel puțin 16 biți (14 pentru eșantion, 1 pentru semn, 1 pentru cîștigul binar etc.). Calculatorul trebuie să lucreze foarte rapid pentru a efectua toate operațiile matematice necesare în exemplul dat asupra celor 90.000 de cuvinte (aproape 1,5 milioane biți). Calculatorul deci trebuie să aibă un ciclu de acces la date foarte mic, iar operațiile să se facă foarte rapid.

Calculatoarele actuale folosite în prelucrarea datelor seismice sunt prevăzute cu memorie proprie pe miezuri magnetice de 32 K (32.768 cuvinte) și memorie auxiliară pe discuri de pînă la 6,4 milioane biți.

Ciclul de acces la date în memoria proprie este 1,75 μ s, iar timpul afectat unei operații 3–4 μ s. Tratarea informațiilor seismice constă de obicei în filtrări și corelări. Sub formă numerică, aceste operații se realizează prin calcularea unor operatori. Acest calcul necesară o suită de înmulțiri și adunări cu un mare număr de combinații, ceea ce face ca și timpul necesar să fie mare.

Pentru creșterea vitezei de calcul, în calculatorul destinat prelucrărilor seismice, se atașează o unitate specială numită convolver, proiectată special pentru tipul de calcule arătate mai sus, care, ori de câte ori este comandat de procesorul central, intră în funcțiune, avînd acces direct la memoria calculatorului și lucrează independent de programul general, realizînd în felul acesta o mărire a vitezei de calcul de pînă la 20 ori mai mare.

Calculatorul numeric este prevăzut cu o serie de accesorii pentru comunicarea între om și mașină : cititoare și perforatoare de benzi și cartele, mașină de scris, imprimantă pentru diferite date intermediare de control, unitate de vizualizare a semnalelor etc.



O unitate foarte importantă a calculatorului este biblioteca de program. O parte din programe este livrată o dată cu calculatorul, alta trebuie executată de beneficiar.

Iată cele mai frecvente programe rezolvate cu ajutorul calculatoarelor electronice : corecții statice și dinamice cu specificarea vitezei ; însumări de trase pentru tehnica acoperirilor multiple ; schimbarea amplitudinii traselor ; defazarea traselor ; refacerea amplitudinii adevărate a semnalelor ; egalarea amplitudinii traselor pentru o prezentare optică mai bună ; tipărirea listei amplitudinilor pentru una sau mai multe trase ; autocorelare ; corelare încrucișată ; calcularea filtrelor matematice taie jos, taie sus, trece bandă și filtre ascuțite ; conoluție ; deconoluție ; generarea de semnale diferite pentru construirea de seismograme sintetice ; analiza de frecvență (analiza Fourier) pentru orice fel de semnale, transformata Fourier inversă etc.

Imbunătățirea raportului semnal/zgomot prin prelucrarea numerică a datelor seismice

Din momentul generării și pînă în momentul înregistrării, semnalul seismic util este acoperit de o serie de perturbații (zgomote) nedorite care îi modifică caracteristicile. Zgomot poate fi considerat orice semnal care nu este dorit ; orice semnal generat de sursa seismică urmărind alte trasee decît decît cele dorite, orice semnal care se adaugă la semnalul util în timpul propagării acestuia prin pămînt sau aparatură, orice perturbație care are loc în timpul înregistrării și prelucrării datelor seismice.

Lupta împotriva zgomotelor se duce în cercetarea seismică pe două căi : a) se caută ca zgomotul generat în teren să fie minim sau să fie redus la minim încă de la înregistrare și b) la prelucrarea datelor se caută folosirea unor metode cît mai eficace pentru reducerea sau eliminarea, pe cît posibil, a zgomotului înregistrat.

Prelucrarea numerică a datelor are avantajul față de prelucrarea analogă că permite abordarea problemei de luptă împotriva zgomotului, cu instrumente matematice, mult mai eficace decît circuitele fizice din tehnica analogă.

Lupta împotriva zgomotelor nu este o problemă specifică seismometriei, ea a fost începută de inginerii și matematicienii din domeniul comunicațiilor la mare distanță, încă cu circa 20 ani în urmă. Rezultatul acestei lupte este apariția unei noi teorii cunoscută sub numele de teoria comunicațiilor. Seismicienii au adoptat această teorie în condițiile speciale ale seismometriei. Un sistem de comunicație este format dintr-o sursă de informații



un canal de transmisie și un receptor. În seismometrie, explozia poate fi considerată ca sursă de semnal, pământul, fiind canalul de comunicație. Important este să se știe timpul pe care l-a parcurs semnalul de la sursă pînă la receptorul seismic. Pentru a determina acest timp, însă, trebuie identificat din fondul de oscilații înregistrate, care este semnalul util, adică purtătorul informației dorite. Cercetătorul din tehnica comunicațiilor știe ce semnal a emis sursa, deci știe ce să caute în semnalul și zgomotul recepționat, pe cînd seismicianul, prin explozie, introduce în pămînt un impuls puternic, care conține semnalul într-o bandă largă de frecvențe. Această bandă este denaturată în timpul propagării undelor prin pămînt, datorită absorbției frecvențelor înalte de către acesta. Ca rezultat, chiar partea utilă a semnalului recepționat seamănă foarte puțin cu semnalul emis de sursă. Deoarece seismicianul nu știe dinainte ce semnal să caute în semnalele receptioante, el trebuie să găsească noi criterii pentru separarea semnalelor de zgomite.

Pentru îmbunătățirea raportului semnal-zgomot se folosesc filtre. Folosind tehnica numerică se pot crea filtre matematice ale căror caracteristici sunt superioare caracteristicilor filtrelor realizate cu elemente de circuite electrice. Filtrarea este o operație prin care se acționează asupra unui semnal, numit semnal de intrare, modificînd anumite caracteristici ale acestuia și obținînd un semnal numit semnal de ieșire.

Filtrul poate fi, fie un aparat electronic (filtru analog) care acționează asupra semnalului de intrare, fie un program matematic adică un operator (filtru numeric) care acționează asupra semnalului de intrare, convertit numeric, dînd la ieșire un semnal filtrat.

Scopul filtrării este de a înlătura, într-o măsură cît mai mare, zgomitele suprapuse peste semnalul util. Dacă caracteristicile zgomotului diferă mult de caracteristicile semnalului, separarea prin filtrare se poate face mai bine, în schimb dacă caracteristicile sunt apropiate, separarea este mult îngreuiată.

În cazul cînd zgomitele diferă de semnalul util prin frecvențele componentelor ce le conțin, separarea se face prin filtre de frecvență care înlătură componentele nedorite.

Acțiunea unui filtru de frecvență, este descrisă în mod complet de „caracteristica amplitudine-frecvență” (sau „atenuare-frecvență”) și „caracteristica fază-frecvență”.

Semnalul seismic $s_i(t)$ poate fi considerat ca fiind alcătuit dintr-un grup de semnale sinusoidale de diferite frecvențe, amplitudini și faze. Caracteristica amplitudine-frecvență a filtrului arată modul în care filtrul atenuează componente de diferite frecvențe. Caracteristica fază-frecvență



arată felul în care se schimbă faza componentelor de diferite frecvențe la trecere prin filtru.

Cele două caracteristici reunite pot fi exprimate în complex prin funcția $H(f)$ numită „funcția de transfer” a filtrului. $H(f)$ este raportul între spectrul complex $S_e(f)$ al semnalului rezultat la ieșirea filtrului și spectrul $S_i(f)$ al semnalului aplicat la intrarea filtrului.

Deci spectrul semnalului de ieșire este dat de relația

$$S_e(f) = S_i(f) \cdot H(f) \quad (8)$$

Funcțiile complexe care intervin în (8) pot fi scrise

$$\begin{aligned} S_i(f) &= |S_i(f)| \cdot e^{i\varphi_i(f)}; \\ H(f) &= |H(f)| \cdot e^{i\varphi_h(f)} \text{ și} \\ S_e(f) &= |S_e(f)| \cdot e^{i\varphi_e(f)} \end{aligned} \quad (9)$$

unde $|S_i(f)|$, $|H(f)|$ și $|S_e(f)|$ sunt spectrele de amplitudine (caracteristicile amplitudine-frecvență) iar $\varphi_i(f)$, $\varphi_h(f)$ și $\varphi_e(f)$ reprezintă spectrele de fază (caracteristicile fază-frecvență).

Cu (9) relația (8) se scrie

$$S_e(f) = |S_i(f)| \cdot |H(f)| \cdot e^{i\{\varphi_i(f) + \varphi_h(f)\}} = |S_e(f)| \cdot e^{i\varphi_e(f)} \quad (10)$$

Filtrarea numerică în domeniul frecvenței se face în cîteva etape. În prima etapă se calculează spectrele Fourier de amplitudine și fază ale semnalului de intrare. În a doua etapă se calculează spectrele de amplitudine și fază ale filtrului. În a treia etapă se înmulțesc spectrele de amplitudine $|S_i(f)|$ și $|H(f)|$ între ele iar spectrele de fază $\varphi_i(f)$ și $\varphi_h(f)$ se adună.

După ce se obține spectrul $S_e(f)$, se face transformata Fourier inversă, obținindu-se semnalul de ieșire $s_e(t)$ filtrat.

Filtrarea numerică a semnalului $s_i(t)$ se poate efectua și în domeniul timpului.

Să considerăm transformata Fourier inversă a funcției de transfer $H(f)$. Fie aceasta $h(t)$. Din punct de vedere fizic, funcția $h(t)$, reprezintă semnalul la ieșirea filtrului (fig. 12), cînd la intrarea acestuia se aplică un impuls unitate $\delta(t)$, definit ca $\delta(t) = 1$ pentru $t = 0$ și $\delta(t) = 0$ pentru $t \neq 0$.

Funcția $h(t)$ se numește „răspunsul filtrului” la impuls sau „operator de filtrare”.



Semnalul de intrare $s_i(t)$, eșantionat, poate fi considerat ca o succesiune de impulsuri decalate cu un timp τ între ele. Fiecare din aceste impulsuri acționează ca și un impuls separat, dind naștere la ieșirea filtrului, la un răspuns la impuls propriu a cărui amplitudine maximă este proporțională cu amplitudinea impulsului care-l provoacă.

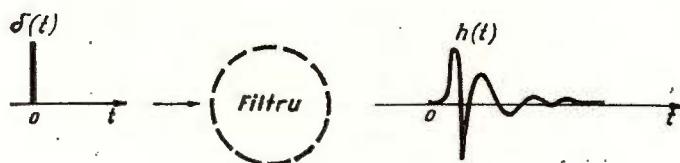


Fig. 12. — Filtrare în domeniul timpului.

Filtrage dans le domaine du temps.

Răspunsul global al filtrului, corespunzător trecerii întregului semnal $s_i(t)$, este suma în relație corespunzătoare a tuturor răspunsurilor la impuls considerate separat. Pentru exemplificare dăm în figura 13 pe un caz simplu de semnal eșantionat, răspunsul unui filtru, calculat prin suprapunerea răspunsului filtrului la fiecare eșantion din semnalul de intrare. În partea de sus a figurii este arătat răspunsul filtrului la impulsul unitate, adică operatorul de filtrare $h(t)$.

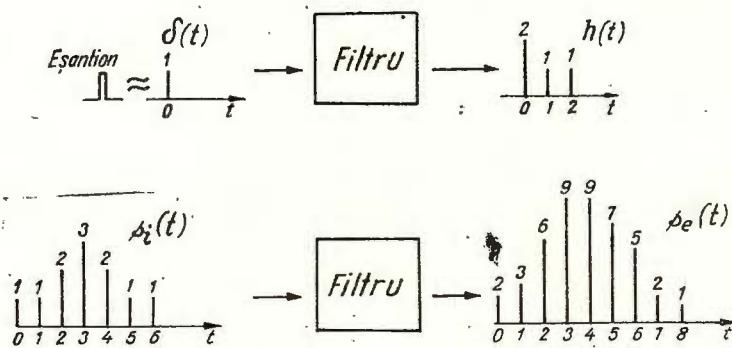


Fig. 13. — Filtrarea unui semnal eșantionat (prin suprapunere).

Filtrage d'un signal échantilloné (par superposition).

Pentru simplificare fiecare eșantion este assimilat cu un impuls fără întâime, cu amplitudine egală cu amplitudinea eșantionului respectiv. Amplitudinea fiecărui impuls este indicată de cifra scrisă deasupra lui.



Calculele și modul de aranjare a răspunsurilor separate pentru a obține răspunsul total sunt arătate în tabelul de mai jos.

$1 \times (2, 1, 1)$	.	.	.	.	.	2	1	1
$1 \times (2, 1, 1)$	.	.	.	.	.	2	1	1
$2 \times (2, 1, 1)$	.	.	.	.	.	4	2	2
$3 \times (2, 1, 1)$	.	.	.	.	.	6	3	3
$2 \times (2, 1, 1)$	.	.	.	.	.	4	2	2
$1 \times (2, 1, 1)$	.	.	.	.	.	2	1	1
$1 \times (2, 1, 1)$	.	.	.	.	.	2	1	1
						2	3	6
						9	9	7
						5	2	1

La acest rezultat putem ajunge pe altă cale folosind (Mărgăritescu et al. 1966; Pickles, 1967; U.G.C., 1966), „funcția de conoluție”.

Produsul $S_e(f) = S_i(f) \cdot H(f)$ din domeniul frecvenței, are drept corespondent în domeniul timpului expresia :

$$s_e(\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_i(t) \cdot h(\theta - t) \cdot dt \quad (11)$$

Această integrală este cunoscută sub numele de integrală de conoluție.

În expresia (11), t este variabila curentă (timpul) iar θ o anumită valoare a acesteia.

Pentru fiecare valoare θ se obține o anumită valoare $s_e(\theta)$, a funcției $s_e(t)$. Determinarea funcției $s_e(t)$ în intregime, implică repetarea integralei (11) pentru toate valorile θ ale timpului.

Pentru a efectua filtrarea în domeniul timpului, folosind conoluția, trebuie calculată integrala (11) pentru toate valorile θ , considerind că semnalul începe în momentul zero și are un număr finit de eșantioane.

Pentru aceasta, în prima etapă trebuie calculat operatorul de filtrare $h(t)$ corespunzător funcției de transfer $H(f)$ dorită a filtrului.

În etapa a doua acest operator trebuie convoluționat cu semnalul de intrare $s_i(t)$ pentru a obține semnalul filtrat $s_e(t)$.

Din (11) se vede că pentru fiecare valoare a lui $s_e(t)$ trebuie considerată funcția $h(t)$, deplasată pe axa timpului cu o valoare θ iar apoi luată imaginea acesteia în oglindă.

Pentru ilustrare dăm în fig. 14 un exemplu de filtrare prin conoluție în care am ales același semnal de intrare (fig. 14 a) și același operator de filtrare (fig. 14 b), ca în figura 13.



În figura 14 c s-a considerat imaginea în oglindă a operatorului de filtrare deplasată de fiecare dată față de $s_i(t)$ cu o unitate de timp. Pentru fiecare valoare θ a timpului eșantionele lui $s_i(t)$ și $h(\theta - t)$, care vin în

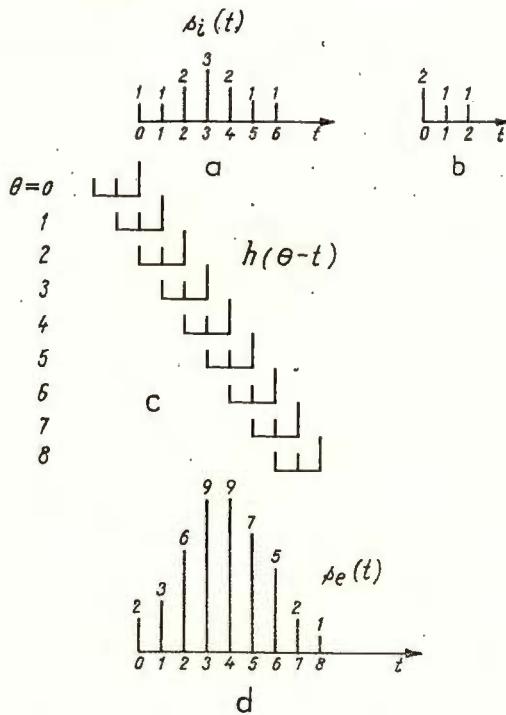


Fig. 14. — Filtrare prin convoluție.
Filtrage par convolution.

corespondență, sănt înmulțite, iar produsele respective sănt adunate dînd valoarea corespunzătoare a lui $s_e(t)$, conform tabelului de mai jos.

Timpul

- | | |
|---|--|
| 0 | $h(0) \times s_i(0)$ |
| 1 | $h(0) \times s_i(1) + h(1) \times s_i(0)$ |
| 2 | $h(0) \times s_i(2) + h(1) \times s_i(1) + h(2) \times s_i(0)$ |
| 3 | $h(0) \times s_i(3) + h(1) \times s_i(2) + h(2) \times s_i(1)$ |
| 4 | $h(0) \times s_i(4) + h(1) \times s_i(3) + h(2) \times s_i(2)$ |
| 5 | $h(0) \times s_i(5) + h(1) \times s_i(4) + h(2) \times s_i(3)$ |
| 6 | $h(0) \times s_i(6) + h(1) \times s_i(5) + h(2) \times s_i(4)$ |
| 7 | $\dots \dots \dots h(1) \times s_i(6) + h(2) \times s_i(5)$ |
| 8 | $\dots \dots \dots \dots \dots h(2) \times s_i(6)$ |

sau înlocuind cu valorile numerice corespunzătoare :

$$\begin{array}{rcl}
 \tau = 0 & 2 \times 1 & = 2 \\
 1 & 2 \times 1 + 1 \times 1 & = 3 \\
 2 & 2 \times 2 + 1 \times 1 + 1 \times 1 & = 6 \\
 3 & 2 \times 3 + 1 \times 2 + 1 \times 1 & = 9 \\
 4 & 2 \times 2 + 1 \times 3 + 1 \times 2 & = 9 \\
 5 & 2 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 3 & = 7 \\
 6 & 2 \times 1 + 1 \times 1 + 1 \times 2 & = 5 \\
 7 & 1 \times 1 + 1 \times 1 & = 2 \\
 8 & 1 \times 1 & = 1 \\
 \hline
 & 2 \ 3 \ 6 \ 9 \ 9 \ 7 \ 5 \ 2 \ 1 &
 \end{array}$$

În figura 14 d este reprezentat semnalul filtrat $s_e(t)$. Se vede că, prin procesul de conoluție, semnalul este lungit în timp. Dacă semnalul are N eșantioane, iar operatorul de filtrare M eșantioane, pasul de eșantionare fiind același pentru ambele funcții de timp, semnalul rezultat după filtrare este o funcție care are $N + M - 1$ eșantioane, adică semnalul este lungit cu o durată egală cu durata în timp a operatorului de filtrare. Rezultă că o filtrare de frecvență, deci o îngustare a spectrului semnalului de intrare, are ca efect o alungire în timp a semnalului de ieșire. Cu cât vrem să îngustăm mai mult spectrul de frecvență a semnalului, cu atât vor trebui aleși operatori de filtrare de durată în timp mai mare.

Se observă din exemplul precedent că pentru conoluție este nevoie de un volum de înmulțiri și adunări pe care trebuie să le efectueze calculatorul numeric. De aici rezultă necesitatea acelei unități de înmulțire rapidă, numită convolver.

Filtrele de frecvență sunt proiectate pe considerente arbitrarе pe baza unei aprecieri subiective a spectrului semnalului util și a zgomotului.

Se folosesc în prelucrarea numerică a datelor seismice și alte tipuri de filtre numite „filtre optime” care sunt proiectate pe baza unui caracter specific al semnalului și zgomotului. Operatorul de filtrare este calculat astfel încât la aplicarea la intrarea filtrului a semnalului „real”, la ieșirea acestuia să se obțină un semnal de o formă „dorită”. La baza acestor filtre stă criteriul celor mai mici erori pătrate. În filtrele optime, operatorii de filtrare pot fi proiectați în conformitate cu caracterul semnalului și zgomotului pentru fiecare din traseele înregistrate. Înainte de a filtra trasa seismică, se poate determina caracterul zgomotului, iar filtrul optim poate fi



proiectat pentru a îndepărta zgomotul cu caracter distinct de pe trasa respectivă.

Un instrument eficace în stabilirea caracterului semnalului și zgomotului este analiza de corelație.

Fie două funcții aperiodice (tranzitorii) $s_1(t)$ și $s_2(t)$. Gradul de asemănare între aceste două funcții poate fi pus în evidență prin expresia :

$$y_{1,2}(\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t) \cdot s_2(t + \theta) \cdot dt \quad (12)$$

care se numește „funcția de corelație”. În (12) t și θ au aceeași semnificație ca și la funcția (11) de convoluție.

Dacă $S_1(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t) \cdot e^{-i2\pi f t} \cdot dt$ este spectrul de frecvențe al semnalului $s_1(t)$ atunci $\bar{S}_1(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t) \cdot e^{i2\pi f t} \cdot dt$ este spectrul conjugat al lui $S_1(f)$.

Expresia (12) poate fi scrisă (P i c k l e s , 1967) în funcție de spectrele de frecvență astfel :

$$y_{1,2}(\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} S_2(f) \cdot \bar{S}_1(f) \cdot e^{i2\pi f \cdot \theta} \cdot df \quad (13)$$

Din interpretarea expresiei (13) rezultă că spectrul de corelație a două funcții este egal cu spectrul funcției care a fost decalată în timp, înmulțit cu conjugata spectrului celeilalte funcții.

$$\begin{aligned} Y_{1,2}(f) &= \bar{S}_1(f) \cdot S_2(f) = |S_1(f)| \cdot e^{-i\varphi_1(f)} \cdot |S_2(f)| \cdot e^{i\varphi_2(f)} = \\ &= |S_1(f)| \cdot |S_2(f)| \cdot e^{i\{\varphi_2(f) - \varphi_1(f)\}} \end{aligned} \quad (14)$$

Din (14) se vede că, corelația conține diferența de fază a celor două funcții în timp ce convoluția conține suma fazelor (vezi relația 10). Spectrele de amplitudine sunt identice în cele două cazuri.

Dacă $s_1(t)$ și $s_2(t)$ sunt identice, funcția (12) se numește „funcție de autocorelație”

$$y_{1,1}(\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t) \cdot s_1(t + \theta) \cdot dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |S_1(f)|^2 \cdot e^{i2\pi f \theta} \cdot df \quad (15)$$

Pentru $\theta = 0$, rezultă $\int_{-\infty}^{+\infty} s_1^2(t) \cdot dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |S_1(f)|^2 \cdot df$ ceea ce reprezintă energia totală din trasă, și deci $|S_1(f)|^2$ poate fi considerat ca fiind spectrul densității de energie.



Pentru funcțiile periodice, funcția de corelație este

$$y_{1,2}(\theta) = \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} s_1(t) \cdot s_2(t + \theta) \cdot dt \quad (16)$$

și în acest caz vom vorbi de spectrul de putere.

Pentru funcțiile întimplătoare, funcția de corelație este :

$$y_{1,2}(\theta) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t) \cdot s_2(t + \theta) \cdot dt \quad (17)$$

și în acest caz vom vorbi despre spectrul densității de putere.

Acești trei termeni — putere, densitate de energie și densitate de putere — sunt adesea grupați împreună și în referirile vagi se obișnuiește să se spună, pentru simplificare, spectrul de putere.

La baza analizei de corelație stă ideea că semnalul util există în aceeași formă pe fiecare trasă, pe cind zgometul diferă ceea ce permite punerea în evidență a semnalului. Făcîndu-se autocorelarea trasei pentru diferite decalaje θ și făcînd transformata Fourier a ei, se pune în evidență spectrul densității de energie. Prin extragerea rădăcinii pătrate se pune în evidență spectrul Fourier de amplitudini și deci se pot proiecta operatori optimi de filtrare pentru a obține semnalul de ieșire dorit.

În procedeele de filtrare optimă a căpătat o largă răspîndire filtrarea pe baza contribuției semnalelor de la mai multe trase.

Astfel, în procedeul „filtrării de viteză” se adună semnalele mai multor trase, care conțin informații de la puncte apropiate de pe limitele reflectatoare, după ce în prealabil fiecare trasă a fost filtrată cu un filtru optim.

În alt procedeu numit „acoperiri multiple” se adună trase obținute de la același punct de pe linia reflectatoare, dar care au parcurs drumuri diferite, datorită faptului că distanța între punctul de împușcare și geofoni variază de la o trasă la alta. și aici se pornește, ca și în cazul precedent, de la considerația că semnalul util este același pe fiecare trasă, pe cind zgometul diferă, datorită faptului că mediile de inițiere și recepție a undelor diferă. În aceste procedee reflectiile utile se adună în fază, în timp ce reflectiile multiple, sau alte zgomite avînd decalaje, se vor aduna întimplător, deci se poate obține o micșorare a nivelului lor. Filtrele optime, în acest caz, sunt proiectate pe baza analizei de autocorelare astfel, ca să lase să treacă neatenuate numai semnalele care sosesc cu un decalaj de timp Δt mic (reflectiile reale), în timp ce altele cu decalaj mai mare (reflectiile multiple) sunt atenuate mult.

Același procedeu poate fi folosit pentru atenuarea reflectiilor fantomă, prin adunarea semnalelor filtrate optim, a două sau mai multe trase obținute prin împușcături la diferite adîncimi în sondă.



Semnalele înregistrate pe trasele sismice seamănă destul de puțin cu semnalul real emis în momentul împușcăturii.

O bună parte a deformărilor sunt datorate chiar trecerii semnalului prin pămînt, aceasta jucând rolul unui filtru. Semnalul pierde din componente spectrului său de frecvențe, ceea ce face ca el să se alungească în timp, datorită convoluției sale cu operatorul de filtrare propriu al pămîntului.

Pentru a avea un semnal identic cu cel inițial emis de explozie, este de dorit de a „deconvoluționa” acest semnal printr-o așa numită „filtrare inversă” sau filtrare de deconvoluție.

Această operație este greu de realizat, deoarece procesul de convoluție produs de pămînt nu se poate cunoaște exact, ci este aproimat ipotetic. Pe baza analizei de autocorelare se stabilește conținutul în semnal util și zgomot al trasei înregistrate și se calculează un operator de deconvoluție cu care se face apoi convoluția trasei respective.

Deconvoluția are ca scop scurtarea în timp a semnalului. Ideal ar fi ca fiecare reflexie să fie reprezentată prin impulsuri foarte înguste pentru o cît mai bună rezoluție. La prima vedere se pare că, deoarece semnalul de pe trasă se convoluțiază cu un operator de filtrare, semnalul rezultat va fi inevitabil lungit, deci nu ar avea loc o deconvoluție.

În realitate operatorul de deconvoluție este astfel proiectat încât cea mai mare parte a energiei este masată în prima porțiune a semnalului filtrat. Amplitudinea ultimei părți a semnalului rezultând foarte mică, practic se poate neglijă.

Deconvoluția este foarte importantă în prelucrarea înregistrărilor marine unde apare fenomenul de „reverberație”, apă acționând ca un strat reverberator, fapt ce se manifestă prin apariția unor oscilații întreținute, pe trasele seismice.

Prin filtrarea inversă, aceste oscilații nedorite sunt înălțurate rămînind numai semnalele utile.

Proiectarea unui filtru invers optim ridică anumite probleme. Pentru ușurarea calculelor, este util ca semnalul care urmează a fi filtrat, să fie reprezentat matematic cu ajutorul transformatei Z .

Fie ($a_0, a_1, a_2 \dots a_n \dots$) valorile unui semnal în punctele de eșantionare (fig. 15). Seria aceasta de valori de fapt reprezintă rezultatul înmulțirii semnalului $s(t)$ cu funcția de eșantionare $\sum_{n=0}^{\infty} \delta(t - n \cdot \tau)$ care este o succesiune de impulsuri unitate.

$$s(n\tau) = s(t) \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \delta(t - n\tau) \quad (18)$$



Transformata Fourier a impulsului unitate este:

$$F[\delta(t)] = 1 \text{ și } F[\delta(t - n\tau)] = e^{-i2\pi f_n \tau} \quad (19)$$

Notînd $z = e^{-i2\pi f_n \tau}$, transformata Fourier a expresiei (18) (este :

$$S(z) = F[s(n\tau)] = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \dots + a_n z^n + \dots \quad (20)$$

Funcția $S(z)$ se numește transformata Z a funcției de timp $s(n\tau)$.

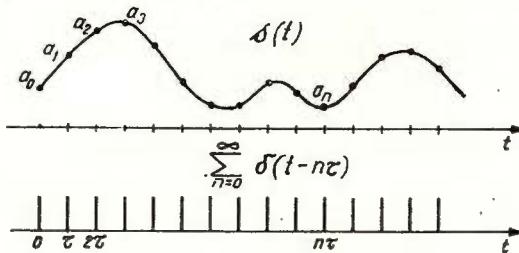


Fig. 15. — Semnalul $s(t)$ și funcția de eșantionare

$$\sum_{n=0}^{\infty} \delta(t - n\tau)$$

Signal $s(t)$ et la fonction d'échantillonage $\sum_{n=0}^{\infty} \delta(t - n\tau)$.

Avantajul transformatei Z constă în faptul că o funcție de timp, definită prin valorile ei discrete, se poate scrie sub formă unui polinom în z . În afară de aceasta, ținînd cont că polinomul în z s-a obținut prin transformata Fourier, rezultă că unei conoluții a două funcții în domeniul timpului real îi corespunde înmulțirea celor două polinoame corespunzătoare, în domeniul Z .

Dacă considerăm acum un operator de filtrare $h(t)$ scris în domeniul Z :

$$H(z) = \dots + b_{-1} z^{-1} + b_0 + b_1 z^1 + b_2 z^2 + \dots \quad (21)$$

conoluției dintre $s(t)$ și $h(t)$ îi corespunde produsul $S(z) \cdot H(z)$ care este mult mai comod de efectuat.

Dacă dorim ca $h(t)$ să fie un operator de filtrare inversă, rezultă că semnalul dorit la ieșire ar trebui să fie un impuls unitate $\delta(t)$ ceea ce înseamnă că în domeniul Z trebuie să avem relația :

$$S(z) \cdot H(z) = 1 \quad (22)$$

de unde rezultă expresia operatorului de filtrare

$$H(z) = \frac{1}{S(z)} = \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n} \quad (23)$$

și dacă $S(z)$ îndeplinește anumite condiții, se pot calcula valorile ($\dots b_0, b_1, b_2, \dots b_m \dots$) ale eșantioanelor acestui operator.

Metodele de prelucrare prin filtrare numerică, fie că e vorba de adunări de trase, filtrare de viteză, acoperiri multiple sau altele, pot fi considerate sub denumirea comună de „prelucrare multitrasă”.

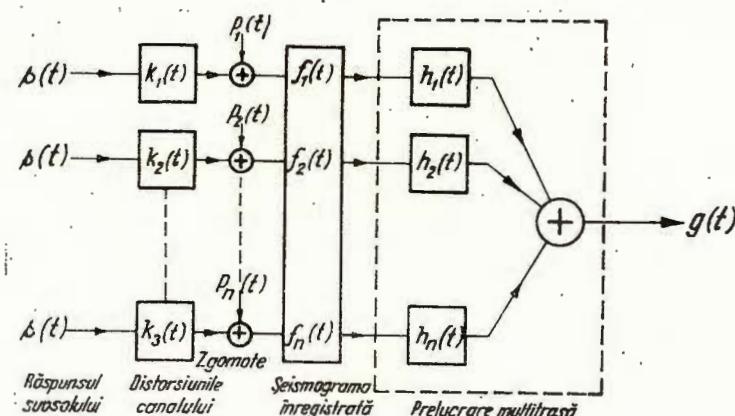


Fig. 16. — Prelucrarea traselor seismice.

Traitement des traces séismiques.

În figura 16 este schițat în mod cu totul general, procesul de prelucrare a traselor.

S-a notat $s(t)$ răspunsul comun al subsolului pe fiecare trasă, $K_i(t)$ — filtru reprezentind distorsiunea semnalului la trecerea prin canalul de comunicație între sursă și înregistrator.

$p_i(t)$ — zgomotul total introdus în trasă.

$f_i(t)$ — trasa seismică de pe seismogramă.

$h_i(t)$ — operatorul de filtrare cu care se face prelucrarea.

$g(t)$ — trasa filtrată.

În prelucrarea multitrasă filtrele optime $h_i(t)$ se proiectează astfel, încit să rezulte o trasă de ieșire $g(t)$, pe cît posibil identică cu semnalul original $s(t)$.

Practic este imposibil să se obțină o identitate perfectă, dar se caută ca deosebirile să fie reduse la minim.

Unul din procedeele folosite pentru realizarea acestui deziderat este, după cum am arătat, calculul pe baza criteriului celor mai mici erori pătrate.

Eroarea de semnal este definită ca diferență între semnalul dorit $s(t)$ și semnalul real $g(t)$

$$e(t) = s(t) - g(t) \quad (24)$$

Eroarea medie pătrată va fi $E = \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} e^2(t) \cdot dt$ (25). Aceasta nu este altceva decât valoarea funcției de autocorelare a trasei erorii $e(t)$ pentru întărirea $\theta = 0$, adică valoarea medie a puterii în trasa de eroare. Prin proiectarea adecvată a filtrelor $h_i(t)$ se caută ca această valoare să fie minimizată.

Pentru o filtrare într-adevăr eficientă este de dorit să se folosească o schemă mai amplă de filtre. Să considerăm n trase, fiecare trasă fiind filtrată separat prin n filtre diferite, noteate :

$(1,1), (1,2), \dots, (1,n)$ pentru trasa 1 ;

$(2,1), (2,2), \dots, (2,n)$ pentru trasa 2 ;

și așa mai departe.

Atunci cînd sunt combinate ieșirile a n^2 filtre diferite, ieșirea filtrată a fiecărei trase va avea contribuții de la fiecare din celealte trase. În figura 17 este ilustrată filtrarea a trei trase.

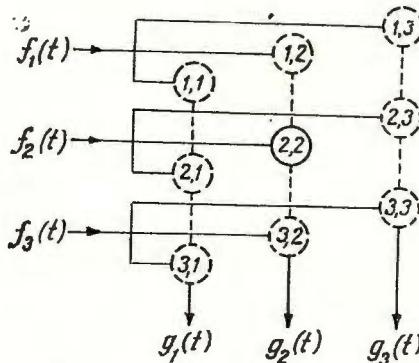


Fig. 17. — Filtrarea multitrasă.

Filtrage multitrace.

Trasele de intrare noteate $f_1(t), f_2(t), f_3(t)$ sunt, fiecare, filtrate cu trei filtre, iar ieșirile de la cele nouă filtre sunt combinate în trei grupe de cîte trei astfel încît fiecare din trasele de ieșire $g_1(t), g_2(t), g_3(t)$ conține contribuții de la fiecare din cele trei trase de intrare.

Acest tip de filtru multitrasă în forma cea mai generală, este foarte costisitor deoarece trebuie calculați n^2 operatori de filtrare individuali, iar apoi fiecare trebuie convoluționat cu o trasă adecvată.

Este posibil de a folosi mai puține filtre (unul pentru fiecare trasă ca în figura 16), dar în acest caz rezultatele obținute vor fi sub nivelul cazului general, dar totuși mult mai bune decât în cazul filtrării individuale obișnuite.

În perioada scursă de la introducerea tehnicii numerice în prospecțiunea seismică s-a pus un accent deosebit pe perfecționarea aparaturii de înregistrare și prelucrare.

În prezent accentul se pune tot mai mult pe găsirea unor metode mai eficace de prelucrare și interpretare a datelor.

Este cert că lucrările vor continua pe linia găsirii unor noi criterii pentru proiectarea de operatori de filtrare optimi mai eficace decât cei actuali.

Se caută metode de calculare mai rapidă a datelor și reducerea prețului de cost a prelucrărilor. Trebuie ținut cont că orice calculator, cît de perfecționat ar fi el, lucrează pe baza unor programe stabilite de specialiștii programatori.

Cu cît specialiștii geofizicieni cîștigă mai multe cunoștințe și mai multă experiență asupra prelucrărilor datelor seismice, cu atît programele vor fi mai eficace în lupta împotriva zgomotelor, cu atît rezultatele vor fi mai concludente și deciziile luate vor avea șanse mai mari de succes în localizarea zonelor de interes economic.

BIBLIOGRAFIE

- Levin F. K., Bayhi J. F., Grieves W. A., Watson R. J., Webster G. M. (1966) Developments in exploration geophysics 1962—1965, *Geophysics*. XXXI, 2. Tulsa.
- Mărgăritescu D., Chișcan V. (1966) Metode noi de prospecție geofizică. Partea I-a. *Centrul de documentare al Industriei chimice și petroliere*. București.
- Northwood E. J., Weisinger R. C., Bradley J. J. (1967) Recommended standards for digital tape formats. *Geophysics*. XXXII, 6. Tulsa.
- Pickles E. (1967) Lecture notes on the basic mathematics of digital processing of seismic data. Edited by Mel Carter, U.S.A.
- Robinson E. A. (1967) Predictive decomposition of time series with application to seismic exploration. *Geophysics*. XXXII, 3. Tulsa.
- Silverman D. (1967) The digital processing of seismic data. *Geophysics*. XXXII, 6. Tulsa.
- Staff Members of UGC (1966) A pictorial digital atlas, 1966 Edition. Edited by R. A. Peterson and M. B. Dobrin, Houston.



QUELQUES CONSIDÉRATIONS CONCERNANT L'APPLICATION DE LA TECHNIQUE NUMÉRIQUE DANS LES RECHERCHES SÉISMOMÉTRIQUES

(Résumé)

Cet ouvrage présente quelques considérations concernant l'utilisation de la technique numérique pour l'enregistrement et le traitement des données séismiques.

La différence fondamentale entre l'enregistrement analogique et l'enregistrement numérique vient du fait qu'au cours du premier, l'enregistrement du signal (la tension variable à la sortie des amplificateurs séismiques) est fait d'une manière continue sur la bande, alors que pour le second enregistrement le signal est enregistré d'une manière discontinue, la tension étant mesurée à la sortie des amplificateurs séismiques seulement à des intervalles de temps, par exemple deux millisecondes. Pour ce qui est des temps intermédiaires la valeur de la tension est ignorée.

Une fonction de temps $s(t)$ est définie d'une manière univoque par une fonction discrète $s(n \cdot \tau)$ qui dans le point $n\tau$ prend les mêmes valeurs que $s(t)$. τ porte le nom de pas d'échantillonage, et n représente la suite des numéros entiers positifs ($n=0, 1, 2, \dots$). La fréquence $f_e = \frac{1}{\tau}$ porte le nom de fréquence d'échantillonage.

La fonction $s(t)$ est définie de manière univoque par la fonction discrète $s(n \cdot \tau)$, conformément au théorème de l'échantillonage, si la limite supérieure f_s du spectre $S(f)$ du signal $s(t)$ est : $f_s \leq \frac{1}{2} f_e$.

Pour réaliser cette condition le signal $s(t)$ avant d'être échantilloné est filtré à l'aide des filtres de fréquence qui atténuent sensiblement (plus de 80 dB) tous les composants du spectre dont la fréquence dépasse la valeur limite supérieure f_s .

Les échantillons prélevés sur le signal à des intervalles de temps τ égaux représentent les valeurs numériques de la fonction $s(t)$ aux moments $n\tau$.

Ces échantillons sont ensuite codifiés, ce qui veut dire que la valeur numérique décimale $s(n \cdot \tau)$ est convertie pour qu'elle puisse être exprimée par le système binaire. L'avantage de ce système est que tout numéro peut être exprimé par seulement deux symboles „0” et „1”, qui peuvent être aisément enregistrés sur la bande magnétique par l'intermédiaire de certaines impulsions électriques, par exemple en aimantant (pour le symbole 1) ou non (pour le symbole 0) la bande.



Dans l'enregistreur séismique numérique les signaux électriques arrivés des géophones passent à travers : les amplificateurs séismiques, le multiplexer, le convertisseur analogique-numérique, les circuits inscription du format numérique adéquat et sont enregistrés comme numéros binaires sur la bande magnétique.

L'amplificateur séismique est constitué par des circuits qui amplifient le signal, par des filtres passe haut, passe bas, par des filtres brèches et par des filtres „alias” qui atténuent considérablement les composants de fréquence dépassant la valeur limite supérieure f_s . Les circuits amplificateurs acquièrent un gain qui se modifie par marches de 6 dB (rapport 1/2). La modification du gain est automatique, commandée par la valeur moyenne de l'énergie des impulsions arrivées à l'entrée des amplificateurs.

On utilise ce système car de cette façon, outre les numéros qui représentent la valeur des échantillons, on peut enregistrer sur la bande, toujours dans le système binaire, aussi la valeur exacte du gain de l'amplificateur à chaque moment, ce qui est indispensable pour reconstituer l'amplitude réelle du signal.

Le multiplexer est un commutateur électronique qui durant chaque pas d'échantillonage τ , couple successivement, pour un intervalle de temps très court, la sortie de chaque amplificateur à l'entrée du convertisseur analogique-digital, si bien qu'on prélève sur chaque trace un échantillon étroit.

Dans le convertisseur analogique-digital chaque échantillon est comparé à une tension étalon qui alimente une échelle binaire en obtenant des impulsions qui représentent le correspondant dans le système binaire de la valeur décimale de l'échantillon.

Les impulsions s'ordonnent dans un code et sont imprimées sur une bande magnétique.

Un chiffre binaire a été dénommé „bit”. Plusieurs „bits” qui représentent le nombre binaire correspondant, par exemple un échantillon, constituent un „mot”. Les „mots” sont enregistrés sur une bande magnétique à plusieurs pistes.

Si le nombre des pistes est au moins égal au nombre des „bits” du „mot”, celui-ci est enregistré sur une ligne. Si le nombre des „bits” du „mot” dépasse le nombre des pistes, le nombre se sépare en deux ou trois „caractères” qui sont enregistrés de manière correspondante, chacun sur une ligne à part.

À présent on utilise des bandes magnétiques à 7, 9 ou 21 pistes.

Plusieurs „mots” qui représentent par exemple la valeur des échantillons prélevés de tous les canaux séismiques au cours d'un pas d'échan-



tillonage sont enregistrés sur la bande l'un en dessous de l'autre, formant un „bloc de données”.

Les „blocs de données” correspondant aux temps d'échantillonage successifs sont enregistrés l'un en dessous de l'autre jusqu'à l'épuisement total de la durée de l'enregistrement.

Pour le contrôle de l'enregistrement on reproduit la lecture des numéros enregistrés sur la bande, leur décodification à l'aide d'un convertisseur numérique-analogique, leur démultiplexion et la reproduction analogique à l'aide d'un oscilloscopie à enregistrement optique.

Le traitement numérique des données séismiques est réalisé à l'aide de centrales de traitement munies de calculateurs électroniques numériques.

Un calculateur numérique adapté pour traiter les données séismiques est équipé d'une unité arithmétique dénommée „processeur central”, à l'aide duquel on effectue les calculs proprement dits et d'appareillages périphériques à l'aide desquels on introduit et on extrait les données.

Les informations enregistrées sur une bande magnétique numérique représentent un volume immense de données. C'est pourquoi à côté de la mémoire propre du calculateur qui ordinairement varie de 4.000 à 32.000 mots on utilise une mémoire auxiliaire avec une très grande capacité, de l'ordre des centaines de mille de mots.

Afin de réaliser rapidement les calculs on fait usage d'une unité spéciale dénommée convolver qui permet d'augmenter la vitesse des calculs de 10 à 20 fois.

Pour introduire les données on utilise des unités pour les bandes magnétiques, d'ici les données passent ensuite dans le calculateur arithmétique par l'intermédiaire des contrôleurs de bandes.

Pour extraire les données on utilise un convertisseur numérique-analogique, de celui-ci les signaux analogiques passent à l'unité qui imprime les coupes séismiques. L'appareillage périphérique est muni, lui aussi, d'une série d'appareils accessoires : lecteurs et perforateurs de bandes et de cartes, machines à écrire, machine à imprimer différentes données intermédiaires de contrôle, unité pour le contrôle visuel des signaux etc., ainsi qu'une bibliothèque de programmes.

À l'aide des calculateurs électroniques, à présent, on peut résoudre toute une série d'opérations : correction statique et dynamique, addition de traces, établissement de l'amplitude réelle des signaux, autocorrelations, corrélation réciproques, calcul des filtres mathématiques, convolution, déconvolution, analyse de fréquence etc.



Le but du traitement numérique des données est d'améliorer le rapport signal/bruit, réalisé à l'aide des filtres. Si les spectres de fréquence des signaux utiles et des bruits ont des caractères distincts on utilise des filtres de fréquence. À cette intention on calcule par l'analyse de Fourier le spectre $S_i(f)$ du signal d'entrée $s_i(t)$, on choisit la fonction de transfert $H(f)$ du filtre et l'on calcule le spectre de fréquence $S_e(f)$ du signal de sortie $s_e(t)$ filtré, en multipliant $S_i(f)$ par $H(f)$

$$S_e(f) = S_i(f) \cdot H(f) \quad (I)$$

Le filtrage peut être aussi pour le domaine du temps réel, étant donné qu'à la multiplication du domaine de la fréquence (relation I) correspond dans le domaine du temps la convolution entre le signal $s_i(t)$ et l'opérateur de filtre $h(t)$ conformément à la relation :

$$s_e(\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_i(t) \cdot h(\theta - t) \cdot dt \quad (II)$$

L'opérateur de filtres $h(t)$ est la transformée Fourier inverse de la fonction de transfert $H(f)$ ou, autrement dit, la réponse du filtre à l'impulsion unité $\delta(t)$. Dans la relation II, t est la variable courante (temps) et θ est une valeur quelconque du temps. Afin de déterminer complètement le signal filtré $s_e(t)$ on effectue l'intégrale II pour toutes les valeurs θ du temps.

Afin de déterminer le spectre du signal utile d'une trace (considérée comme une fonction transitoire) on fait l'autocorrélation de la trace $s(t)$ pour différents décalages θ en calculant la fonction de corrélation $y_{1,1}(t)$ pour chaque valeur θ du décalage, conformément à la relation :

$$y_{1,1}(\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) \cdot s(t + \theta) \cdot dt \quad (III)$$

Pour un décalage $\theta = 0$ résulte $\int_{-\infty}^{+\infty} s^2(t) \cdot dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |S(f)|^2 \cdot df$ qui représente l'énergie totale de la trace, donc $|S(f)|^2$ peut être considéré comme spectre de densité d'énergie.

En calculant le spectre $S(f)$ du signal on peut faire des projets d'opérateurs de filtrage adéquats pour obtenir à la sortie un signal de la forme désirée.

Les filtres ainsi calculés sont appelés filtres optimum.

Le signal nous parvenant à travers la terre est dénaturé, parce que la terre joue le rôle d'un filtre qui agit de façon différente sur les divers composants du signal. Au cas des enregistrements marins apparaît le phénomène de réverbération qui introduit au long des traces séismiques une série



d'oscillations parasites dénaturent le signal. Pour éloigner ces dénaturations dues à la terre ou à l'eau, on utilise un filtrage inverse (ou un filtrage de déconvolution). Les opérateurs de filtrages inverses sont calculés de manière à rejeter les déformations, émettant à la sortie du filtre un signal équivalent, autant que possible, au signal original.

Un filtrage efficient se réalise par la contribution de plusieurs traces filtrées chacune pour un filtre optimum. Ce type de filtrage porte le nom de filtrage multitrace. Afin de faire des projets de filtres pour le filtrage multitrace on doit partir du critère des moindres erreurs carrées.

Si $g(t)$ représente la trace réelle obtenue à la sortie du système de traitement et $s(t)$ représente le signal original que nous désirons avoir, la trace d'erreur est :

$$e(t) = s(t) - g(t) \quad (\text{IV})$$

et l'erreur moyenne carrée est:

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} e^2(t) \cdot dt \quad (\text{V})$$

qui à vrai dire représente la valeur de la fonction d'autocorrélation de la trace de l'erreur $e(t)$ pour un retard de $\theta = 0$ c'est-à-dire la valeur moyenne de l'énergie de la trace de l'erreur. En élaborant des plans adéquats de filtres optimaux pour chaque trace on essaie de minimiser la valeur \mathcal{E} .





Institutul Geologic al României

CERCETĂRI ELECTROMETRICE IN REGIUNEA TARNA MARE (MUNTII OAŞ)¹

DE

CRISTEA MIHAIL, SOTIRIS NICOLAU²

Abstract

Electrometrical Research in the Tarna Mare Region (Oaş Mts.). Electrometrical research whose varied methods were differentially applied to the mineralization types investigated, defined more accurately the areas presenting an economical interest, within which exploring work is to be concentrated, this contributing to the solving of geological problems in the Tarna-Mare region. In order to point out the mineralizations occurring in various forms of deposits, the following factors have been taken into account: use of natural polarization and induced polarization for mapping pyrite mineralization occurring as impregnations, and applying resistivity methods (longitudinal gradients and vertical electrical soundings) in detecting the resistivity areas of auriferous quartz. It is recommended to use electrometry and henceforth for detecting new mineralized areas within eruptive regions, and particularly, in the northern eruptive zones of our country where, since erosion brings the mineralized levels towards the surface, the possibilities of applying this geophysical method, so far limited to a relatively small sphere of investigation, are enhanced.

INTRODUCERE

În cursul anilor 1964 și 1965 au fost întreprinse cercetări electrometrice în munții Oaș, în zonele Batarci și Băile Turțului, al căror obiectiv a fost descoperirea și urmărirea mineralizațiilor aurifere și de sulfuri complexe, legate de intruziunile neogene.

Zonele Batarci și Băile Turțului se plasează în partea de NW a munților vulcanici neogeni Oaș. Relieful este destul de accidentat, deși cotele lui nu depășesc 800 m.

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice a Întreprinderii geologice de prospecționi din 10 martie 1966.

² Întreprinderea geologică de prospecționi. Cal. Griviței nr. 64. București.



În cuprinsul zonelor cercetate electrometric, se întâlnesc formațiuni sedimentare și roci eruptive.

Datorită aspectului variat de apariție a mineralizațiilor, cercetările electrometrice s-au executat într-o gamă variată de metode, în conformitate cu genul de mineralizație urmărit.

CARACTERIZAREA GEOLOGICĂ A REGIUNII

În perimetrul cercetărilor electrometrice apar formațiuni sedimentare și roci eruptive.

Sedimentarul. Este constituit dintr-un complex pannonian de marne, argile și gresii — subordonat, nisipuri și conglomerate — care cuprinde intercalații de tufuri și aglomerate andezitice.

Formațiunile sedimentare se dezvoltă, în sectorul Turț, pe valea Băilor și valea Penigherului și în partea de NE a sectorului Batarci, pe valea Scaborca și valea Turțului.

Eruptivul. Este reprezentat prin următoarele tipuri de roci :

Andezite cu amfiboli și piroxeni, care apar sub forma a două corpuri vulcanice situate la NE de vîrful Ghezuri și la WNW de gura galeriei I, I.S.E.M. Andezitele sunt propilitizate.

Andezite piroxene, care sunt rocile cele mai răspândite din regiune. Ele apar sub formă de curgeri de lave, corpuri vulcanice neregulate, dyke-uri, etc.

Piroclastite, cu o dezvoltare apreciabilă, reprezentate prin tufuri, microaglomerate și aglomerate andezitice, dispuse fie la baza curgerilor de lave, fie intercalate în cuprinsul lor.

Breccii andezitice, formate dintr-un ciment de natură sedimentară sau din silice criptocristalină cu elemente de andezit. Breccile andezitice apar în legătură cu fenomenele de străpungere a lavelor și a fracturilor filoniene, conținând de multe ori mineralizații importante. Astfel de breccii se întâlnesc pe valea Penigherului, în sectorul Turț și în sectorul Batarci.

În jurul filoanelor, atât în rocile eruptive — pe distanțe de ordinul zecilor de metri — cât și în formațiunile sedimentare, pe distanțe mai mici, limitate la zona de salbandă, se remarcă existența alterațiilor hidrotermale (propilitizări, silicifieri, sericitizări, etc.). S-a constatat că există o legătură strânsă între aceste alterații hidrotermale și prezența mineralizațiilor.



Mineralizațiile. Sunt de natură hidrotermală, legate de ultima fază a activității vulcanice neogene, având predominant un caracter filonian și mai rar un caracter de impregnație. Mineralizațiile s-au depus pe fracturi tectonice. Orientarea lor este NE — SW sau NNE—SSW și rar NW—SE. Filoanele cunoscute au lungimi de pînă la 400 m, grosimi cuprinse între 20 cm și 9 m și sunt situate la periferia structurilor vulcanice, în corpurile eruptive sau în coșurile vulcanice.

În sectorul Batarci se cunosc trei zone mineralizate mai importante :

Prima zonă este situată în partea superioară a văii Tufelor, axată pe o fractură de amploare, orientată NW—SE. Mineralizația este localizată într-o brecie de explozie, silicificată și este constituită din pirită, cu conținut de aur. Pirlita se găsește sub formă de cuiburi într-o gangă de cuarț, disseminări în elementele andezitice ale breciei, filonașe care străbat masa de cuarț sau chiar sub formă de ciment al breciei. Se presupune că mineralizația din această zonă reprezintă numai partea superioară a unei fracturi, pe care au circulat soluții hidrotermale. Acestea au depus cuarțul, pirlita și aurul, urmînd ca în adîncime — în această ipoteză — să se dezvolte mineralizații de sulfuri polimetalice.

Cea de a doua zonă mineralizată este orientată NNE—SSW și a fost deschisă cu galeria III, I.S.E.M. Mineralizația constă în cuarț sau calcit, conține aur și este cantonată într-un andezit albicios brecificiat, de-a lungul unei falii care prezintă, pe direcție, întreruperi — fapt ce dă mineralizației un aspect lenticular. Andezitele brecificate din acoperișul și culcușul faliei conțin de asemenea — pe alocuri însă — aur. Pentru urmărirea în adîncime a filoanelor, prinse în galerie, au mai fost executate de către I.S.E.M. forajele 25803 și 25805.

A treia zonă mineralizată este localizată pe un affluent stîng al văii Bătărcelului. Mineralizația se găsește sub formă de filonașe de cuarț, pirlită, marcasită masivă și concrețiuni de tetraedrit și calcopirită. Filonașele conțin aur și argint.

În sectorul Băile Turțului sunt cunoscute filoane de cuarț aurifer, care sunt cantonate în andezite sau la contactul andezitelor cu formațiunile sedimentare. Dimensiunile filoanelor variază între 0,2 și 7 m, la care se adaugă zona de silicifiere. Mineralizația este constituită din marcasită, blendă, galenă, pirlită, subordonat calcopirită și minerale secundare de cupru. Gang este constituită din cuarț, calcit și mai rar baritina și caolină.

Lucrările de explorare ale I. S.E.M.-ului au pus în evidență două serii de filoane ale căror direcții sunt perpendiculare între ele. Faptul că filoanele se efilează pe direcție a determinat sistarea lucrărilor de explorare, pînă cînd cercetările electrometrice vor aduce elemente noi.



LUCRĂRILE DE CERCETARE ELECTROMETRICĂ

Cercetările electrometrice au fost efectuate prin metodele : polarizație naturală, polarizație provocată, gradienți longitudinali și sondajele electrice verticale.

Metoda polarizației naturale. Dintre metodele de cîmp electric natural a fost aleasă, pentru determinări, cea a înregistrării variației de potențial electric natural în diversele stații de pe profile, față de un punct central al profilului, căruia i se atribuie un potențial nul și care capătă apoi o valoare de legătură, față de un punct de nul, ales în afara sectoarelor active din punct de vedere electric. În acest mod sînt puse în evidență anomaliiile din figura 1 (vezi planșa).

Metoda polarizației provocate. Această metodă a fost aplicată suprapus pe zonele anomale evidențiate prin metoda polarizației naturale, pentru verificarea acestora. Ambele metode înregistrează, în această regiune, efectele mineralizației de impregnație din breciile andezitice. Lucrările au fost executate cu stația autopurtată VP-59, constituită dintr-un generator de curent continuu de 450 volți (pînă la 25 amperi și o stație de înregistrare fotooscilografică). Au fost efectuate determinări de polarizație provocată pe cele două zone anomale, cartate prin metoda polarizației naturale : la nord de galeria I.S.E.M. Bătărcel (prin metodele : profilare cu $AB = 300$ m, $MN = 60$ m și sondaj electric vertical cu AB maxim de 1200 m) și la sud de galeria Bătărcel (prin metoda profilării cu dispozitiv Wenner, $a = 100$ m și S. E. V. cu AB maxim = 1500 m). Reprezentările determinărilor de polarizație provocată au fost făcute, pentru zona anomală nordică în figura 3 (vezi planșa), iar pentru anomalia sudică în figura 6, sub formă de profile ale raportului dintre tensiunea de excitație și cea de polarizație provocată.

Metoda gradienților longitudinali (AB fix, MN mobil). Metoda a fost utilizată atât în zona Batarci cît și în zona Băile Turțului, pentru urmărirea filoanelor, rezistive electric, de cuarț aurifer — aureolate de zone largi, de cîțiva zeci de metri, de silicifiere a rocilor. Aceste zone de silicifiere facilitează urmărirea filoanelor și, prin puternicul contrast de rezistivitate cu mediul ambiant, realizat pe distanțe mari, permit o interpretare sigură.

Au fost utilizate linii de emisie $AB = 300$ m și acolo unde se impunea obținerea de informații de la adîncime mai mare s-a folosit dispozitivul $AB = 600$ m. Dispozitivul de recepție a variat între 10 și 40 metri. Prezen-



tarea datelor obținute cu metoda gradienților longitudinali (pl. fig., 1) se face alături de prezentarea anomalilor de PN, sub formă de axe ale maximelor de rezistivitate, corespunzătoare zonelor filoniene de cuarț aurifer. În figura 2 — pentru un sector plasat în vîrful Rădăcinii — sunt prezentate profilele de rezistivitate, obținute prin metoda G.L. (Axele reprezentate în figura 1 (vezi planșa) unesc maximele curbelor de rezistivitate).

Metoda sondajelor electrice verticale. Metoda a fost utilizată în sectorul Batarci, unde au fost executate secțiuni de S.E.V. pe anomaliiile de polarizație naturală și anomaliiile de maxim rezistivimetric (obținute prin metoda G.L.), pentru obținerea de informații asupra evoluției în adâncime a zonelor conductoare sau rezistive. Datele obținute prin această metodă sunt reprezentate în planșă, figurile 3 și 5, sub formă de secțiuni de S.E.V., alături de datele celorlalte metode de investigație utilizate în regiune: polarizație naturală, polarizație provocată și gradienți longitudinali.

Parametrii fizici care justifică alegerea metodelor și constituie criteriile de interpretare a datelor electrometrice în regiune. Existența celor două tipuri, complet deosebite, de mineralizație în regiune (mineralizație de pirită diseminată și filoane cuarțifere mineralizate) a impus folosirea unei metodologii de cercetare electrometrică diferențiată și adecvată fiecărui tip de zăcămînt urmărit.

Astfel, pentru punerea în evidență a zonelor de impregnație cu pirită auriferă (zone de andezite și brecii andezitice mineralizate) au fost utilizate: metoda polarizației naturale (pe baza efectelor proceselor de oxidare-reducere a piritei) și metoda polarizației provocate (datorită capacității mari de polarizare a piritelor diseminat). Acest gen de lucrări s-au efectuat cu precădere în zona Batarci.

Utilizarea metodelor rezistivimetrice (gradienți longitudinali și sondaje electrice verticale), în urmărirea filoanelor de cuarț aurifer, a fost impusă de existența unui puternic contrast de rezistivitate dintre filoanele de cuarț — rezistive — și restul formațiunilor geologice din regiune.

Pentru fundamentarea aplicării metodelor rezistivimetrice și a precizării criteriilor de interpretare, în regiune, au fost executate în prealabil sondaje electrice verticale, în cruce, pe fiecare formațiune geologică, determinându-se rezistivitatea acestora. Dăm mai jos tabelul rezistivităților — astfel deduse — din care apare, evidentă, existența puterni-



cului contrast de rezistivitate dintre zonele silicificate (filoane de cuarț) și restul formațiunilor geologice.

Formațiunea	la orizontul :	AB = 600 m
	AB = 300 m	
Sedimentar neogen	30 Ω m	60 Ω m
Andezit prioxenic silicificat	500 – 1000 Ω m	140 – 600 Ω m
Andezit piroxenic	100 Ω m	100 Ω m
Andezit piroxenic sericitizat și caolinizat	70 Ω m	60 Ω m

REZULTATELE CERCETĂRILOR ELECTROMETRICE

În anul 1964 în zona Batarci a fost pusă în evidență, prin metoda polarizației naturale, o anomalie a cîmpului electric natural, cu valori maxime de cca –275 mV, și o extindere de aproximativ 500 m/500 m. Această anomalie a fost interpretată ca fiind efectul unei mineralizații disperse de pirită. Această interpretare este conformă cu datele forajelor 25.805 și 25.803, executate anterior la periferia anomaliei. Cum mineralizația este firesc să fie concentrată — posibil pînă la lentile de minereu masiv — spre apexele anomaliei și cum această mineralizație poate prezenta conținuturi importante de aur, anomalia se reține ca interesantă din punct de vedere economic și a fost propusă pentru explorare cu foraje plasate pe apexurile sale. (Precizăm că forajele 25.805 și 25.803 au întlnit — în subsolul ariei periferice a anomaliei din vîrful Rădăcinii — andezite și brecii andezitice, puternic mineralizate cu pirită sub formă de impregnări și diseminări).

În zona Batarci și tot în sectorul Rădăcinii au mai fost efectuate cercetări prin metoda gradienților longitudinali pentru urmărirea extinderii filoanelor de cuarț aurifer puse în evidență de lucrările de explorare. Rezultatele acestor cercetări se privesc în figura 1 (unde se află figurată și anomalia de P.N.), sub formă de axe de maxime rezistivimetrice și în figura 2, sub formă de profile de rezistivitate. Anomalile de maxime rezistivimetrice au valori de pînă la 1000 Ω m, față de 50 – 100 Ω m cît reprezintă „fondul” rezistivităților în regiune. Acest contrast net permite urmărirea cu precizie a extinderii filoanelor de cuarț aurifer pe direcție. În figura 1, axele de maxime rezistivimetrice sunt trasate distinct pentru lungimi diferite ale emițătorilor AB (600 m și 300 m), împreună cu traseul ipotetic al filoanelor, traseu figurat pe baza datelor geologice de suprafață.

Axele de maxime rezistivimetrice (pl., fig. 1) arată că zonele filoniene de cuarț aurifer se extind spre nord și că acolo unde ele dispar — la nivelul



de investigație al emițătorului $AB = 300$ m — se regăsesc la o adâncime mai mare, corespunzătoare razei de investigație a emițătorului $AB = 600$ m. Folosind aceste date, lucrările de explorare vor fi orientate mai bine, în urmărirea acestor zone filoniene. (Acele puncte reprezentă anomalii de rezistivitate, cu intensitate redusă).

În anul 1965, continuându-se lucrările prin metoda polarizației naturale, a fost pusă în evidență, spre sudul sectorului vîrfului Rădăcinii, o altă anomaliă a cîmpului electric natural. Această anomaliă este comparabilă, din punct de vedere al extinderii, cu cea din vîrful Rădăcinii, dar este mult mai slabă ca intensitate, atingînd doar — 85 mV. Ea se interpretează ca fiind de asemenea efectul unei mineralizații sub formă de impregnații de pirită, posibil aurifere. Anomalia este de asemenea prezentată în planșă (fig. 1). Va face și ea, obiectul unor lucrări de explorare.

Deoarece interpretarea anomaliei sudice presupune că a existat, în zonă, o circulație a soluțiilor hidrotermale mineralizatoare, au fost executate și aici cercetări prin metoda gradientelor longitudinali, pentru punerea în evidență a eventualelor filoane de cuart aurifer. Datele obținute, de la două adâncimi ($AB = 300$ m și $AB = 600$ m), indică prezența — în aria anomaliei sudice de P.N. — a două zone reduse de maxim rezistivmetric, interpretabile ca fiind efectul unor intensificări ale silicifierilor. Aceste zone pot de asemenea reține atenția pentru lucrările de explorare.

Pentru precizarea zonelor anomale de rezistivitate din vîrful Rădăcinii și pentru urmărirea evoluției acestora, în adâncime, a fost executată, în zona filoanelor de cuart, o secțiune de sondaje electrice verticale prezentată în planșă (fig. 3) — alături de datele celorlalte metode electrometrice utilizate. Pe secțiunea de SEV se poate urmări dezvoltarea în adâncime a zonelor rezistive.

În zona anomaliei de PN din vîrful Rădăcinii și a anomaliei de la sudul galeriei Bătărcel au fost executate cercetări și prin metoda polarizației provocate — ale căror rezultate sunt prezentate în planșă (fig. 3, 6). Maximele valorilor raportului de polarizație provocată ating un procent de 11% și se coreleză cu minimele curbei valorilor de polarizație naturală, prezentată în aceeași figură (pl., fig. 3) — alături de datele de PP, de secțiunea SEV și de curba valorilor de rezistivitate ale profilului. Curba valorilor de rezistivitate din figură este rezultatul — ca și curba valorilor factorului de polarizație provocată — prospecțiunilor cu stația VP-59. Se remarcă corespondența dintre zonele de maxime rezistivmetric puse în evidență cu diversele metode și aparaturi, precum și corespondența dintre datele anomale ale metodei polarizației naturale și

polarizației provocate. Paralelismul dintre valorile maxime η_a și ρ_a , care se remarcă în figura 3 (vezi planșă), este determinat de existența mineralizației atât sub formă de impregnații de pirită, cât și sub formă de filoane rezistive de cuart aurifer.

Sectorul Băile Turțului a fost cercetat prin lucrări miniere și de foraj, care au reușit să pună în evidență o serie de zone filoniene, figurate cu culori distincte, în figura 4. Filoanele acestea s-au efilat sau sunt faliate pe direcțiile urmărite de explorare. Ele se încadrează în două sisteme, de direcții aproape perpendiculare.

Cercetarea electrometrică și-a propus urmărirea pe direcție a acestor filoane — rezistive din punct de vedere electric — și regăsirea lor prin stabilirea eventualelor decroșări.

Axele anomale de maxime rezistivimetrice, prezentate în figura 6 și obținute cu metoda gradienților longitudinali stabilesc continuitatea — — după efilări sau falieri — a unora dintre filoanele cunoscute. Acest rezultat va fi folosit la orientarea lucrărilor de explorare ulterioare.

Datele de observație, obținute cu metoda P.N., pun în evidență o anomalie cu valori maxime de cca — 100 mV, deasupra unei zone de brezie mineralizată, cunoscută din lucrările de explorare anterioare.

Imaginea complexului datelor electrometrice din sectorul Băile Turțului, prezentată în planșă (fig. 4), sugerează — prin anomalia de P.N. — un centru de „erupție”, o cale de acces a soluțiilor hidrotermale, care s-au insinuat apoi pe două sisteme rectangulare de fracturi, evidențiate de zonele de maxime rezistivimetrice.

Principalul rezultat al cercetărilor electrometrice în zona Băile Turțului îl constituie punerea în evidență a continuității zonelor filoniene, parțial explorate anterior.

CONCLUZII

Cercetările electrometrice — întreprinse în regiunea Tarna-Mare, cu un complex de metode — au condus la următoarele rezultate :

În zona Batarci (în vîrful Rădăcinii și la sud de acesta) au fost puse în evidență — prin metodele polarizație naturală și polarizație provocată — două zone anomale ale cîmpului electric natural, interpretate ca fiind efecte ale unei mineralizații de pirită, posibil auriferă.

Tot în această zonă — prin metodele gradienți longitudinali și sondaje electrice verticale — au fost evidențiate două zone de maxime rezistivimetrice, care se suprapun filoanelor de curăț aurifer, cartate geo-



logic — pe porțiunea cunoscută a acestora. Zonele de maxime rezistivimetrice se atribuie acestor filoane și extinderea lor spre N stabilește continuitatea pe această direcție a filoanelor. Aceste date vor servi la orientarea judicioasă a explorării întreprinse cu galeria I Bătărcel (traseul ei este arătat în planșă, (figura 1).

În zona Băile Turțului, zonele de maxime rezistivimetrice, cartate prin metoda gradientilor longitudinali, arată continuarea pe direcție a filoanelor cartate anterior prin lucrări geologice de prospecțiune și de explorare și creează premisele reluatării lucrărilor de explorare în această zonă.

Cercetarea electrometrică — ale cărei metode au fost aplicate diferențiat cu tipurile de mineralizații urmărite — a precizat zonele de interes economic, aducîndu-și astfel contribuția la rezolvarea problemelor geologice — economice ale regiunii Tarna Mare.

Pentru evidențierea mineralizațiilor — care apar sub forme diferite de zăcămînt — s-au utilizat metodele polarizație naturală și polarizație provocată, pentru cartarea zonelor cu mineralizații de pirită sub formă de impregnații și metodele rezistivimetrice (gradienti longitudinali și sondaje electrice verticale), pentru urmărirea zonelor rezistive, de cuarț aurifer.

Recomandăm continuarea cercetărilor electrometrice — pentru descooperirea de noi zone mineralizate cu sulfuri polimetallice — în regiunile eruptive și mai ales în regiunile eruptive nordice ale țării, unde eroziunea face accesibile nivelurile mineralizate razei de investigație a metodelor electrometricice.

BIBLIOGRAFIE

- Ghițulescu T. P. (1935) Distribution de la minéralisation dans les gisements d'âge ter-tiaire de Transylvanie. *Bul. Soc. Rom. Geol.* II, București.
- Giușcă D. (1960) Adularizarea vulcanitelor în regiunea Baia-Mare. *Acad. R.S.R. Stud. cerc. geol.* V/3, București.
- Ianovici V., Giușcă D., Manilici V., Gherasim N., Jude R., Gheorghită I., Dimitrescu R. (1961) Privire generală asupra geologiei regiunii Baia Mare. *Congr. V. Asoc. Geol. Carp. Balc.*, București.
- Rădulescu D. (1958) Studiul petrografic al formațiunilor eruptive din regiunea Seini—Ilba—Nistră (Baia-Mare). *An. Com. Geol.* XXXI, București.
- Socolescu M. (1961) Observații asupra metalogenezei și zonalității în provinciile metalogenetice ale Carpaților Orientali și Baia Mare. *Revista Minelor.* XII/1, București.
- Ștefănescu S. (1955) Curs de prospecțiuni electrice. Institutul de Mine, București.

RECHERCHES ÉLECTROMÉTRIQUES DANS LA RÉGION DE TARNA MARE (MONTS OAŞ)

(Résumé)

La recherche électrométrique, dont les méthodes variées ont été appliquées différemment pour chaque type de minéralisation poursuivie, a indiqué les zones intéressantes au point de vue économique où doivent se concentrer les travaux d'exploration. Elle participe ainsi à résoudre les problèmes géologiques de la région de Tarna-Mare.

Y ont été mises en évidence des anomalies de polarisation spontanée et induite, attribuées aux minéralisations de pyrite disséminée, ainsi que des zones de maximum de résistivité, dues aux filons de quartz aurifère.

Pour la mise en évidence des minéralisations, qui apparaissent sous différentes formes de gisements, on a tenu compte de l'utilisation des méthodes de la polarisation spontanée et induite pour le levé des zones à minéralisation de pyrite sous forme d'imprégnation, ainsi que de l'emploi des méthodes résistivimétriques (gradient longitudinaux et sondages électriques verticaux) dans la poursuite des zones de résistivité du quartz aurifère.

Les auteurs recommandent d'utiliser, dans l'avenir, les investigations effectuées par les méthodes de l'électrométrie afin de découvrir de nouvelles zones à minéralisations dans les régions éruptives, où l'érosion — dévoilant les niveaux minéralisés — augmente les possibilités de cette méthode géophysique, généralement limitée comme possibilité d'application.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Fig. 1. — Zone de Batarci. Carte des anomalies de la polarisation spontanée et des axes de maximum de résistivité :

1, axes de maximum de résistivité, AB = 300 m ; 2, axes de maximum de résistivité, AB = 600 m ; 3, anomalie de la polarisation spontanée ; 4, filons levés par l'I.G.E.X. ; 5, andésites pyroxéniques ; 6, andésites propilitisées ; 7, forages ; 8, galeries de l'I.G.E.X. ; 9, galerie proposée.

Fig. 2. — Zone de Batarci. Profils de résistivité obtenus par la méthode des gradients longitudinaux dans le secteur de Virful Rădăcinii :

Axes de minimum de résistivité.



Fig. 3. — Zone de Batarci. Coupe de sondages électriques verticaux (E—W), en corrélation avec les données de la polarisation spontanée, de la polarisation induite et de la résistivité, dans le secteur de Virful Rădăcinii :

1, alluvions ; 2, andésites pyroxéniques ; 3, andésites propilitisées ; 4, isoohmes.

Fig. 4. — Zone de Băile Turzului. Carte des données électrométriques :

1, profil de résistivité ($1 \text{ cm} = 100 \Omega \text{ m}$) ; 2, axe de maximum de résistivité ; 3, anomalie de la polarisation spontanée ; 4, fils levés par l'I.G.E.X. ; 5, agglomérats andésitiques (1) ; tufs andésitiques (2) ; 6, andésites pyroxéniques ; 7, andésites propilitisées ; 8, dépôts sédimentaires ; 9, forages ; 10, galerie ; 11, fossés exécutés.

Fig. 5. — Zone de Batarci. Coupe de sondages électriques verticaux (E—W) superposée à l'anomalie méridionale de la polarisation spontanée :

1, andésites pyroxéniques ; 2, andésites propilitisées ; 3, isoohmes.

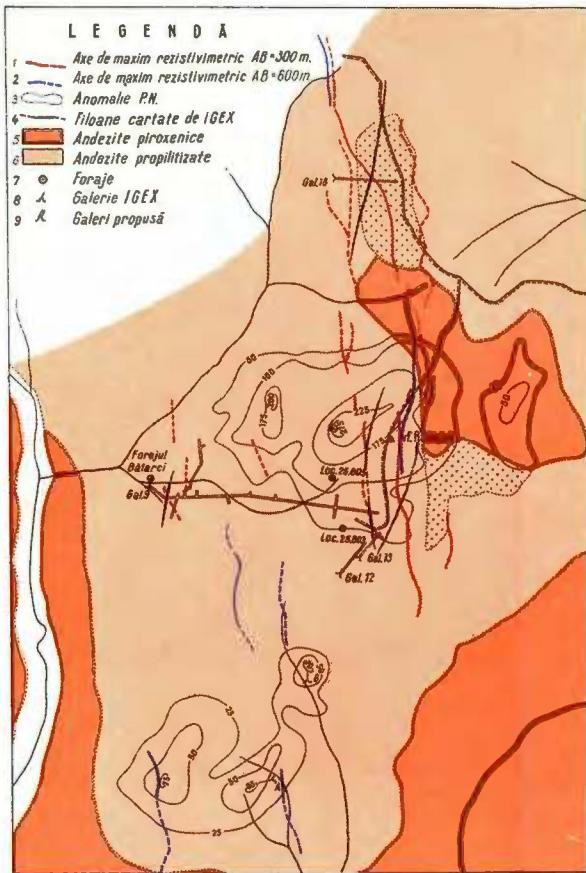
Fig. 6. — Zone de Batarci. Profil de la polarisation induite (N—S) superposé à l'anomalie méridionale de la polarisation spontanée :

1, andésites pyroxéniques ; 2, andésites propilitisées.

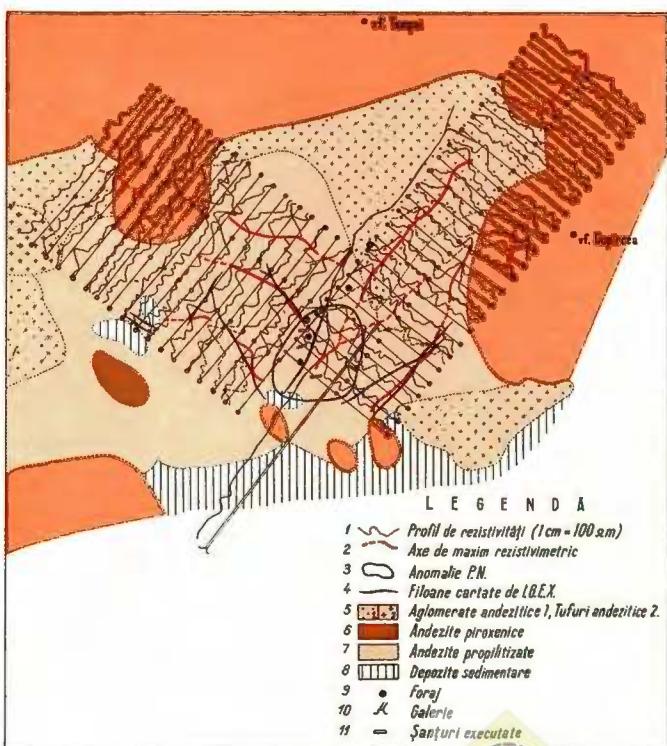
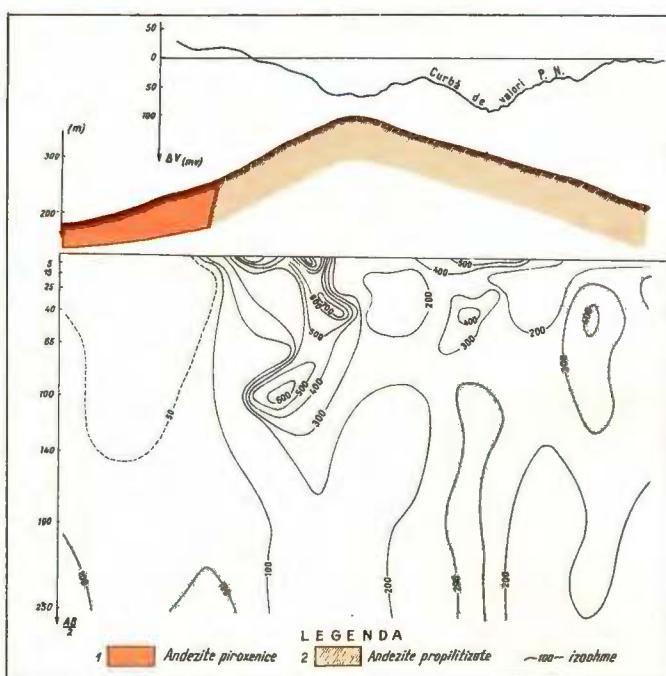
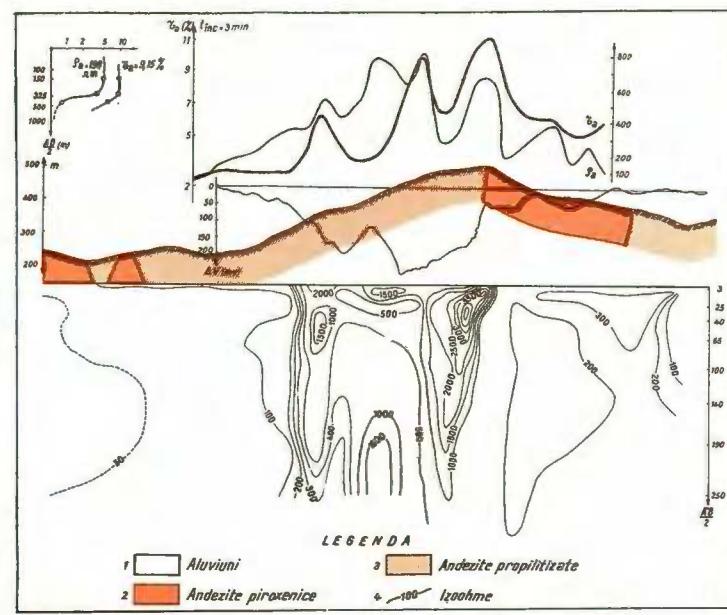
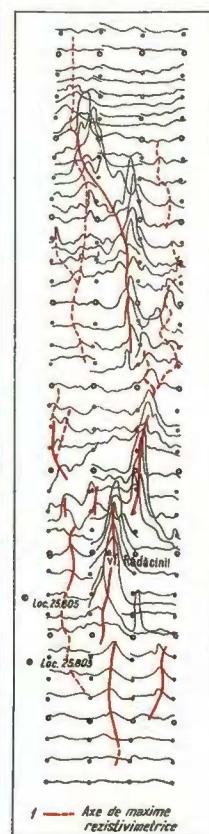




Institutul Geologic al României

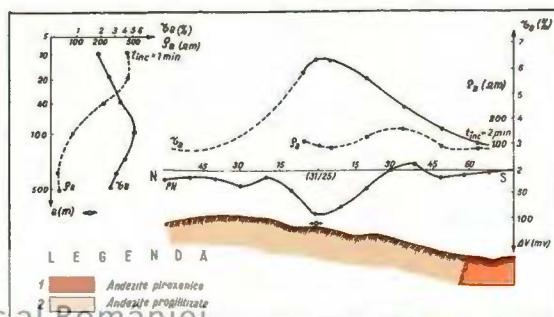


4



	Profil de rezistivitate (1 cm = 100 km)
	Axe de maxim rezistivitate
	Anomalie P.N.
	Filoane cartate de L.Q.E.X.
	Aglomerate andezitice 1, Tufuri andezitice 2.
	Andezite pyroxenice
	Andezite propilitizate
	Depozite sedimentare
	Forgi
	Galerie
	Sanituri executate

4



CERCETĂRI ELECTROMETRICE PENTRU DESCOPERIREA
DE NOI ZONE MINERALIZATE ÎN ERUPTIVUL NEOGEN AL
MUNTILOR GUTÎI¹

DE
CRISTEA MIHAIL²

Abstract

Electrometrical Research for Detecting New Mineralized Zones in the Neogene Eruptive Rocks of the Gutin Mts. Due to an adequately carried out application of prospecting methods — among which the method of induced polarization plays an important part — electrometrical research proved its effectiveness within the region of the Neogene eruptive rocks in the Gutîi Mts, pointing to mineralizations from the Racşa and Usturoi valleys, that have been checked by exploration works — drifts and drillings. Stress is laid on the fact that the economical efficacy of this kind of works is connected with an adequate choose of the method for electrometrical prospecting of various mineralization types.

INTRODUCERE

Lucrările de cercetare electrometrică, întreprinse în regiunea muntilor Gutîi și prezentate în lucrarea de față, sunt urmarea unor lucrări experimentale efectuate de autor în anul 1962 și comunicate ulterior (Mihail, 1964).

Lucrările experimentale, efectuate atunci, au subliniat eficacitatea prospecțiunii electrice în condițiile eruptivului neogen de Baia Mare, astfel că lucrările de acest gen au fost continuante în 1963, iar rezultatele acestor lucrări fac obiectul comunicării de față.

¹ Susținută în ședința de comunicări a Simpozionului Național de Prospecțiuni Geofizice și Fizica Scoarței Globului din 7 iulie 1964.

² Întreprinderea geologică de prospecțiuni, Cal. Griviței nr. 64, București.



Cum prezentarea particularităților, structurii geologice a formațiunilor geologice și a morfologiei terenului, a fost făcută în lucrarea anterioară (M i h a i l , 1964), trecem direct la prezentarea datelor electrometrice care fac obiectul prezentei lucrări.

METODICA ȘI TEHNICA LUCRĂRILOR DE CERCETARE ELECTROMETRICĂ

În vederea descoperirii de noi zone mineralizate au fost utilizate suprapus, în zonele interesante, următoarele metode electrometrice : metoda polarizației naturale, metoda sondajelor electrice verticale și metoda polarizației provocate.

Metoda polarizației naturale. Această metodă a fost utilizată pentru înregistrarea variației diferențelor de potențial electric natural dintre stațiile profilelor și un punct de nul — ales în afara sectoarelor active din punct de vedere electric. Metoda se bazează pe cunoscutul efect de oxidare-reducere a sulfurilor și s-a impus ca metodă de bază în încercarea de punere în evidență a coloanelor de brecii mineralizate cu pirită (zone de mineralizație dispersă). Aparatul folosit în prospecțiune a fost de tip E.P.—1.

Metoda sondajelor electrice verticale. Prin variația crescindă (pînă la AB maxim = 500 m) a dispozitivelor de emisie, în subsol, a unui curent electric (și în mod corespunzător, a dispozitivelor de recepție) se obțin informații asupra variației în adâncime a conductivității rocilor, pe verticală stației sondajului electric. Executarea unui sir de sondaje electrice, pe un profil, permite realizarea unei secțiuni de rezistivitate, în care zonele mineralizate — mai conductoare — pot fi clar puse în evidență, prin minime de rezistivitate. Acesta este modul de reflectare, în secțiunile de S.E.V., a coloanelor de brecii mineralizate cu pirită. Filoanele de cuarț aurifer apar pe secțiunile geoelctrice prin maxime de rezistivitate. Aparatura folosită a fost de tip EP—1 (cu schemă electrică) și ESK—1 (cu amplificare electronică a curentilor electrici, din dispozitivele de recepție).

Metoda polarizației provocate. Această metodă a fost utilizată pentru prima oară în țara noastră cu aparatură electronică adecvată, în cadrul acestei lucrări. Aparatura folosită a fost stația V.P.—59, dotată cu un generator (autopurtat) de 450 V—25 A și cu o stație de recepție cu amplificare electronică și înregistrare oscilografică (complex de asemenea autopurtat).



În cazurile în care concentrația sulfurilor în sol nu este mare (mineralizația este diseminată) — totuși importantă economic pentru conținutul în aur al sulfurilor — anomaliiile obținute prin metoda polarizației naturale, nefiind puternice, nu sunt concluzante pentru inițierea unor lucrări de explorare. În aceste cazuri, introducând curenț electric în sol — provenit de la puternicul generator al stației VP—59 — este stimulată polarizarea mineralizației disperse; la scurt interval după întreruperea curențului de excitare este recepționată tensiunea de polarizare provocată, care se amplifică electronic și se înregistrează oscilografic, în interiorul complexului autopurtat. Amploarea anomalilor raportului dintre tensiunea de polarizare provocată și cea de excitare — chiar în cazul existenței unei mineralizații foarte difuze — este de natură să nu mai aducă incertitudini, ca în cazul anomalilor puse în evidență cu metoda polarizației naturale.

REZULTATELE CERCETĂRILOR ELECTROMETRICE

Cercetările electrometrice au prezentat continuitate pe suprafețe mari. În figurile lucrării sunt prezentate numai perimetrele zonelor anormale — electrometric — din cadrul acestor suprafețe. Eliminarea zonelor de calm (din punct de vedere electrometric) s-a făcut pentru precizarea celor expuse, mai ales că, în zonele anomale au fost suprapuse mai multe metode de cercetare electrometrică.

Din cadrul ariei prospectată electrometric, cuprinsă între localitățile Racșa, Orașul Nou, Seini și Ilba, se desprind două zone interesante: Racșa și Tarda. Din suprafața prospectată la nord de Baia Mare, interesul este reținut de zona văii Usturoi. În cele ce urmează vor fi prezentate aceste trei zone anormale interesante.

1. Zona Racșa. În zona Racșa (valea Băilor), perimetru cercetărilor electrometrice și al lucrărilor de explorare executate pe baza lor, este amplasat pe andezite de Seini, divers și intens transformate hidrotermal (propilitizate, sericitizate, caolinizate, silicificate, adularizate și piritizate). În acest perimetru mai apar, aglomerate și brecii andezitice, precum și marne miocene, în flancul vestic al văii Băilor.

Cercetările electrometrice executate aici în anul 1962 (Mihail, 1964) au pus în evidență grupul de anomalii ale cîmpului electric natural, din figura 1. La indicația noastră, a fost executat un foraj de explorare pe apexul de —125 mV al anomaliei estice, care a întîlnit următoarele formațiuni: 0—30 m sol vegetal și grohotiș de pantă; 30—209 m andezite



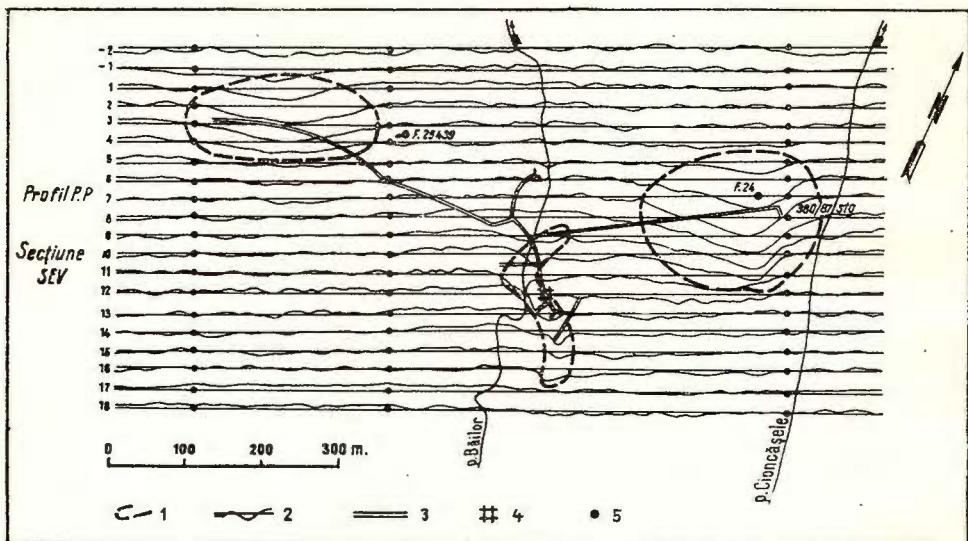


Fig. 1. — Harta profilelor de polarizație naturală, în zona Racșa, împreună cu lucrările de explorare ale anomaliei de PN.

Carte des profils de polarisation spontanée dans la zone de Racșa et les travaux d'exploration des anomalies de la polarisation spontaine.

alterate, intens piritizate și cu vine de pirită groase de ordinul centimetrilor, brecii și aglomerate piritizate; 209—249 m andezit slab silicificat și slab caolinizat; 249—254 m (talpa sondelor) sedimentar.

Conținutul în aur al formațiunii puternic mineralizate cu pirită, dintre metrii 30 și 209, nu s-a ridicat, decit cu totul izolat, peste 0,8 g la tonă.

Pentru verificarea și pe orizontală a extinderii și conținutului acestei mineralizații, a fost executată laterală 87 stînga, din galeria I, I.S.E.M., care — pînă la intrarea în conturul anomaliei — a străbătut andezite intens transformate hidrotermal, dar nemineralizate. De la intrarea în conturul anomaliei, andezitele devin intens piritizate, apoi pirita și marcasita formează adevărate mătrițe ale andezitului brecificiat. Unele probe au indicat conținuturi mari în argint (pînă la 100 g la tonă) și mai scăzute în aur (sub 1 g la tonă), exceptind o singură probă care a indicat 4 g aur la tonă.

Din punct de vedere mineralologic, existența marcasitei și habitusul ei arată că mineralizația de aici este datorată unor soluții mai reci și nu prezintă interes economic la acest nivel. Urmează ca pachetul mineralizat — pus în evidență de foraj, între metrii 30 și 209 — să fie cercetat, cu o

laterală, la orizontul II (-50 m), orizont creat prin săparea puțului central Racșa, al cărui scop este să exploreze, la adincime, mineralizațiile corespunzătoare anomalilor centrale și anomaliei estice din figura 1.

În vestul hărții cîmpului electric natural, din figura 1, mai apare o anomaliă de cca -70 milivolti, într-o zonă acoperită în care, prin extrapolare, geologia de suprafață indică prezența unui sedimentar.

Prin verificarea acestei anomalii, verificare făcută după publicarea lucrării noastre anterioare (Mihail, 1964), au apărut rezultate deosebit de interesante. Spre această anomaliă a fost executată laterala 87 dreapta, din galeria I, care a întlnit o serie de obiective, foarte importante din punct de vedere economic, după cum urmează :

a) Între metrii 79—83 a fost traversată o zonă de andezit adularizat, slab piritizat, cu un conținut de 2 g de aur la tonă și uneori chiar 10—15 g de aur la tonă. Zona este în atenție pentru explorare.

b) Între metrii 116—150 a fost traversată o zonă de marne, care au avut un conținut de pînă la 25 g aur la tonă și în care se pot delimita chiar panouri de rezerve. Urmează ca explorarea să verifice extinderea în adîncime a acestei zone.

c) După metrul 150 au fost întlnite o serie de filoane care, au fost apoi urmărite direcțional cca 120 metri. Aceste filoane cuarțifere, deși au avut un conținut în aur important din punct de vedere economic (nu de puține ori pînă la 160 g aur la tonă), au însă grosimi mici, de cca 0,2 m.

d) La extremitatea vestică a anomaliei a fost traversată o brecie andezitică piritizată, cu aspect de volbură, cu conținut de 2 la 78 g aur la tonă. Zona se află în explorare. Tot în zona acestei anomalii (anomalie vestică din figura 1) a fost amplasat forajul 25439, pentru verificarea dezvoltării în adîncime a filoanelor traversate de laterala 87 dreapta.

Paralel cu lucrările de explorare, amplasate pe datele de polarizație naturală prezентate în figura 1, au fost executate lucrări electrometrice, de precizare și completare a informațiilor privitoare la mineralizațiile de la Racșa, prin metodele : sondaje electrice verticale și polarizație provocată cu stația de prospecționi V.P.—59.

Datele sondajelor electrice verticale, în corelație cu datele de polarizație naturală, sunt prezентate în figura 2. Datele de polarizație provocată — extrem de prețioase în acest caz — în corelație cu datele de polarizație naturală și cu datele de foraj sunt prezентate în figura 3, oferind imaginea dezvoltării în adîncime a mineralizației din această zonă. Adîncimea de investigație a metodei PP (polarizație provocată) — mai mare ca cea a metodei de polarizație naturală (PN) — este de cca 180 m, pen-



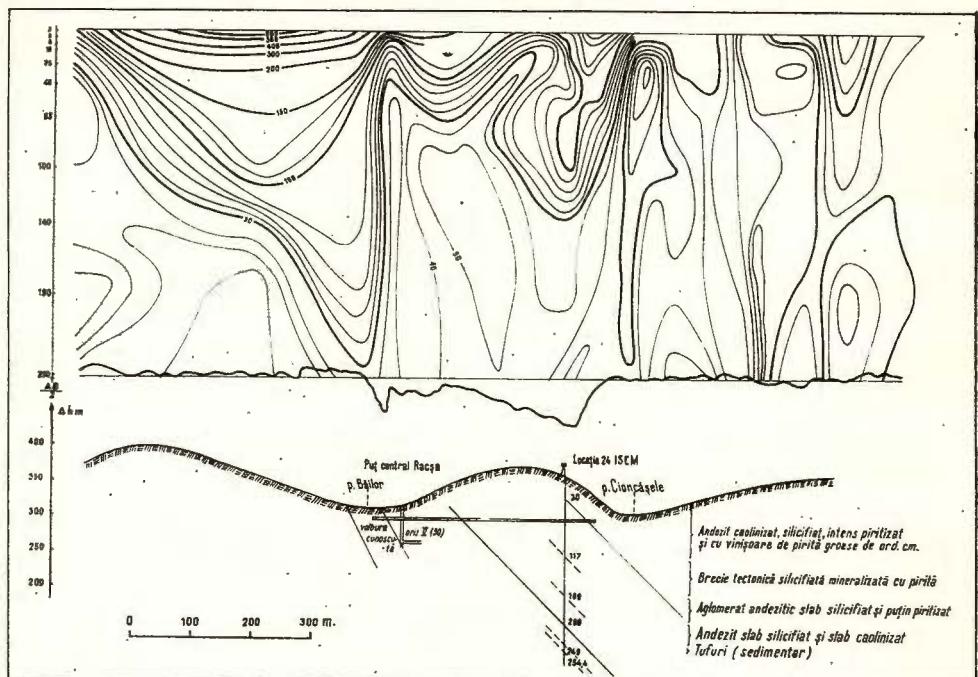


Fig. 2. — Secțiune SEV corelată cu un profil de polarizație naturală, în zona Racșa.
Coupe de sondages électriques verticaux corrélée à un profil de polarisation spontanée dans la zone de Racșa.

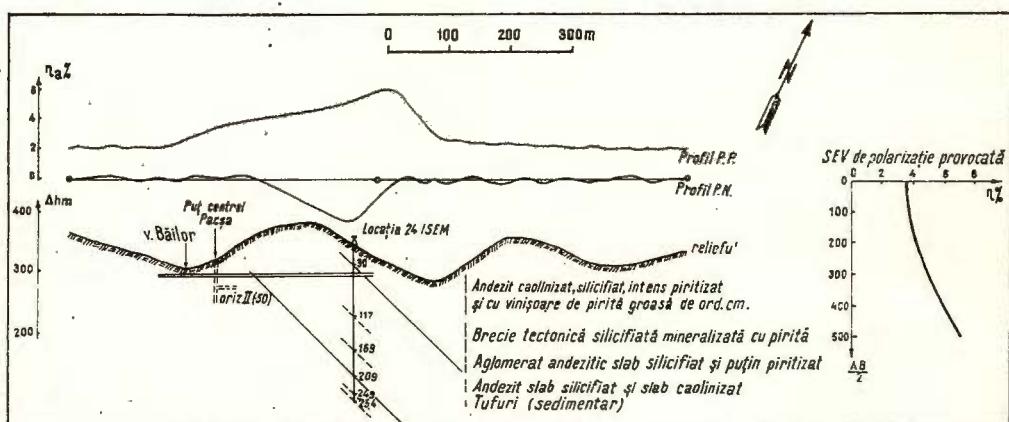


Fig. 3. — Profil de polarizație naturală corelat, pe profilul 7, cu datele de polarizație provocată, în zona Racșa.

Profil de polarisation spontanée corrélé le long du profil 7 avec des données de polarisation provoquée dans la zone de Racșa.

tru dispozitivul de emisie a curentului electric cu care s-a prospectat la Racșa, AB = 540 m. Metoda PN ne furnizează informații de la maximum 100 m. Privind în figura 3, decalajul apexurilor curbelor de PN și PP, se deduce că formațiunea mineralizată, dintre metrii 30 și 209 (din foraj), înclină spre E.

Cercetările electrometrice executate anterior existenței în dotație a aparatului de polarizație provocată, ne puneau în situația să folosim în interpretare numai datele prezentate în figura 2; minimul de rezistivitate din secțiunea de SEV sugera posibilitatea dezvoltării în adâncime, spre W, a formațiunilor mineralizate, cînd de fapt — după precizarea adusă de datele de polarizație provocată — acest minim trebuie pus pe seama alterării andezitelor, alterare întîlnită către laterală 87 stînga încă înainte de intrarea ei sub conturul anomaliei.

În figura 3 este prezentat și un sondaj electric vertical, executat prin metoda polarizației provocate, care atestă — prin creșterea cu adâncimea, a valorilor raportului de polarizare provocată — dezvoltarea în adâncime a mineralizației. Această fapt este încurajator pentru continuarea explorărilor la adâncime, care au și fost întreprinse prin săparea puțului central Racșa. Situația — după cum se va vedea — nu va fi mai favorabilă în zona văii Usturoi, unde un SEV asemănător de PP va indica — — prin scăderea valorilor de PP cu adâncimea — dispariția sau numai sărăcirea mineralizației la niveluri inferioare.

Din analiza datelor explorării, efectuată pe datele electrometrice de polarizație naturală și provocată, rezultă eficacitatea metodicii utilizate în această zonă.

2. Zona văii Usturoi. În această zonă lucrările electrometrice — — împreună cu lucrările de explorare amplasate pe baza datelor electrometrice — se situează pe andezite de Piscuiatu, slab sericitizate.

Primele cercetări electrometrice au fost efectuate suprapus pe zona unei anomalii gravimetrice, interpretată ca fiind efectul unor alterații hidrotermale ale eruptivului. Zona părea interesantă și pentru că era plasată între zăcăminte de la Săsar (la W), Dealul Crucii (la E) și Valea Roșie (la N). Într-adevăr, în partea nordică a anomaliei gravimetrice, s-a pus în evidență, prin metoda polarizației naturale (fig. 4), o anomalie a cîmpului electric natural, de valori în apex de -145 mV și o extindere de cca 300 m/400 m. Această anomalie s-a interpretat ca fiind efectul unei zone mineralizate, în mod dispers, cu pirită; la această interpretare contribuind și valorile puternic anomale (cca 15%) ale curbei determinărilor de polarizație provocată, prezentate în figura 5 c.



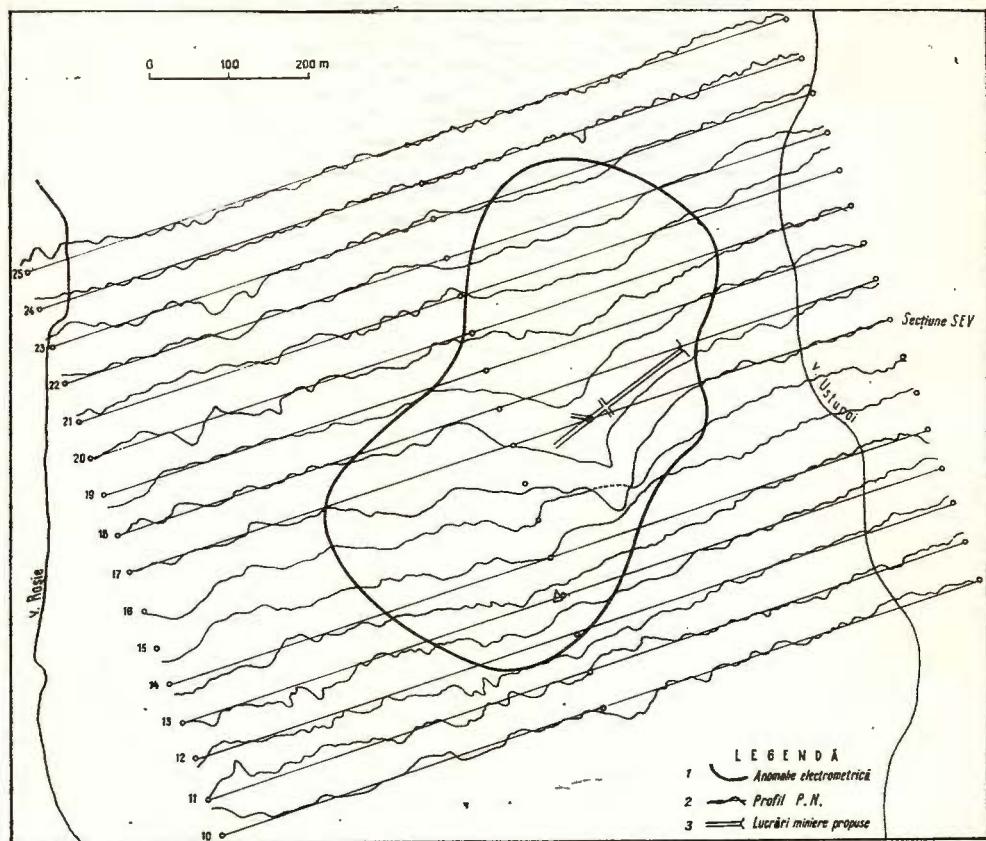


Fig. 4. — Harta profilelor de polarizație naturală în zona văii Usturoi.

Carte des profils de polarisation spontanée dans la zone de valea Usturoi.

Secțiunea de sondaje electrice verticale (fig. 5a) împreună cu determinările de rezistivitate, executate cu stația VP-59, (fig. 5 e) pe profilul anomal principal din harta PN (profilul 17 din figura 4), evidențiază o zonă de maxim rezistivimetric, care a fost interpretată ca fiind datorată unui filon cuartifer — aflat în zona piritizărilor — care comandă anomaliiile de polarizație naturală și provocată.

Soluțiile de interpretare — ce oferea o mineralizație de pirită, pentru anomaliiile de PN și PP și un filon de cuart pentru anomaliiile de rezistivitate — au determinat amplasarea unei galerii de explorare, în zona acestor anomalii, care putea fi suspectată pentru prezența aurului (atât în mineralizația difuză cît și în filon) datorită plasării sale în plin perimetru aurifer, între zăcăminte mai sus amintite. Interesul manifestat

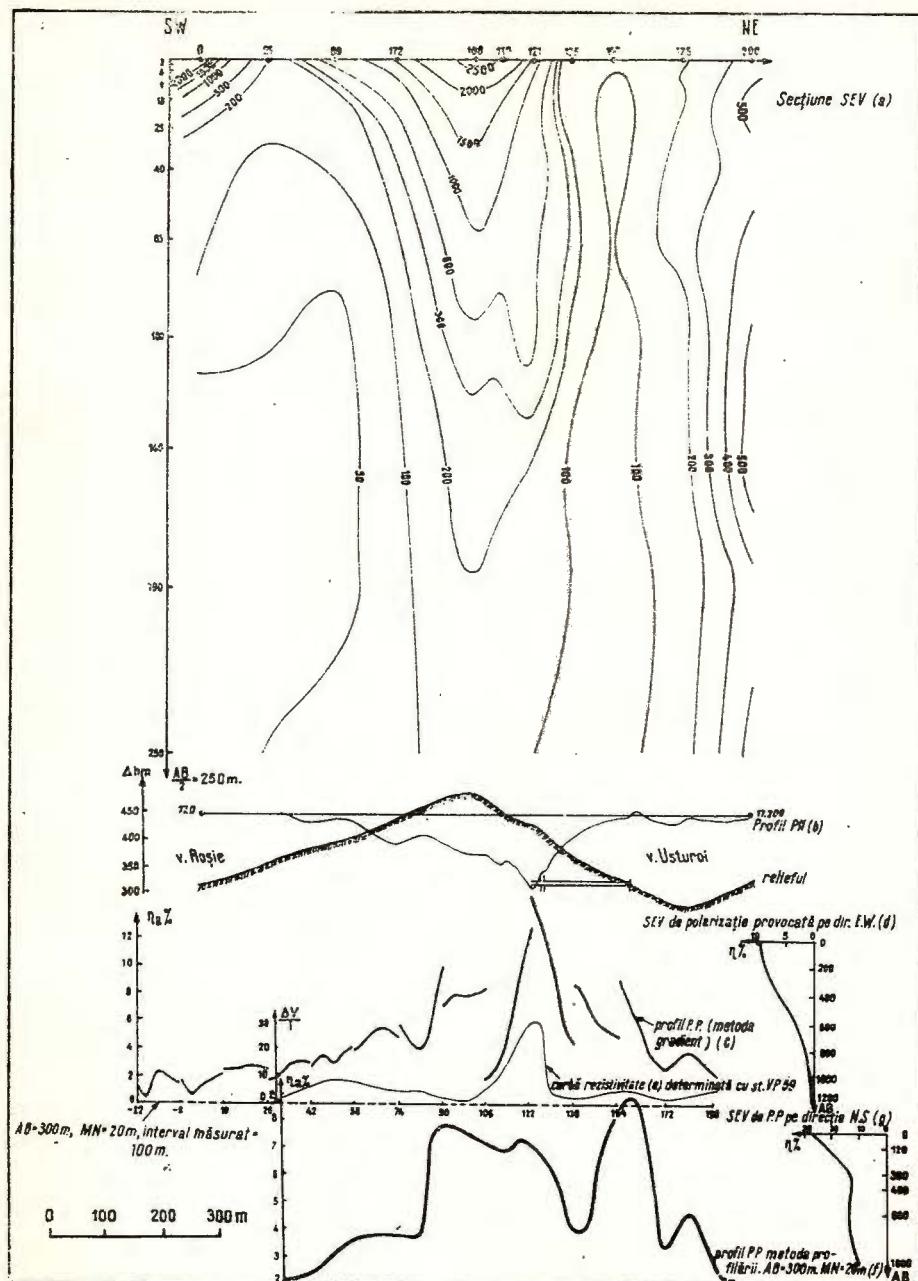


Fig. 5.—Corelarea determinărilor electrometrice, efectuate pe profilul 17, în zona văii Usturoi.

Corrélation des déterminations électrométriques effectuées le long du profil 17, dans la zone de vallée Usturoi.

pentru această zonă a fost dublat de faptul că în zona anomalilor electrometrice s-au recunoscut urme de vechi lucrări de explorare minieră. Galeria de explorare a fost amplasată în versantul drept al văii Usturoi, la intrarea în conturul anomaliei de PN. Ea oferă următoarele rezultate, în intervalle :

- 0 – 14 m sol și grohotiș de pantă;
- 15 – 122 m andezite alterate, piritizate și intens piritizate, cu vinișoare de siliciferi cu pirită și cu filonașe de pirită;
- 122 – 123 m fractură cimentată cu pirită auriferă (conținutul în aur al probelor a variat de la 0,8 la 2 g/tonă și conținutul în argint a fost cca 100 g/tonă argint);
- 123 – 126 m brecie cimentată cu cuarț și pirită (filon); conținutul în aur al filonului a fost sub 1 g/tonă și conținutul în argint 80 – 90 g/tonă;
- 127 – 130 m andezit cuarțifer slab piritizat.

Analiza acestor date demonstrează eficacitatea deosebită a metodelor electrometrice utilizate, prin corespondența dintre formațiunile întâlnite în galerie și reflectarea lor în anomaliiile înregistrate. Astfel, anomaliiile de PN și PP au fost generate de andezitele intens piritizate, iar anomalia de rezistivitate a fost dictată de filonul dintre metrii 123 și 126.

Întâlnirea în galerie a unor vechi abataje — dovedă că hidrotermalitul dintre metrii 123 și 126 și fractura filoniană au constituit în trecut obiectul unor extracții miniere — împreună cu rezultatul sondajului electric vertical de polarizație provocată (prezentat în figuri 5d și 5g) — care arată că mineralizația nu are continuitate în adâncime — au determinat suspendarea lucrărilor de explorare care, nu mai puteau prezenta nici un interes economic, cel puțin la nivelul actual de cunoaștere a zonei.

Deși cercetarea zonei valea Usturoi nu oferă satisfacția unor rezultate de interes economic, ca cele din zona Racșa, datele electrometrice au fost totuși prezentate, pentru că — independent de rezultatul economic — prospecțiunea electrometrică a dovedit capacitatea de a reflecta în anomalii sale, cu exactitate, diversele tipuri de mineralizații din erupтивul neogen al munților Gutii.

3. Zona Tarda (Seini). Perimetru cercetărilor electrometrice din această zonă este plasat, ca și în celealte zone prospectate electrometric, pe andezite de Seini transformate hidrotermal și înglobează și gresile de pe vîrful Tarda. În această zonă — după cum se vede în figura 6 — a fost pusă în evidență o anomalie a cîmpului electric natural de cca –175 mV cu o extindere de 500 m/500 m. Întrucît cercetările prin metoda PN nu au fost verificate cu alte metode, interpretarea acestei anomalii



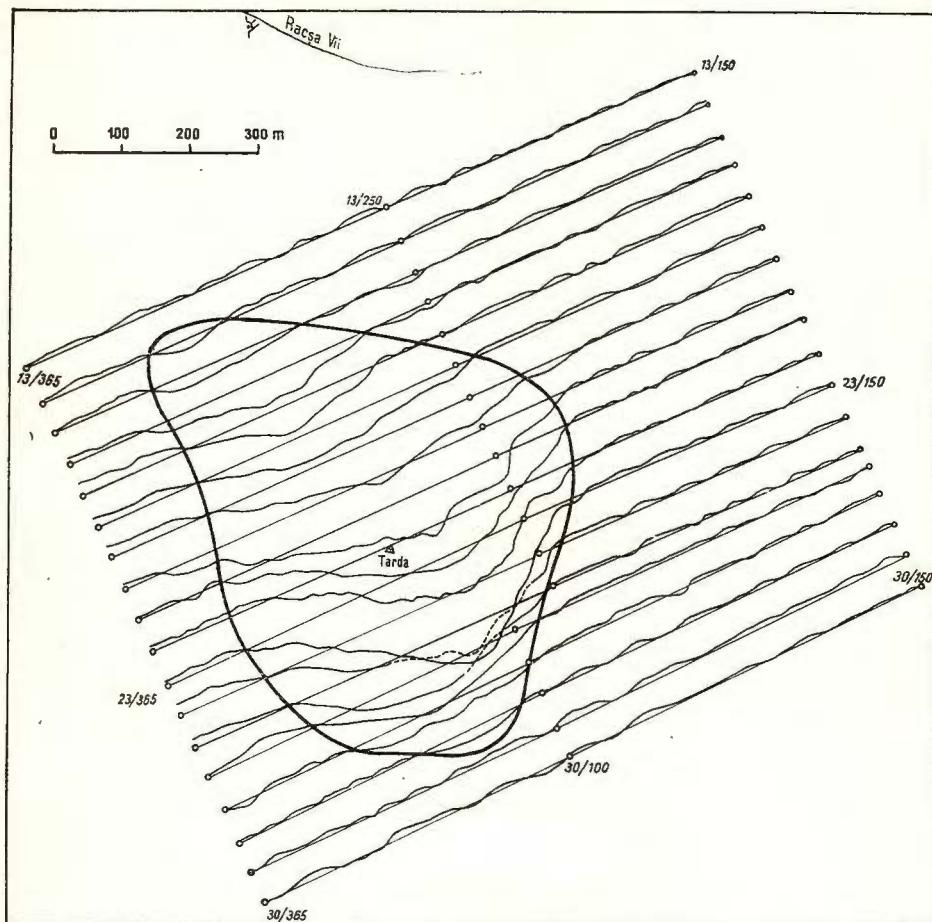


Fig. 6. — Harta profilelor de polarizație naturală în zona Tarda.

Carte des profils de polarisation spontanée dans la zone de Tarda.

este ambiguă; anomalia poate fi sau efectul unei mineralizații de pirită dispersă sau efectul unui proces de electrofiltrare, produs în gresiile can-tone din virful Tarda.

CONCLUZII

Principalele rezultate ale cercetărilor electrometrice întreprinse în eruptivul neogen al munților Gutii, sunt precizările asupra extinderii zonelor mineralizate din zona Racșa. Aceste zone mineralizate sunt deosebit de importante din punct de vedere economic.

Din punct de vedere geofizic, cercetarea electrometrică a munților Gutii — în vederea descoperirii de noi zone mineralizate — s-a dovedit a fi adekvată. Eficacitatea prospectiunii electrice în această regiune a fost demonstrată de rezultatele interesante economic din zona Racșa și de punerea în evidență a mineralizațiilor de pirită — independent de conținutul lor în aur — în zona văii Usturoi.

Recomandăm adekvarea atentă a metodicii de prospectare electrometrică la tipul de zăcămînt urmărit. Astfel, în cartarea zonelor cu mineralizații disperse este indicat să fie utilizate cu precădere metodele polarizației naturale și polarizației provocate, iar la cartarea și urmărirea zonelor filoniene de cuarț aurifer, locul principal se recomandă să fie ocupat de metodele rezistivometrice: gradienți longitudinali, sondaje electrice verticale și profilare electrică.

Prospectarea electrometrică, a eruptivului neogen al munților Gutii, trebuie continuată și extinsă pe aria eruptivului similar al Oașului — în vederea descoperirii de noi zone mineralizate — întrucît ne aflăm în fața unor condiții deosebit de favorabile aplicării acestei metode geofizice. Aceste condiții sunt create de eroziune care, a făcut accesibile razei — relativ mici — de investigație a metodelor electrometrice, nivelurile mai profunde, la care s-au produs mineralizațiile.

BIBLIOGRAFIE

- Ghițulescu T. P.** (1935) Distribution de la minéralisation dans les gisements d'âge tertiaire de Transylvanie. *Bul. Soc. Rom. Geol.* II. București.
- Giușcă D.** (1960) Adularizarea vulcanitelor în regiunea Baia Mare. *Acad. R.S.R. Stud. cerc. geol.* V/3. București.
- Ianovici V., Giușcă D., Manilici V., Gherasi N., Jude R., Gheorghita I., Dimitrescu R.** Privire generală asupra geologiei regiunii Baia-Mare. *Congr. V. Asoc. Geol. Carp.-Balc.* București.
- Mihail Cr.** (1964) Studii geoelectrice pentru descoperirea de noi zone mineralizate în eruptivul neogen Baia-Mare. *D.S. Com. Geol.* II/2. București.
- Socolescu M.** (1961) Observații asupra metalogenezei și zonalității în provinciile metalogenetice ale Carpaților Orientali și Baia Mare. *Revista minelor.* XII/1. București.



INVESTIGATIONS ÉLECTROMÉTRIQUES POUR DÉCOUVRIR DE NOUVELLES ZONES MINÉRALISÉES DANS L'ÉRUPTIF NÉOGÈNE DES MONTS GUTII

(Résumé)

Par l'application judicieuse des méthodes de prospection — parmi lesquelles la méthode de la polarisation provoquée joue un rôle important — l'investigation électrométrique a bien prouvé son efficacité dans la région de l'éruptif néogène des monts Gutii y relevant la présence des minéralisations de Racsa et de valea Usturoi, présence confirmée par des travaux d'exploration en galerie et par forages.

Par rapport aux autres régions éruptives de la Roumanie, dans cette région la situation est favorable aux investigations électrométriques. L'érosion y a mis à jour des niveaux profonds minéralisés en facilitant ainsi les recherches par cette méthode géophysique dont les moyens sont assez réduits.

Cet ouvrage souligne que la prospection électrométrique, pour être efficace au point de vue économique, doit tenir compte des connaissances et des indications géologiques et géophysiques obtenues antérieurement et doit choisir la méthode de prospection convenable à chaque type de minéralisation. En ce sens, afin d'effectuer le levé des zones contenant des brèches minéralisées éparses — là où leur existence est probable — nous recommandons d'utiliser, de préférence, les méthodes de la polarisation naturelle et de la polarisation provoquée. Cette dernière — appliquée par l'auteur avec des appareillages électrométriques, adéquats pour la première fois en Roumanie en 1963 — relève de grandes possibilités pour résoudre le problème proposé. Afin de suivre les filons résistifs de quartz aurifère — forme particulière d'apparition des minéralisations dans la région — nous recommandons les méthodes résistivimétriques suivantes : le sondage électrique, la méthode du rectangle et la traînée de résistivité électrique.





Institutul Geologic al României

ADÎNCIMEA ȘI RELIEFUL FUNDAMENTULUI BAZINULUI GHEORGHIENI DEDUSE DIN DATE ELECTROMETRICE¹

DE
CRISTEA MIHAIL²

Abstract

Depth and Relief of the Basement in the Gheorghieni Basin Inferred from Electrometrical Data. The carrying out of vertical electrical soundings with emission lines of electrical current, not exceeding 4 km, allowed the interception of the basement and the determining of depth and relief of this basement. The existence of a resistivity contrast at the basement limit and of an anisotropy coefficient close to the value of one unit for the geological formations in the Gheorghieni basin, permits the problem raised to be solved, namely establishment of the volume of reserves for alluvions bearing titanium and zirkonium from marginal eastern gulfs of the basin and, by determining of depth of the Gheorghieni basin basement, the establishment of previous conditions by drillings for detecting eventual siderite-bearing formations either within the above basin or those similar to them.

INTRODUCERE

Cercetările electrometrice executate în anul 1958, în bazinul Gheorghieni, au fost inițiate de Comitetul Geologic și au avut ca scop determinarea grosimii aluviunilor în zona bazinului marginal Lăzarea—Cinod. Aceste aluviuni prezintă un interes economic pentru conținutul lor de titan și zircon. Cu ocazia acestor cercetări, s-a considerat utilă experimentarea posibilităților electrometriei, în stabilirea adâncimii și reliefului fundamentalui întregului bazin Gheorghieni.

¹ Susținută în ședința de comunicări științifice a Întreprinderii geologice de prospecționi din 20 martie 1959.

² Întreprinderea geologică de prospecționi, Cal. Griviței nr. 64, București.



Determinarea adincimii și reliefului bazinului Gheorghieni aduce elemente prețioase la fixarea forajelor și la explorarea depozitelor superioare fundamentului acestui bazin, în vederea evidențierii eventualelor formațiuni cu siderită. Existența lor este foarte probabilă, date fiind similaritățile geologo-geografice ale bazinului Gheorghieni cu micul bazin Mădăraș-Ciuc, în care siderita a fost pusă în evidență în depozite marnoase.

Lucrările electrometrice s-au executat pe un profil orientat E-W, ce traversează întreg bazinul Gheorghieni — prin km 146 de pe șoseaua Gheorghieni—Ditrău — la nord de localitățile Gheorghieni, Joseni și Borzont.

Prezentarea secțiunii de sondaje electrice verticale, întocmită pe acest profil, împreună cu interpretarea sa, constituie obiectul acestui referat.

Din punct de vedere geologic și geografic zona cercetată se situează în bazinul aluvionar, intramontan, Gheorghieni. Bazinul Gheorghieni este morfologic lipsit de complicații, prezintând caractere de șes și este flancat la W de munții eruptivi ai Gurghiului, iar la E, de formațiunile cristaline ale munților Giurgeului.

Din punct de vedere electrometric, bazinul Gheorghieni se prezintă în următoarea condiție: un strat superior, aluvionar și tufitic, de rezistivitate scăzută se află în contrast de rezistivitate cu fundamentalul cristalin, rezisitiv. Aluviunile stau pe fundament direct sau prin intermediul tufurilor andezitice, care din punct de vedere rezistivimetric se asimilează cu aluviunile. Contrastul de rezistivitate dintre pachetul de aluviuni-tufuri și fundament este cel care justifică și impune metodele rezistivimetrice, în cercetarea electrometrică a bazinului Gheorghieni. Necesitatea de a determina cu precizie adâncimea și relieful fundamentului alege și justifică — dintre metodele rezistivimetrice — pe cea a sondajelor electrice verticale.

ISTORIC

Cercetări geologice în regiune au fost numeroase. În ultimul timp, ele au fost organizate și efectuate de un colectiv condus de A. I. Codărcea și V. Ianovici. Cercetările geofizice au fost efectuate de R. Botезătu și M. Visarion (gravimetrie) și Tr. Cristescu și M. Visarion (magnetometrie). Cercetări electrometrice n-au mai fost executate în bazinul aluvionar, ci doar la Ditrău, pentru filoane, de către M. Nabighian și E. Gelbermann.



SCHIȚAREA GEOLOGICĂ A BAZINULUI GHEORGHIENI

Bazinul Gheorghieni face parte din seria depresiunilor intramontane, cărora depunerea aluviunilor le-a imprimat un caracter de ses. Eroziunea ulterioară a apelor a generat o serie de coline de mică amploare. Apelor bazinului sunt în întregime tributare Mureșului (care curge aproximativ de la S la N), — orientată fiind, în genere, pe direcția E—W.

Din punct de vedere geologic, bazinul Gheorghieni este o largă cuvetă de depozite pliocene și cuaternare, de terasă și aluvionare care stau peste tufuri vulcanice. Fundamentul bazinului este cristalin.

Flancul muntos estic al bazinului Gheorghieni este format din sisturi cristaline, în care se diferențiază : sisturi cloritoase, roci porfirogene și cuarțite negre. În nord-estul bazinului se placează masivul sienitic al Ditrăului. Sisturile cristaline și masivul sienitic alcătuiesc munții Giurgeului.

Flancul muntos, vestic și sudic este reprezentat de munții Gurghiu și Harghitei, care sunt alcătuși în centru din lave andezitice și la periferie din blocuri, lapilli și tufuri.

În cadrul bazinului apar calcare cristaline, în două petece, la Lăzarea și Valea Strîmbă.

LUCRările ELECTROMETRICE

Lucrările electrometrice au constat din sondaje electrice verticale, dispuse — avându-se în vedere caracterul informativ al cercetării — la intervale de 1 km, pe un profil dispus E—W prin bazin și prezentat în figura 1 în cadrul geologic. Dimensiunea maximă a dispozitivului de emisie a fost de 3 km, în centrul bazinului și de 4 km la SEV-ul executat lângă forajul de la Remetea ; dimensiuni care s-au dovedit suficient de mari pentru atingerea domeniului fundamental și obținerea ramurii ascențe a curbei de SEV, — necesară stabilirii adâncimii fundamentului, în interpretarea cantitativă.

Metodica și tehnica luerărilor geoelectrice. Pe baza particularității structurii geologice și a proprietăților fizice ale rocilor a fost utilizată — pentru rezolvarea obiectivului propus — metoda sondajelor electrice verticale.

Dimensiunile dispozitivelor de emisie și recepție utilizate, precum și coeficienții K, pentru fiecare din lungimile acestor dispozitive, sunt inscrise în tabelul 1.



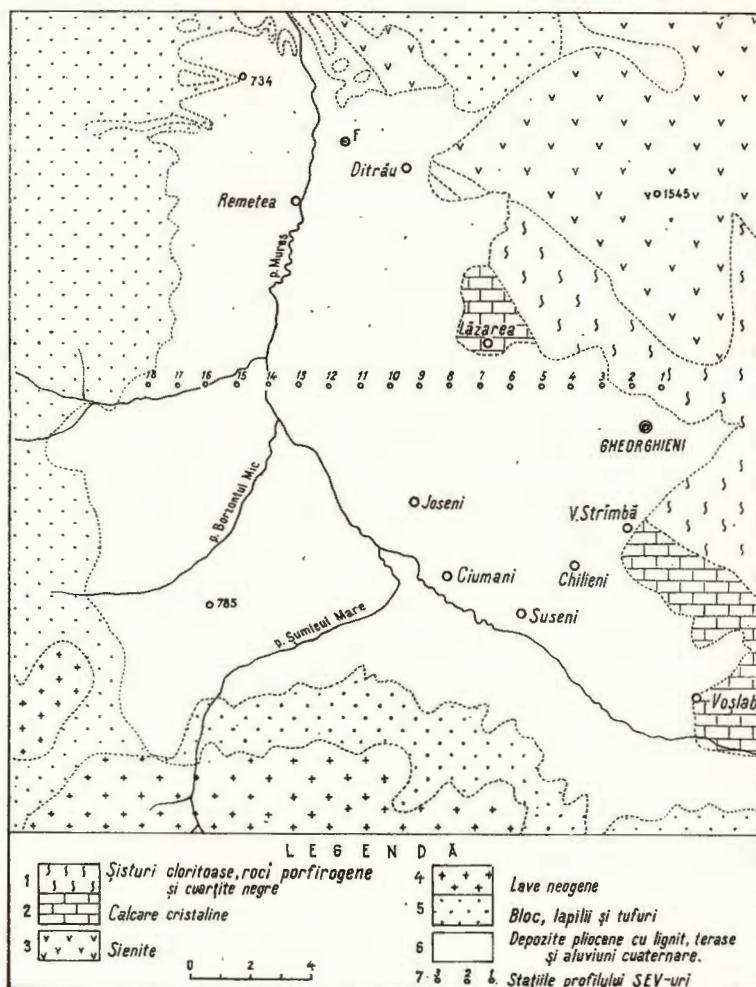


Fig. 1. — Schiță geologică a bazinului Gheorghieni împreună cu situarea profilului de sondaje electrice verticale.

1, sisturi cloritoase, roci porfirogene și quartite negre; 2, calcarie cristallins; 3, sienites; 4, laves néogenes; 5, blocuri, lapilli et tufs; 6, dépôts pliocènes à lignite, dépôts de terrasse et alluvions quaternaires; 7, stațiile profilului de SEV-uri.

Esquisse géologique du bassin de Gheorghieni et emplacement du profil des sondages électriques :

1, schistes chloriteux, roches porphyrogenes et quartzites noirs; 2, calcaires cristallins; 3, syénites; 4, laves néogenes; 5, blocs, lapilli et tufs; 6, dépôts pliocènes à lignite, dépôts de terrasse et alluvions quaternaires; 7, points de mesurage le long du profil de sondages électriques.

TABELUL 1

Nr. crt.	AB	MN	K	Nr. crt.	AB	MN	K
1	6	1	27,48	16	380	24	4 704,56
2	10	1	77,72	17	500	50	3 885,75
3	18	1	253,56	18	500	130	1 407,38
4	18	6	37,68	19	700	130	2 853,32
5	30	1	705,72	20	700	50	7 653,75
6	30	6	113,04	21	1 000	130	5 918,90
7	50	6	322,92	22	1 000	280	2 581,32
8	80	6	833,48	23	1 400	280	5 275,20
9	80	24	190,59	24	1 400	130	11 711,26
10	130	6	2 206,16	25	2 000	280	10 985,51
11	130	24	533,77	26	2 400	280	15 885,74
12	200	24	1 289,40	27	2 400	560	7 613,17
13	280	24	2 544,90	28	3 000	280	24 945,10
14	280	50	1 191,63	29	3 000	560	12 189,93
15	380	50	2 227,83	30	4 000	560	21 971,03

Coeficienții K au fost calculați după formula : $K = \pi n (n - 1) \frac{L + 1}{21}$, în care $n = \frac{L + 1}{21}$; $L = AB$; $1 = MN$; $\pi = 3,14$

Rezistivitatea a fost dedusă din bine-cunoscuta relație $\rho = K \frac{\Delta V}{I}$, în care ΔV = diferența de potențial măsurată între electrozii de recepție, I = curentul măsurat în linia de alimentare.

Rezultatele electrometrice și interpretarea lor. Pe baza datelor sondajelor electrice verticale — executate pe profilul amintit — a fost întocmită secțiunea geoelectrică, prezentată în figura 1. Interpretarea acestei secțiuni este prezentată în două etape.

Interpretarea cantitativă. Parametrii fizici ai rocilor — care constituie baza interpretării cantitative a cazului prezentat — sunt rezistivitatea aluviunilor și cea a fundamentului, aflate în contrast. Este de subliniat că, rezistivitatea aluviunilor și a tufurilor este sensibil apropiată și că, din punct de vedere electrometric, prin „fundament” înțelegem fie cristalinul, fie formațiunea de tip Ditrău, rezistivităile lor fiind comparabile. Metodica interpretării cantitative privește deci contrastul dintre rezistivitatea pachetului de aluviuni + tufuri și rezistivitatea fundamentului așa cum este el considerat din punct de vedere electrometric.

Cu ajutorul abacerelor s-a făcut — pe diagramele de SEV — determinarea adâncimilor fundamentului, pentru fiecare stație, după cum urmează în tabelul 2.



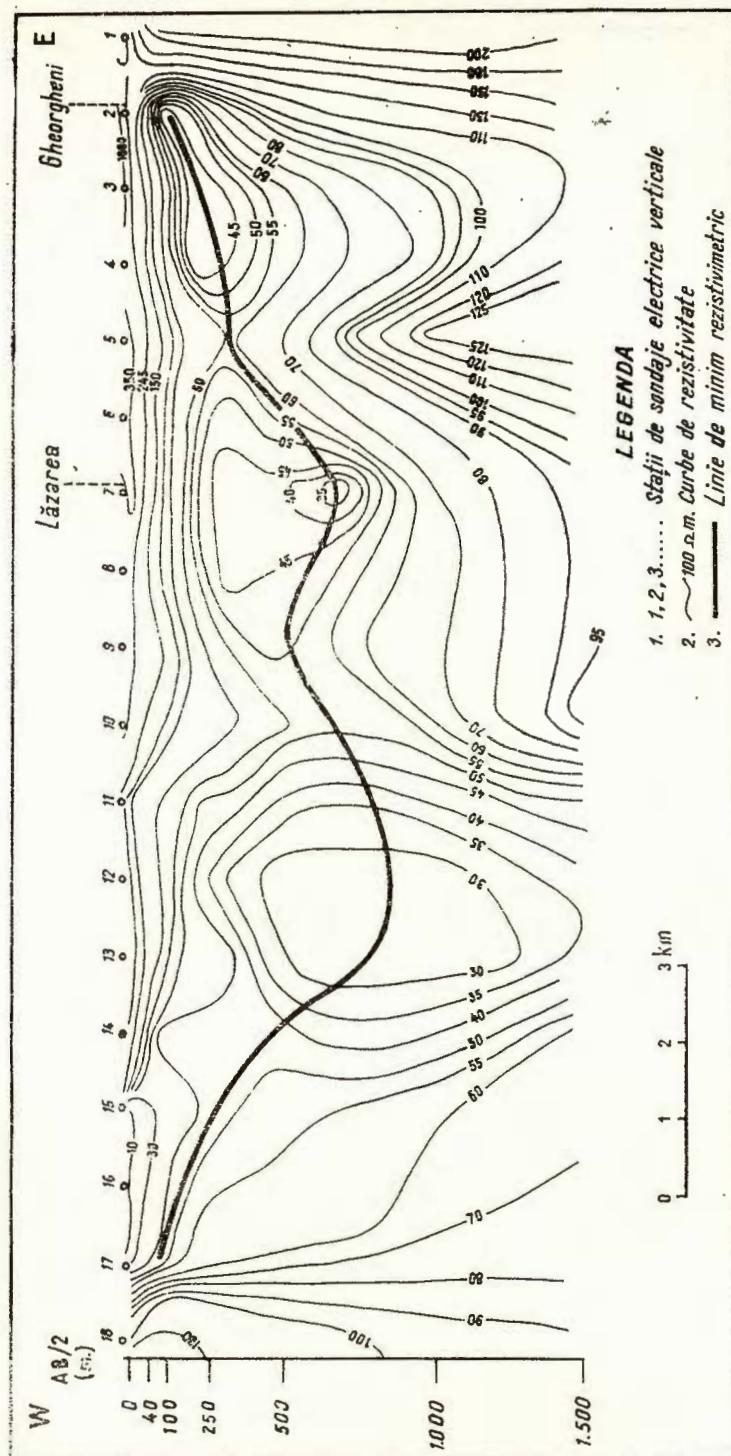


Fig. 2. — Secțiune de sondaj electrică verticală prin bazinul Gheorgheni pe un profil E-W, la sud de Lăzarea.
Coup de sondages électriques verticaux à travers le bassin de Gheorgheni, le long d'un profil E-W, au S de Lăzarea.

TABELUL 2

Nr. stației	Adâncimea fundament (m)	Tipul diagramei	Nr. stației	Adâncimea fundament (m)	Tipul diagramei
1	5	H	10	649	KQQH
2	176	KH	11	695	KQQH
3	231	QKH	12	850	QKH
4	230	QKH	13	792	QQQH
5	220	KH	14	794	QKH
6	336	QQH	15	145	H
7	480	KQH	16	15	A
8	500	KQH	17	3	A
9	520	KQH	18	0	A

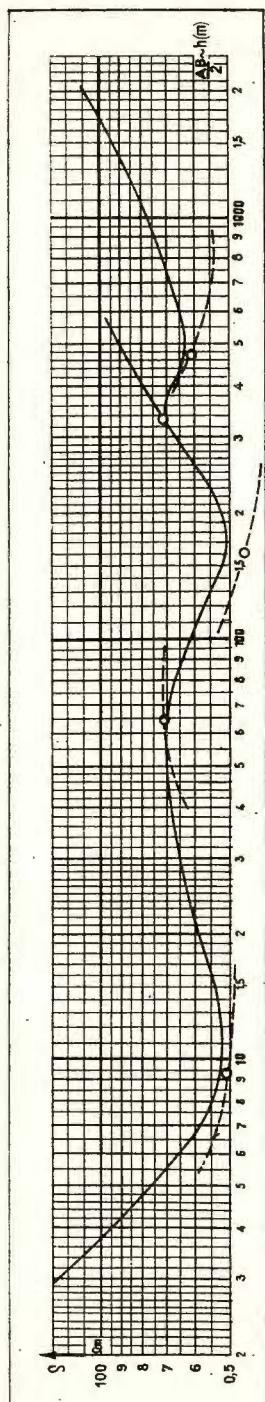
Din analiza datelor acestui tabel se presupune că adâncimile indicate pentru fundament nu se pot pune numai pe seama depozitelor aluvionare, cunoscută fiind și existența depozitelor de tufuri în bazin. În această idee, grosimile aluviunilor n-ar fi prea mari; la adâncimile indicate pentru fundament participând și importante depozite de tufuri vulcanice. După cum s-a mai arătat, datorită faptului că rezistivitatea aluviunilor și tufurilor este comparabilă, nu se poate delimita relieful suprafeței lor de separație.

Adâncimile fundamentului date în tabelul de mai sus pot fi considerate ca absolut exacte, numai în cazul în care n-ar exista în bazin strate ecran electric. Această absență a fenomenului de ecranare s-ar putea stabili cu precizie dacă, pe traseul profilului, ar exista un singur foraj pînă la fundament. În acest caz, fie că s-ar putea stabili — prin compararea adâncimii calculate cu cea reală, din foraj — lipsa fenomenelor de ecranare, fie că s-ar deduce coeficientul de corecție al adâncimilor calculate, pe întreg profilul.

În largul bazinului Gheorghieni, la nord de profilul electrometric există un singur foraj, în apropiere de Remetea, care a interceptat la 455 m formațiunea de tip Ditrău — asimilată din punct de vedere electrometric cu fundamentul. În imediata apropiere a acestui foraj a fost executat un sondaj electric vertical, cu o linie maximă de emisie de 4 km, în vederea obținerii unui coeficient de anizotropie informativ. (Coeficientul de anizotropie este informativ, deoarece există o distanță mare între forajul de la Remetea și profilul electrometric).

Datele sondajului electric vertical de la Remetea sunt prezentate în figura 3. Adâncimea fundamentului dedusă pe baza datelor acestui sondaj electric vertical este de 480 m. Prin raportarea acestei adâncimi la adâncimea reală a fundamentului de 455 m, găsită în foraj, rezultă un coeficient





de anizotropie — nu mult diferit de 1 — egal cu 1,05. Acest coeficient nu schimbă, în mod esențial, adîncimile indicate în tabelul 2 și prezentate grafic în figura 4b — modificările fiind de cca 5% (adică 4,8 m în loc de 5 m și 810 m în loc de 850 m — pentru adîncimea maximă). Coeficientul de anizotropie dedus nu poate fi extrapolat, cu certitudine, pe profilul nostru — nu numai din pricina distanței dar și a lipsei de legătură continuă, dintre SEV-ul executat la Remetea și SEV-urile profilului E-W măsurat.

Interpretarea calitativă. Interpretarea calitativă s-a făcut pe baza corelării datelor electrometrice — prezentate în figurile 2 și 4b — cu datele geologice și gravimetrice.

Din distribuția generală a izoohmelor — linii de egală valoare a rezistivității — prezentate în figura 2 și din mersul liniei de minim din aceeași figură, se desprinde o imagine sugestivă a reliefului fundamentalui bazinului Gheorghieni, pe profilul cercetat electrometric. Din analiza figurii 4 —

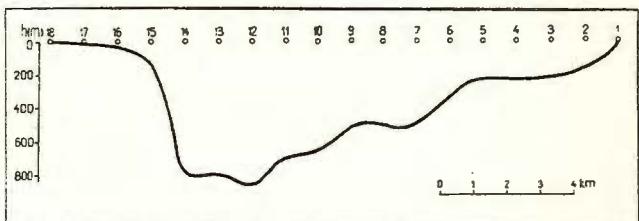


Fig. 4. — Relieful fundamentalui bazinului Gheorghieni, cu indicarea adîncimilor, pe un profil E-W, la sud de Lăzarea. Relief du soubassement du bassin de Gheorghieni indiquant les profondeurs, le long d'un profil E-W, au S de Lăzarea.

Fig. 3. — Sondaj electric vertical executat la forajul de la Remetea.

Sondage électrique vertical effectué au voisinage du forage de Remetea.



unde este figurat chiar relieful fundamentului, pe baza adîncimilor calculate — se observă că adîncimea fundamentului variază de la cîțiva metri, pe flancurile bazinului, pînă la cca 850 m (adîncimea maximă a bazinului, în zona profilului cercetat).

Aspectul izoohmelor secțiunii geoelectrice, din figura 2, arată că flancul estic al bazinului Gheorghieni se ridică pe distanță mai mare decît flancul vestic. Ridicarea fundamentului pe flancul estic nu se face uniform, ci după trei linii, situate în dreptul stațiilor 2, 6 și 10. Acest aspect al izoohmelor se explică — nu neapărat prin existența unui sistem de falii, ci — fie prin treptuirea fundamentului bazinului Gheorghieni, la periferia sa estică, pe direcția N—S fie, mult mai probabil, prin existența în această zonă — sub un strat, mai puțin gros, de aluviuni — a prelungirii masivului sienitic de la Ditrău. Această interpretare este subliniată și de creșterea valorilor de rezistivitate, pusă în evidență pe secțiunea geoelectrică în dreptul comunei Lăzarea. Continuarea, în această zonă — — pe sub aluviuni — a masivului sienitic al Ditrăului, este presupusă și de gravimetrie care, indică în dreptul cresterii valorilor de rezistivitate din secțiunea geoelectrică, o creștere a valorilor anomaliei Bouguer.

Flancul estic al bazinului Gheorghieni apare mai abrupt, în secțiunea geoelectrică din figura 2 și de asemenea urmărind linia reliefului fundamentalui în figura 4; acest lucru este pus, în mod firesc, pe seama ridicării eruptivului munților Gurghiului.

În secțiunea geoelectrică, ca și în reprezentarea grafică a reliefului suprafeței fundamentului, se remarcă — fapt de altfel neesențial — că rîul Mureș este decalat spre vest cu cca 1 km, față de adîncimea maximă a bazinului Gheorghieni — plasată aproximativ în dreptul stației nr. 13 a profilului cercetat electrometric.

CONCLUZII

Prin metoda sondajelor electrice verticale a fost pus în evidență relieful fundamentalui cristalin al bazinului Gheorghieni și — implicit — au fost obținute adîncimile acestui fondament.

Determinarea adîncimilor orizontului rezistiv al fundamentului a fost facilitată, de apropierea de valoarea unu a coeficientului de anizotropie calculat și de faptul că prospecțiunea nu a reclamat lungimi mai mari de 4 km pentru dispozitivele de emisie a curentului electric în sol.

Evidențierea posibilităților metodei în cazul bazinului Gheorghieni determină ca metoda S.E.V. să fie utilizată și în viitor pentru rezolvarea problemelor de prospecțiune și explorare a bazinelor similare, probleme



legate de descoperirea de acumulări de siderită sau de aluviuni bogate în titan și zircon.

În problema fierului, electrometria nu poate pune în evidență, direct, acumulările de siderită; ea poate însă preciza adâncimea și relieful pe care s-ar plasa eventual siderita, contribuind la stabilirea premiselor de explorare prin foraje.

Prin stabilirea adâncimii golfurilor marginale estice ale bazinului Gheorghieni — în aluviumile cărora se concentrează titanul și zirconul — se poate calcula volumul rezervelor de aluviuni, cu ajutorul doar a cîtorva foraje pentru determinarea coeficientului de anizotropie.

Cele de mai sus determină ca, metoda sondajelor electrice verticale să fie utilizată — împreună cu metoda seismică de refracție — în problemele determinării adâncimii și reliefului fundamentelor bazinelor intramontane, ori de câte ori acestea prezintă interes din punct de vedere economic.

BIBLIOGRAFIE

- Codarcea A.I., Codarcea Marcela, Iancovici V. (1955) Masivul de roci alcătuite de la Ditrău. *Bul. șt. Acad. R. S. Române*. București.
- Dahnov V. N. (1951) Prospețiunea electrică a zăcămintelor de petrol și gaze. *Gospołtehizdat*. Moscova.
- Macovei G., Atanasiu I. (1925) Cercetări geologice în imprejurimile Orașului Gheorghieni. Institutul Geologic al României. București.
- Ștefănescu S. (1955) Curs de prospecții electrice. Institutul de Mine. București.

PROFONDEURS ET RELIEF DU SOUBASSEMENT DU BASSIN DE GHEORGHIE NI RELEVÉS PAR LES DONNÉES ÉLECTROMÉTRIQUES

(Résumé)

Par l'exécution d'un profil de sondages électriques à travers le bassin de Gheorghieni on a obtenu des informations précises sur les profondeur et sur le relief du soubassement de ce bassin.

L'extention des lignes d'envoi du courant électrique atteignant au moins 4 km de longueur, afin de le faire intercepter le soubassement



du bassin, a créé la possibilité d'effectuer des calculs de l'interprétation quantitative ; en suite à l'aide de courbes théoriques à deux terrains l'auteur aboutit à présenter un tableau des profondeurs et du relief du soubassement du bassin de Gheorghieni, en direction E—W.

La méthode électrométrique — par la détermination des profondeurs et du relief du bassin de Gheorghieni — a établi les prémisses de l'exploration par forages de ce bassin, quant aux éventuelles formations de sidérite, et peut établir le volume des réserves en titane et zircon des alluvions des golfs septentrionaux de ce même bassin.

Le bassin de Gheorghieni ne présente point de complications pour la méthode électrométrique. Celui-ci se présente comme un paquet d'alluvions et de tufs qui se trouvent en contraste résistivimétrique avec le soubassement cristallin ou bien avec les syénites de Ditrău, tout en réalisant la condition nécessaire et suffisante pour nous fournir des données précises sur la profondeur et le relief du soubassement du bassin.

L'existence d'un contraste résistivimétrique à la limite de la surface du soubassement, celle d'un coefficient d'anizotropie rapproché de la valeur 1 pour les formations du bassin, ainsi que la possibilité d'obtenir des données sur le relief du soubassement — les lignes d'envoi du courant électrique ne dépassant pas 3—4 km — conduisent à utiliser l'électrométrie — jointe à la séismométrie — à résoudre les problèmes de prospection et d'exploration du bassin de Gheorghieni et de ceux similaires (bassin intramontagneux).





Institutul Geologic al României

PROCEDEE NOI DE DETECTARE A SUBSTANȚELOR
UTILE ÎN FORMAȚIUNI ERUPTIVE ȘI CRISTALINE, PRIN
MĂSURĂTORI GEOFIZICE DE SONDĂ, ÎN ZONA CAREI –
BAIA MARE¹

DE

LAZĂR ATANASIU, FLORICEL GHEORGHIU, SEPTIMIU SEICEANU²

Abstract

New Proceedings for Detecting Useful Materials within Eruptive and Crystalline Formations by Means of Geophysical Borehole Logging in the Carei–Baia Mare Zone. A special investigation method in the drill-hole by means of electric and radioactive logging and injection of radioactive substances is described.

Datele geologice de suprafață, în zona Carei–Baia Mare, arată că la alcătuirea acesteia iau parte depozite neogene și cuaternare peste care, în partea nordică, se aştern curgerile andezitice și aglomeratele andezitice din munții Gutii.

Elementul tectonic principal îl constituie anticlinalul Băile Măgheruș, orientat aproximativ E–W pe o lungime de 9 km, în axul căruia apar depozite sarmațiene. Acest anticlinal este situat în partea de N a bazinului Băii Mari, bazin care se încadrează în unitatea tectonică cuprinsă între creasta de cristalin ce apare la zi în zona Șimleul-Silvaniei, munții Făgetului — afundîndu-se sub cuvertura de eruptiv în zona Baia Mare — și o a doua creastă de cristalin orientată WSW–ENE, marcată la suprafață de insulele de cristalin de la Someș–Odorhei, Ticău și Preluca.

¹ Susținută în ședință de comunicări științifice din cadrul simpozionului geofizic din august 1964.

² Comitetul de Stat al Geologiei, Cal. Griviței nr. 64, București.

Cele două creste determină anomalii de maxim gravimetric separate printr-o anomaliu de minim corespunzătoare zonei cu grosime maximă a depozitelor sedimentare. Prospecțiunile seismice au confirmat interpretarea datelor gravimetrice, axul structurii determinate seismic în interiorul bazinului, suprapunindu-se aproape exact peste minimul gravimetric. Grosimea maximă a sedimentelor, care a putut fi determinată, este aproximativ 2.800 m în zona de la S de Baia Mare și scade la 600—700 m, în regiunea Zalău.

Prin forajele de cercetare geologică, efectuate de Comitetul Geologic în anii 1961—1964, s-au obținut o serie de date suplimentare, referitoare la succesiunea stratigrafică și tectonica acestei zone; pentru determinarea naturii fluidelor, conținute în diversele formațiuni geologice străbătute, a fost necesar să se execute măsurători geofizice complexe, în găurile de sondă forate în această regiune.

În cele ce urmează sunt prezentate informațiile geologice obținute din aceste foraje, și apoi se descriu lucrările de investigare geofizică complexă, efectuate în sondele 4758 Baia Mare și 4016 Carei.

Sonda 4757, situată la NW de Baia Mare, a întlnit următoarele limite geologice (fig. 1) :

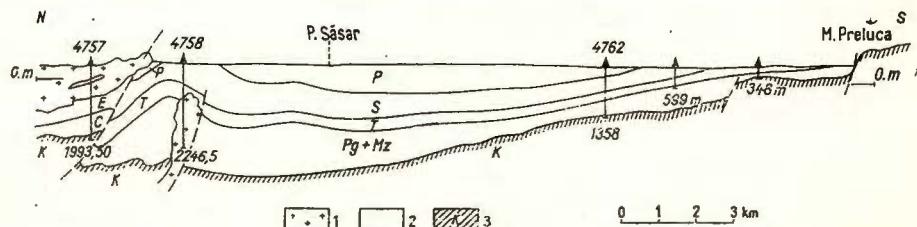


Fig. 1. — Secțiune în partea de N a bazinului Transilvaniei :
1. eruptiv; 2. sedimentar (P=Pannonian, S=Sarmatian, T=Tortonian, Pg+Mz=Paleogen+Mezozoic, E=Eocen, C=Cretacic); 3. cristalin

Coupe transversale dans la partie N du bassin de Transylvanie :
1. éruptif; 2. sédimentaire: (P=Pannonien, S=Sarmatiens, T=Tortonien, Pg+Mz=Paléogène+Mésozoïque, E=Éocène, C=Crétacé); 3. cristallin.

	m
eruptiv/Eocen	869
Eocen/Cretacic.	1.288
Cretacic/cristalin	1.899
adâncimea finală	1.993,60

Depozitele eocene, alcătuite din marne calcaroase cenușii și roșcat-verzui cu intercalații de gresii micacee, grosiere, sunt suportate de roci cu caracter detritic mai pronunțat, ajungînd pînă la conglomerate cu elemente de 3—5 cm diametru. Acestea se astern peste o succesiune de roci

argiloase grezoase negre, diaclazate, mai grezoasă în bază și prezentind un caracter pronunțat de fliș; gresiile au o grosime de 5–10 cm și alternează cu argile negre, diaclazate puternic. Aceste depozite au fost atribuite Cretacicului.

Cristalinul, care formează fundamentul regiunii, este alcătuit din roci de tip epizonal.

În ceea ce privește rocile eruptive traversate, acestea prezintă caracterele generale ale formațiunilor eruptive din regiunea Baia Mare.

În pirolastite s-au întîlnit uneori enclave mari de roci sedimentare, slab metamorfozate.

Sonda 4758 Baia Mare, situată în vecinătatea Băilor Măgheruș (Apa Sărătă), la cca 300 m S de axul geologic al anticlinalului, a întîlnit următoarele limite geologice (fig. 1):

	m
Sarmatian/Tortonian	650
Tortonian/eruptiv	988
adincimea finală	2.246,50

Depozitele sarmatiene sunt reprezentate, în general, prin marne cu slabe intercalătii nisipoase mai frecvente la partea superioară a succesiunii.

Depozitele tortoniene întâlnite au aceleași caractere litologice ca depozitele sarmatiene și sunt suportate de tufuri (de la 860 la 960 m) atribuite complexului tufului de Dej.

Formațiunile eruptive, străbătute între 988 și 2.246,50 m, au fost identificate pe baza studiilor efectuate pe probele extrase și pe baza diafraghiilor înregistrate, după cum urmează: de la 988 m la 1.210 m – pseudobrecie andezitică; de la 1.210 m la 1.280 m – zonă de trcere de la pseudobrecii la andezite; de la 1.280 m la 1.750 m – andezite cu amfiboli și piroxeni, compacte, cu foarte puține fisuri; de la 1.750 m la 1.900 m – andezite cuarțifere cu amfiboli și piroxeni, propilitizate, foarte fisurate; de la 1.900 m la 2.100 m – andezite cu calcit, clorit și cuarț pe fisuri; de la 2.100 m – porfire microdioritice.

Din corelarea datelor celor două foraje (sondele 4757 Săsar și 4758 Baia Mare), primul situat pe flancul depresiunii Maramureșului, iar celălalt în depresiunea Transilvaniei, se constată că respectivele unități geologice sunt în contact tectonic, flancul sudic al depresiunii Maramureșului încălecind peste flancul nordic al depresiunii Transilvaniei (fig. 1, 2).

Acest contact tectonic, mascat de ultimele erupții andezitice ale Gutiiului, poate fi urmărit spre E, de-a lungul liniei de încălcare, bine evidențiată la N de muntele Hudin și vîrful Tibleș și, nu este exclus ca,



mai la E, să se contopească cu falia Rodnei (după Th. Krautner). Linia de încălcare se continuă spre W, pe teritoriul Republicii Populare Ungare, trecind pe la S de Debrețin și Hajduszoboszlo.

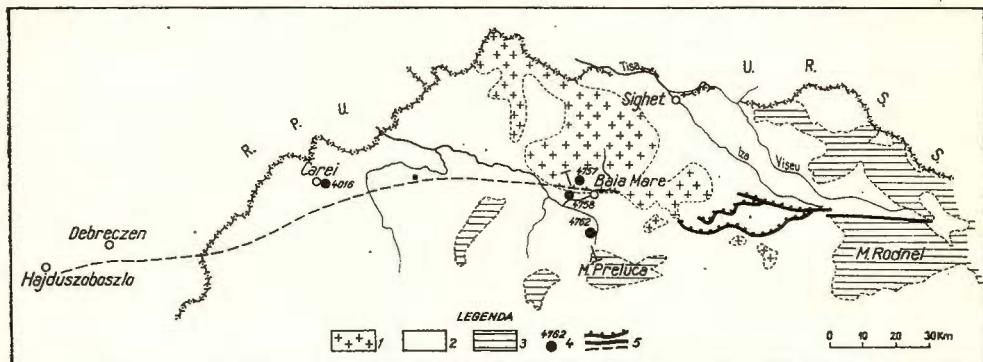


Fig. 2. — Schiță geologică a părții de N a bazinului Transilvaniel :

1, eruptiv; 2, sedimentar; 3, cristalin; 4, foraj; 5, linii de dislocație;

Esquisse géologique dans la partie N du bassin de Transylvanie :

1, éruptif; 2, sédimentaire; 3, cristallin; 4, forage; 5, lignes de décrochement.

Sonda 4016 Carei, amplasată în partea estică a orașului, pe flancul unei structuri puse în evidență prin măsurători seismice, a întîlnit următoarele limite geologice (fig. 1) :

	m
Pannonian/Sarmatian	964
Sarmatian/Tortonian	1.090
Tortonian/Eocen	1.840
Eocen/Cretacic	2.755
Cretacic/cristalin	3.012
adîncimea finală	3.066

Pannonianul este alcătuit din argile nisipoase cenușii, cu intercalării de nisipuri fine, argiloase. În baza lui a putut fi recunoscut un pachet de marne calcaroase albicioase, care constituie un bun orizont — reper seismic, cu o largă răspândire în special în R. P. Ungară, unde, prin luerările de foraj, a fost bine pus în evidență.

Sarmatianul care are o alcătuire litologică asemănătoare Pannonianului cu deosebirea că intercalăriile nisipoase sunt mai bine consolidate, a fost separat pe baze micropaleontologice.

Tortonianul este alcătuit, în jumătatea lui superioară, între 1.080 — 1.400 m, dintr-o succesiune argiloasă, cu intercalării de gresii fine, cenușiu-verzui, cu resturi cărbunoase și intercalării de piroclastite, la 1.160 și 1.213 m ; la baza succesiunii apar microconglomerate cu elemente

pînă la 5 cm diametru, la 1.320 și 1.375 m. Partea inferioară este reprezentată prin pirolastite andezitice, în general cu o granulație fină, devenind numai în bază grosiere și conținînd elemente remaniate de roci paleogene.

Eocenul este alcătuit din marne roșcate și cenușiu-verzui, cu intercalării centimetrice de gresii verzui, dure.

Cretacicul este reprezentat prin argile negre compacte, cu intercalării de gresii cenușii-negricioase, subțiri, cu numeroase diaclaze.

Depozitele eocene și cretacice întîlnite în acest foraj sunt asemănătoare cu cele traversate de forajul 4757 Săsar.

Cristalinul, de tip epizonal, este alcătuit din roci similare cu cele întîlnite în forajul de la Săsar.

Forajul 4016 Carei a pus în evidență o discordanță unghiulară de cca 30° între Neogen și Paleogen.

Din examinarea datelor celor trei sonde menționate, reiese că sondele Săsar și Carei se găsesc situate în aceiași unitate geologică — depresiunea Maramureșului.

Diagramele complexe, înregistrate atât în cristalin cât și în eruptiv, au evidențiat zonele cu fisuri, iar din acest complex fisurat, au fost selecționate intervalele din care afluă fluide în gaura de sondă, cu ajutorul traseoarelor radioactive.

Metodologia de investigare și interpretare folosită pentru detecțarea hidrocarburilor, precum și a altor substanțe minerale utile, în cazul acumulării acestora în roci eruptive sau cristaline, este arătată luîndu-se ca exemplu sonda 4758 Baia Mare.

La această sondă s-au făcut următoarele investigări, pe intervalul 988,00—2125 m: carotaj electric normal (fig. 3), carotaj lateral (BKZ), carotaje radioactive (gama natural, gama-gama, neutron-gama), cavernometrie și termometrie. În planșă sunt prezentate numai o parte din curbele înregistrate, și anume cele mai reprezentative.

Carotajul electric normal ca și carotajul electric lateral au evidențiat, pe intervalul 988,60—1280 m, o zonă de brecii andezitice. Luîndu-se în considerare carotajul gama natural în acest interval, s-a putut separa zona de trecere de la brecii andezitice la andezite, cuprinsă între 1210 și 1280 m. Pe curba carotajului gama natural, se evidențiază clar intrarea în această zonă de tranziție la 1210 m, iar conform carotajului electric normal și carotajului electric lateral, trecerea la andezite se face la 1280 m. Curbele diagramei electrice normale și a celei laterale (BKZ) evidențiază în continuare o zonă de andezite, compacte în cea mai mare parte, cuprinsă între 1280 și 1750 m. De la 1750 m pînă la talpă, andezitele cuartifere cu



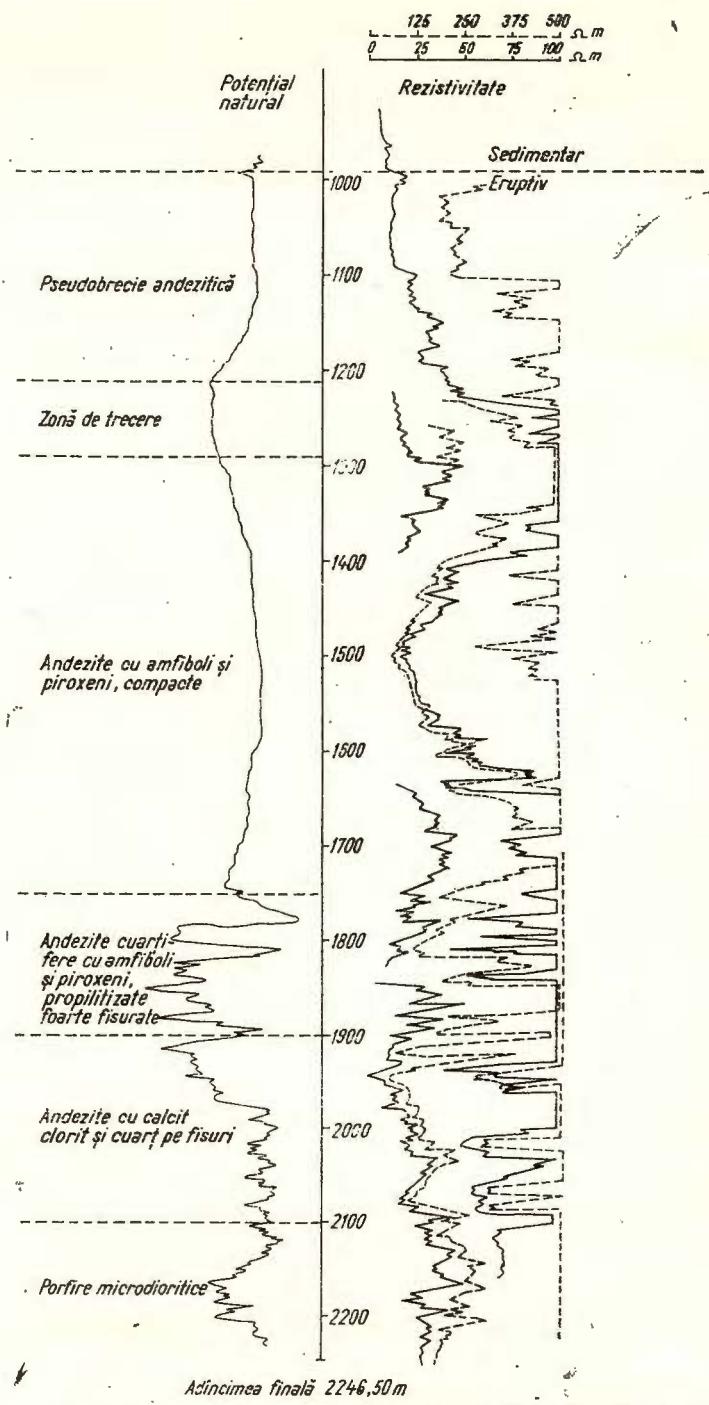


Fig. 3. — Diagrafia electrică a sondelor 4758 Baia Mare în formățiune eruptivă.
Diagraphie électrique du forage 4758 de Baia Mare dans une formation éruptive.



amfiboli și piroxeni sunt fisurate. Cavernograma indică, în această zonă, o serie de mici caverne.

Pentru a se stabili cu mai multă certitudine zonele cu fisuri, s-au înregistrat o serie de curbe de valori de potențial natural, în diverse condiții ale găurii de sondă. Astfel, în planșă, curba 1, este o curbă a valorilor potențialului natural, înregistrate imediat după ce s-a făcut o circulație intensă a noroiului de foraj. Pe această curbă de variație a potențialului natural, se evidențiază clar zona cu andezite fisurate — situată sub adâncimea de 1750 m — ca urmare a circulației de fluide și săruri din gaura de sondă spre interior și invers. După pauză de 24 ore, prin carotaj electric normal, s-a înregistrat curba variației potențialului natural, curba 2, care a arătat că schimbul de fluide din gaura de sondă, spre interior și invers, s-a redus față de primul caz, cind a existat o circulație intensă. Aceasta a dus la interpretarea că zona andezitelor fisurate, de la adâncimea de 1750 m spre talpa sondei, nu conține fluide în cantități mari și că variația accentuată a amplitudinilor curbei potențialului natural este o urmare a prezenței unor săruri conținute pe fisuri, care se dizolvă mai intens cind se face o circulație activă. Analiza apelor extrase din această zonă a indicat prezența ionilor de Br, I, Cl. etc.

Carotajul electric normal, carotajul electric lateral și cavernograma au dat indicații despre existența unor zone fisurate în eruptiv.

Curbele de rezistivitate aparentă, obținute prin carotaj electric lateral, precum și curba neutron-gama nu au oferit date concluzante în ceea ce privește natura fluidelor conținute în zona cu fisuri (hidrocarburi, ioni de Br, I). Prezența acestora a fost semnalată, cu ajutorul analizei chimice a probelor de fluid extrase de la diferite niveluri din gaura de sondă. Adâncimile de la care s-au extras aceste probe, precum și rezultatele analizelor efectuate pentru gazele și apele recoltate sunt indicate în tabelele 1 și 2.

După obținerea rezultatelor analizării probelor de fluid, extrase de la diverse adâncimi, a mai fost necesar să se stabilească zonele, din eruptiv, pe care pot circula atât gazele, cît și eventualele ape mineralizate. În acest scop s-a făcut o injecție cu izotopi radioactivi (Iod-131) pe toată porțiunea netubată, între 988,60—2246,50 m.

După injecția în strat a soluției cu izotopi radioactivi, s-a înregistrat o curbă de carotaj gama (curba 6) și pe aceasta s-au putut diferenția următoarele zone de fisuri, care reprezintă totodată și căi posibile pentru circulația fluidelor:

998—1140 m; 1750—1800 m; 1810—1878 m; 1920—1990 m;
2020—2070 m și de la 2080 — la talpă.



TABELUL 1
Analiza gazelor recoltate pe intervalul 1100—2125 m

Adincimea m	CH ₄ %	H ₂ %	CO ₂ %	Azot suplimentar față de proporția normală din aer %	Aer %
1 100	—	1,2	63,6	—	35
1 125	—	0,6	69,2	—	30
1 150	—	0,8	76,8	—	22,5
1 175	—	0,4	86,2	—	13,2
1 200	—	0,6	76,2	—	23,0
1 225	—	0,6	78,7	—	20,7
1 250	—	1,2	77,4	—	21,4
1 350	—	2,1	55	13	30,2
1 450	—	2,0	69	15,2	20,0
1 550	—	4,1	66,4	24	15,7
1 650	—	1,6	70,7	4,8	22,5
1 750	—	2,0	84	—	13,2
1 850	—	2,4	61,6	5,7	30
1 950	—	1,4	90,3	—	8
2 050	—	6,4	50,1	32,4	10
2 125	—	0,8	84	—	15,2

TABELUL 2
Analiza apelor recoltate pe intervalul 1 250—2 125 m

Adinci- mea m	Clor g/kg	Brom g/kg	Iod g/kg	Alți ioni g/kg	Produse petroliere g/kg	Salinitate g/kg
1 250	2,2127	—	—	0,0035	—	3,6479
1 350	1,7801	0,0010	0,0003	0,0150	—	2,9347
1 450	2,6382	0,0020	0,0005	0,0200	—	4,3494
1 550	2,9254	0,0010	0,0005	0,0200	—	4,8229
1 650	1,9858	—	—	0,0400	—	3,2738
1 750	2,0389	0,0020	0,0003	0,0750	—	3,3615
1 850	3,2091	0,0020	0,0005	0,2000	—	5,2906
1 950	4,3261	0,0140	0,0011	0,8800	—	7,1321
2 050	3,4751	0,0010	0,0006	0,0550	—	5,7291
2 150	3,5815	0,0020	0,0006	0,0750	—	5,9045

Pentru a se vedea care dintre zonele fisurate debitează fluide, s-a înregistrat o a doua curbă gama, după ce în prealabil s-a pistonat 10 ore pentru denivelare. Din analiza ultimei curbe gama înregistrată, s-a constatat că fluidele au debit mai mare numai din intervalul 998—1140 m. Acest lucru a reieșit din faptul că amplitudinile ultimei curbe înregistrate pe acest interval au fost foarte mult diminuate, deoarece lichidul, ieșind



din intervalul indicat, a provocat și expulzarea soluției marcate. În partea inferioară a găurii de sondă nu se observă schimbări importante ale amplitudinilor curbei gama înregistrate după pistonare, ceea ce a dus la concluzia că debitul fluidelor conținute, în aceste zone, este redus, fapt confirmat și de rezultatul probelor de producție.

La sonda 4758 Baia Mare, important de reținut este faptul că, în partea superioară a eruptivului fisurat, au fost întâlnite hidrocarburi, pînă la butan. Prezența hidrocarburilor în eruptivul de la Baia Mare se explică probabil prin difuziunea gazelor din sedimentarul situat pe flancurile eruptivului care este fisurat.

În apele de la partea inferioară a eruptivului de la Baia Mare, concentrația mineralizațiilor este mai mare. După cum s-a menționat însă, apele mineralizate din baza eruptivului nu au debite industriale în sonda 4758 Baia Mare.

Alt element care prezintă interes deosebit este temperatura ridicată înregistrată în această sondă, în care s-au măsurat 145° C la adâncimea de 2240 m.

Din cele arătate cu privire la metoda aplicată pentru detectarea substanțelor minerale utile fluide în eruptiv sau cristalin, rezultă că, în linii generale, este indicat să se respecte următoarea succesiune a operațiilor :

1. Evidențierea zonelor fisurate, din rocile eruptive sau cristaline, cu ajutorul metodelor de investigare electrice, acustice sau radioactive care ne stau la dispoziție (cea mai recomandabilă este însă investigarea prin carotaj acustic);
2. Selecționarea în continuare, a zonelor în care circulă fluide, cu ajutorul tronsoarelor radioactive;
3. După stabilirea acestor zone, se determină natura fluidelor care circulă în formațiuni, prin luarea de probe de fluid din gaura de sondă în dreptul intervalelor respective și analizarea lor, sau prin efectuarea unor probe de producție cu un probator de strat lansabil cu cablu, întrucît actualele metode de investigare geofizică nu pot oferi date concluziente privind natura și compoziția chimică a acestor fluide.

Din analiza celor descrise, se poate trage concluzia că prin această metodologie de investigare complexă a prezenței hidrocarburilor și a altor substanțe minerale utile (CO_2 , H_2 , B , I etc.), în roci eruptive și cristaline, se pune la îndemîna cercetătorilor un nou procedeu de lucru pentru determinarea perspectivelor economice ale unor formațiuni geologice. Rezultatele obținute în zona Baia Mare–Carei au arătat importanța pe



care o poate avea această metodă de cercetare și se consideră că este indicat să fie aplicată în toate cazurile în care se întâlnesc situații similare — — în formațiuni care obișnuit se consideră, ca fiind lipsite de perspectivă economică.

BIBLIOGRAFIE

- Atanasiu L. (1956) Cercetări geologice în regiunea Muntelui Hudin. *D.S. Com. Geol. XL*. București.
- Körössy (1959) A nagy magyar Alföld képződményei — *Föld. Közl.* 89/2. Budapest.
- Kräutner Th. (1938) Das Kristalline Massiv von Rodna. *Ann. Inst. Géol. Roum. XIX.* București.
- Scheffer V. (1960) Some contributions to the Geophysical Knowledge of the Carpathian Basins—*Acta tehnica Acad. Sc. Hung.*, XXX/3—4. Budapest.

NOUVEAUX PROCÉDÉS POUR DÉTECTER LA PRÉSENCE DES SUBSTANCES MINÉRALES UTILES DANS LES FORMATIONS ÉRUPTIVES ET CRISTALLINES, À L'AIDE DES TRAVAUX GÉOPHYSIQUES FAITS DANS LES FORAGES (CAREI — BAIA MARE)

(Résumé)

Les résultats obtenus par les travaux de forages effectuées dans la partie NW de la Roumanie sont décrits et corroborés aux connaissances antérieures.

Au point de vue stratigraphique on constate qu'il y a une lacune de sédimentation entre les formations paléogènes représentées par l'Éocène et les formations qui débutent par le Tortonien.

Au point de vue tectonique on a pu mettre en évidence : une discordance angulaire entre les formations néogènes et celles paléogènes ; le charriage du flanc S du bassin de Maramureş sur le flanc N du bassin de Transylvanie.

On a essayé de détecter l'existence des zones fissurées d'un corps éruptif traversé par le forage 4758 Baia Mare et de mettre en évidence la circulation des fluides dans ces systèmes de fissures.



L'ouvrage présente une technique spéciale de travaux géophysiques effectués dans le puits de forage afin de détecter les zones fissurées dans lesquelles circulent les fluides.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

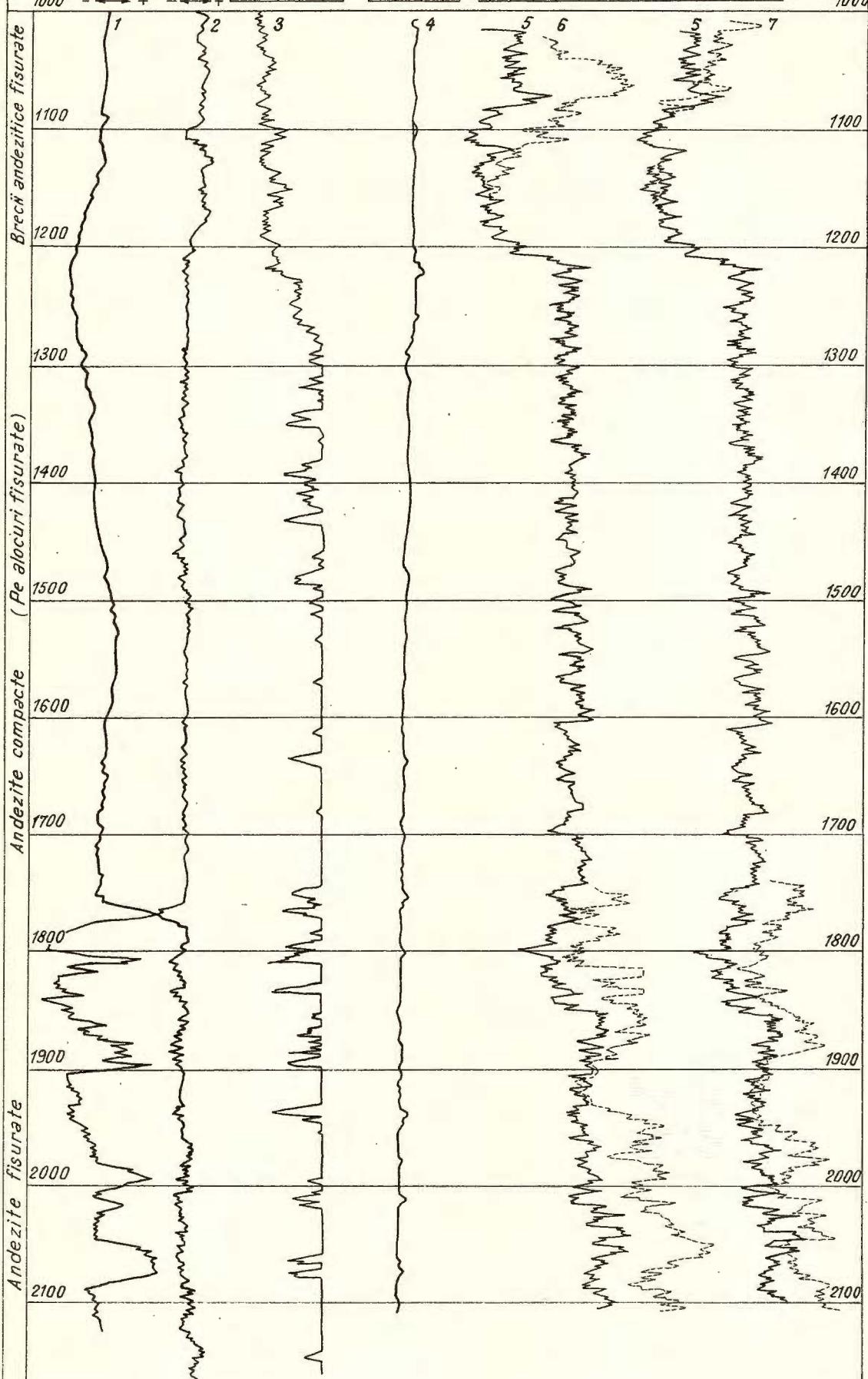
Courbes représentatives du carottage électrique latéral, radioactif, cavernométrique et thermométrique du forage 4758 de Baia Mare dans des formations éruptives.





Institutul Geologic al României

1PNirreg. după 2PN irreg. după 3.Curba potențială 4.Cavernogramă 5.Curba ♂ naturală 7.Curba ♂ după pistonare
circulație cu apă o pauză de 24 ore M03A2B 6.Curba după injecțare cu tracori 1000 1200 1400 imp/min 1000
1000 - 125mJ/cm 125mJ/cm 5 10 15 20SLm 0 200 400 600mm 800 1200 1600 imp/min 600 1000 1400 imp/min 1000



SPECTROMETRU GAMA CU 16 CANALE PENTRU PROSPECTIUNI RADIOMETRICE¹

DE
LECA BOIU CANER²

Abstract

16-channel Gamma-Spectrometer for Radiometric Field Survey. A transistorised scintillation gamma spectrometer, provided for radiometric field survey is described. The multichannel pulse-height analyser includes a logarithmic analog digital converter, so that the relative channel width remains constant in the measuring interval. In conclusion, results of laboratory and field tests are discussed.

Introducere. Descompunerea cîmpului gama natural, în componente sale (radiațiile Ra, Th și K⁴⁰), are o importanță deosebită în prospecțiunea radiometrică, deoarece permite identificarea naturii anomalilor înregistrate. Determinarea concentrațiilor de Ra, Th și K⁴⁰ se poate realiza pe baza analizei energetice a cîmpului gama. În acest scop se utilizează de obicei spectrometre gama, dotate cu traductoare de scintilație și analizoare de amplitudine a impulsurilor.

Aparatul ce urmează a fi descris a fost construit pentru determinări în roci cu concentrații de radioelemente de ordinul unui clark ; e necesar deci să satisfacă exigențe relativ mari de sensibilitate și stabilitate. Au fost construite, după același principiu, un spectrometru gama portabil, cu 16 canale, pentru lucrări de teren și o variantă a lui de laborator cu 32 canale. În cele ce urmează e descris aparatul de teren ; varianta de laborator diferă de acesta prin amănunte nesemnificative.

¹ Susținută în ședința de comunicări a I.G.A. din aprilie 1967.

² Institutul de geofizică aplicată. Sos. Kiseleff nr. 55 București.



Descrierea aparatului. Aparatul este compus din 6 blocuri (fig. 1) și funcționează în modul următor; traductorul de scintilație furnizează la ieșirea sa, impulsuri a căror amplitudine este proporțională cu energia cuantelor gama incidente; convertorul analog-digital transformă fiecare dintre aceste impulsuri într-un sir de semnale standard, numărul cărora este o funcție exponențială a amplitudinii impulsului incident și repre-

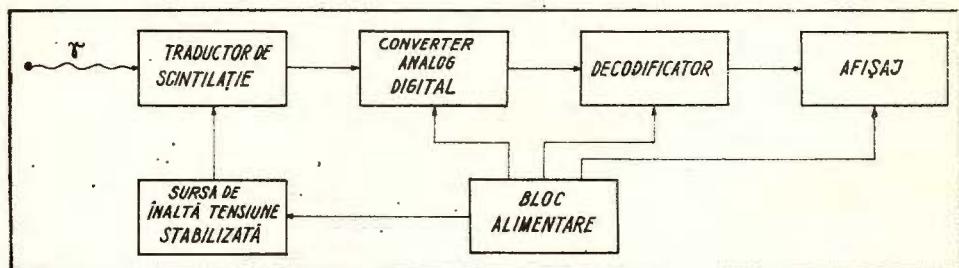


Fig. 1. — Schema bloc a spectrometrului gama.

Schéma bloc du spectromètre gamma.

zintă numărul canalului pe care trebuie înregistrat acest impuls ; decodificatorul analizează semnalele date de convertor, repartizîndu-le canalelor de numărare corespunzătoare din blocul de afișaj. Aparatul permite selecția simultană a amplitudinii impulsurilor pe un număr de 16 canale. Lățimea relativă a canalelor este constantă și poate fi reglată între 3 și 15 % cuprindînd o porțiune a spectrului caracterizată printr-un raport energie maximă/energie minimă cuprins între 1,6 și respectiv 10. Aparatul este montat într-o cutie de transport de $960 \times 460 \times 570$ mm avînd o greutate totală de cca 40 kg. Blocul constructiv care cuprinde traductorul de scintilație, alimentarea de înaltă tensiune și convertorul analog-digital, poate fi extras din cutie și plasat în sol.

Alimentarea aparatului se face de la un grup de acumulatori alcalini (18 v, 16 Ah) care asigură cca 14 ore de funcționare continuă a aparatului.

În cele ce urmează se descriu blocurile funcționale specifice.

Traductorul de scintilație. Utilizează un monocrystal de NaI (Tl) avînd $\Phi = 100$ mm și $h = 80$ mm și un fotomultiplicator tip 54 AVP alimentat cu 1500 v.

Rezoluția energetică a sistemului pentru picul de 661 KeV (Cs 137) este de cca 12 %. Pentru micșorarea influenței cîmpurilor magnetice, s-a prevăzut un blindaj magnetic (din benzi de permendur) totuși sistemul trebuie orientat, în cîmpul magnetic terestru, la efectuarea măsurătorilor.

Converterul analog-digital. Pentru asigurarea unei bune stabilități și pentru siguranță în funcționare, s-a renunțat la sistemul clasic de transmitere a impulsurilor prin lanțul preamplificator-amplificator liniar, realizându-se conversia analog-digitală imediat după fotomultiplicator. Funcționarea converterului este bazată pe modul de comportare al unui circuit oscilant LC cuplat direct cu anodul fotomultiplicatorului (Bartoň, 1962) (fig. 2).

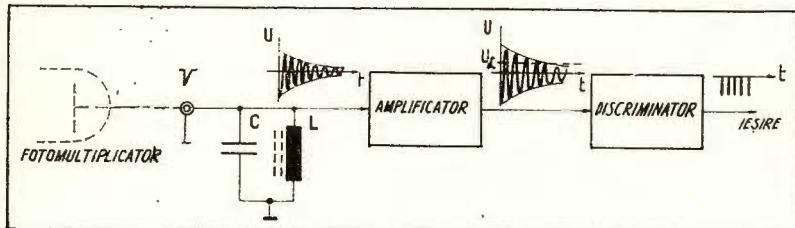


Fig. 2. — Schema bloc a converterului analog digital.

Schéma bloc du convertisseur analogique-numérique.

Impulsul cu front rapid al fotomultiplicatorului ($t_f = 2,5 \cdot 10^{-7}$ s) încarcă, pînă aproape de valoarea sa de vîrf, condensatorul C (cînd $\sqrt{LC} > t_f$).

Dată fiind impedanța mare de ieșire a fotomultiplicatorului și asigurînd o impedanță de intrare suficient de mare la amplificator, pe circuitul LC apare după fiecare impuls venit de la fotomultiplicator o undă sinusoidală amortizată, avînd frecvența și decrementul determinate numai de parametrii acestui circuit, iar amplitudinea inițială determinată de sarcina electrică adusă de impuls.

Semnalul rezultat este amplificat și trimis pe intrarea unui discriminător rapid, pe care îl declanșează repetat atît timp cît amplitudinea sa depășește nivelul de discriminare fixat. Se obțin astfel la ieșirea discriminătorului un șir de impulsuri standard cu o frecvență de repetiție egală cu frecvența proprie a circuitului oscilant, numărul impulsurilor din șir fiind :

$$n = \frac{Q}{\pi} \ln \frac{U_0}{U_\alpha}$$

unde Q – factorul de calitate al circuitului oscilant

U_0 – amplitudinea pulsului incident

U_α – valoarea pragului de discriminare.



Rezultă o caracteristică logaritmică a sistemului de conversie, fapt care, deși implică unele dificultăți în prelucrarea datelor măsurătorilor, duce la o repartiție optimă a punctelor de măsură pe spectrul energetic (Viazemski, 1961; Matalin, 1964).

Lățimea relativă a canalelor astfel obținute este constantă (Bartón, 1962) :

$$\frac{\Delta E}{E} = 1 - \exp\left(-\frac{\pi}{Q}\right) \approx \frac{\pi}{Q} \quad \text{(cind } \frac{\pi}{Q} \ll 1 \text{)}$$

Sistemul de conversie descris posedă o serie de particularități care permit obținerea unor rezultate bune cu montaj relativ simplu.

Efectuarea conversiei analog-digitale, imediat după fotomultipli-cator, elimină amplificatorul liniar care e o sursă importantă de erori.

Amplificatorul utilizat lucrează în regim sinusoidal, ceea ce permite utilizarea unei scheme simple, cu bandă de trecere moderată și gamă dinamică nu prea largă. Problemele de supraîncărcare cu impulsuri de amplitudine mare, se rezolvă alegind bine constantele de timp ale circuitelor de cuplaj. Sunt evitate astfel, o serie de probleme spinoase care apar la construcția amplificatorilor de impulsuri.

Stabilitatea lățimii canalelor este determinată practic, numai de stabilitatea parametrilor circuitului oscilant, care se poate obține suficient de bună, fără dificultăți.

Converterul analog-digital (vezi planșa) lucrează cu un circuit oscilant având $Q_{\max} = 100$ și o frecvență proprie de cca 300 KHz.

Reglarea lățimii canalelor se face modificând Q prin reglarea unei rezistențe variabile, incluse în circuit.

Amplificatorul este format dintr-un etaj de intrare (repetor pe emitor) cu sarcini, de colector și emitor, mărite care asigură o rezistență de intrare de cca 2 Mohm ; el e urmat de 3 etaje de amplificare cu reacție negativă, având amplificarea maximă de cca 150. Amplificatorul e prevăzut cu dispozitive de reglare grosieră, semifină și fină a factorului de amplificare, pentru stabilirea poziției canalelor în spectru.

Discriminatorul este un trigger Schmitt nesaturat ; pragul de discriminare este reglabil în jurul valorii de 1,5 V.

La ieșire s-a prevăzut un repetor care permite transmiterea semnalului pe un cablu coaxial de cca 2,5 m lungime.

Decodificatorul. Asigură funcțiile logice care permit analiza semnalelor date de converterul analog-digital, făcind ca pentru un sir de n impulsuri la intrare, să apară un impuls pe ieșirea n ($n \leq 16$).



Blocul este format dintr-o parte care analizează impulsurile și o parte de formare a impulsurilor de comandă (fig. 3).

Circuitul de formare CF1 dă un plus unic de comandă pentru fiecare sir de impulsuri primit, declanșând univibratorul U1. Impulsul dat de U1 deschide circuitul poarta P1, pentru un timp corespunzător trecerii unui sir de 16 pulsuri (cca $54\mu s$).

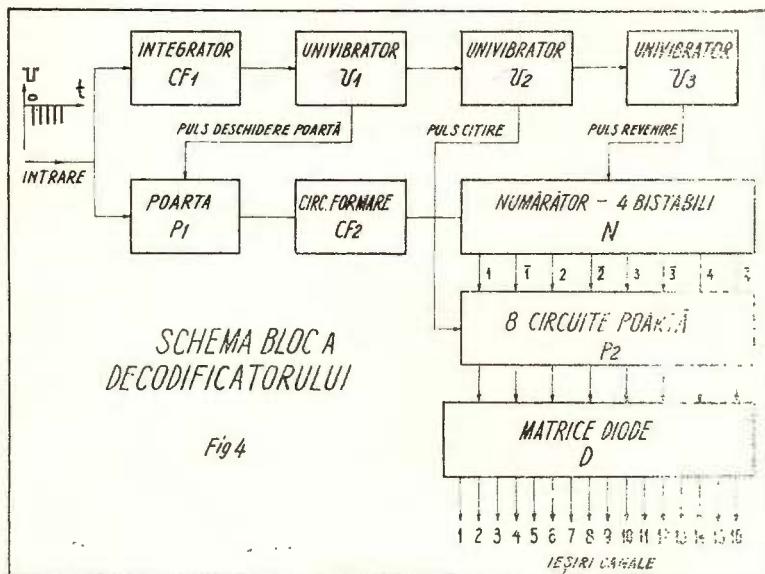


Fig. 3. — Schema bloc a decodificatorului.

Schéma bloc du décodeur.

Șirul de pulsuri care urmează a fi analizat trece prin poartă și prin circuitul de formare CF 2 și ajunge pe intrarea unui numărător rapid N format din 4 celule bistabile, care „memorează”, în cod binar, numărul de pulsuri din sir.

După $54\mu s$ poarta se închide; frontul posterior al impulsului de comandă al porții declanșează univibratorul U2, care deschide pentru cca $12\mu s$ circuitele poartă P2, permitînd trecerea informației „memorate” în numărător pe o matrice cu diode D. Aceasta funcționează ca decodificator binar-zecimal, asigurînd apariția unui impuls pe ieșirea numerotată corespunzător.

Frontul posterior al impulsului dat de U2 declanșează univibratorul U3 care readuce celulele de numărare în starea inițială, montajul fiind pregătit, astfel, pentru prelucrarea semnalului următor.

Blocul de afişaj este format din numărătoare decadice care măsoară timpul de înregistrare al unui număr prestabil de impulsuri, cu ajutorul unui cronometru cu relee cu consum redus (invenție a colaboratorului S. Jemna — certificat autor nr. 48398/1964).

Fiecare numărător este format din cîte 4 decade de numărare și 3 celule binare, dînd posibilitatea prestabilitării unui număr de 1, 2, 4, 8; $\times 10^2$, $\times 10^3$, $\times 10^4$ impulsuri.

Exemple de utilizare. Energiile radiațiilor gama ale radionuclizilor naturali acoperă intervalul: 0,035 MeV — 2,62 MeV; cele două energii extreme fiind ale Th — 231 (UY) — 0,035 MeV și respectiv ale Tl — 208 (ThC") — 2,62 MeV.

La măsurarea energiilor în teren, sau în alt strat emițător gros, elementul esențial care afectează formă spectrelor înregistrate este dispersia radiației gama. Datorită dispersiei, distribuția energiilor radiației din rocă este continuă, cu toate că radiația gama emisă de radioelemente are un spectru discontinuu.

Cercetările au arătat că efectul dispersiei este mai pronunțat în domeniul energiilor joase, dar se micșorează pentru energiile care depășesc 1 MeV astfel încît claritatea spectrelor înregistrate în domeniul 1 MeV — 2,62 MeV devine satisfăcătoare. Din aceste motive, spectrometrul s-a putut utiliza pentru măsurători în intervalul energetic cuprins între 1,3 și 2,62 MeV.

Figurile 4 și 5 prezintă exemple de spectre înregistrate cu instalația de laborator cu 32 de canale. În fig. 4 sunt prezentate spectrele obținute pentru o probă model de K cu concentrația 2,5%, o probă model de Ra (Ra în echilibru cu descendenții) cu o concentrație de $1 \cdot 10^{-10}$ % și o probă model de Th (Th în echilibru cu descendenții) cu o concentrație de $7 \cdot 10^{-4}$ %; cele trei concentrații sunt echivalente cu cîte un clark.

În spectrele prezentate se evidențiază picurile corespunzătoare energiilor pentru care radiația gama are intensitatea relativă mai mare decât cîteva procente. Astfel, pentru familia uraniului se deosebesc picurile produse de Bi — 214 (RaC): la 1,76 MeV, unde intensitatea relativă a radiației gama este de 23,9% și la 2,2 MeV, unde intensitatea relativă este de 8,6%; picul de la 2,42 MeV cu intensitatea relativă 2,5%, se distinge numai pe proba de fosforit cu mult rădiu din fig. 5.

Pentru familia toriului sunt proeminente picurile produse de radiația gama a Bi — 212 (ThC) cu energiile de: 1,61 MeV — intensitate relativă 3,4% —, 1,81 MeV — intensitate relativă 3,9% și 2,2 MeV — intensitate relativă 1,5%. Se mai deosebesc picurile produse de radiația



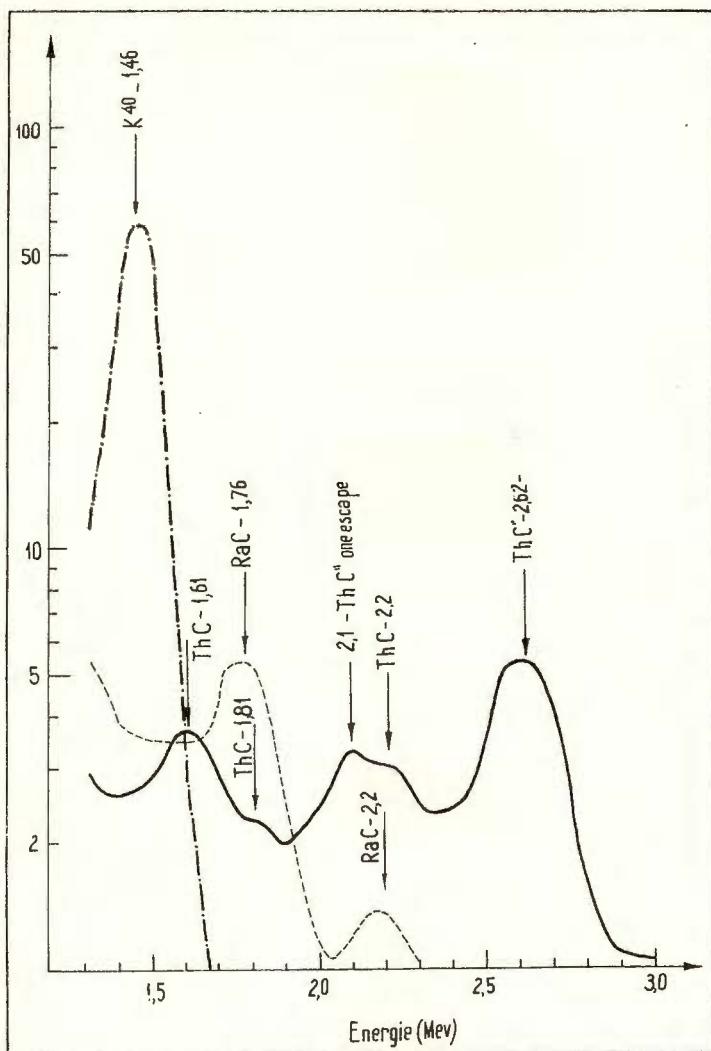


Fig. 4. — Spectrele gama diferențiale ale modelelor monocomponente cu o concentrație de Ra, Th, K de un clark-Geometrie 30%; grosime strat emițător 3 cm; cristal NaI(Tl) — 80 × 100 mm; lățime canal 3%.

Spectres gainma différentiels des modèles monocomposants avec la teneur en Ra, Th, K d'un clark-Géométrie 30%; épaisseur de la couche émettante 3 cm; cristal NaI(Tl) — 80 × 100 mm; largeur du canal 3%.

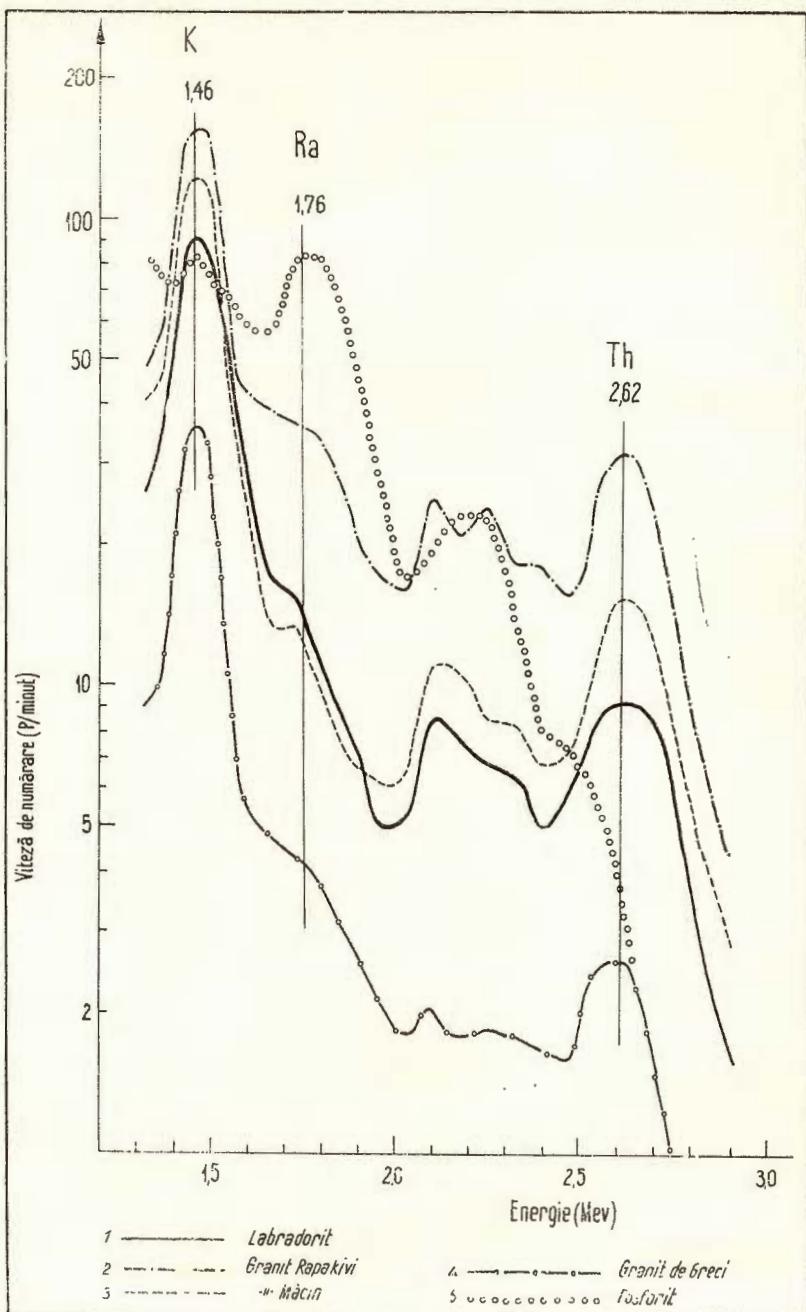


Fig. 5. — Spectrele gama diferențiale măsurate pe cîteva probe de rocă.
Spectres gamma différentiels mesurés sur quelques échantillons de roches.

gama a $Tl - 208$ (ThC'') la 2,62 MeV, unde intensitatea relativă este 32,3%.

Potasiul se evidențiază prin picul K^{40} de la 1,46 MeV.

Cind energiile cuantelor gama studiate depășesc 1,022 MeV, apare și efectul formării de perechi electron-pozitron. Se distinge de aceea, la energia de 2,1 MeV — în spectrul familiei toriuului — un pic corespunzător scăparei uneia dintre cuantele de anihilare, din cristalul de NaI (one escape peak) — picul de absorbție totală găsindu-se la 2,62 MeV.

În figura 5 se prezintă spectrele obținute pentru cinci probe de rocă, care au conținuturi diferite de radioelemente. Din analizarea spectrelor prezentate reiese că rezoluția ansamblului de măsurare este bună, astfel încit se pot face atât aprecieri calitative cât și determinări cantitative. Pe figura 5 s-au marcat liniile energetice pentru care s-au efectuat interpretări calitative și determinări cantitative, pentru concentrațiile de Th, Ra și K — spectrele fiind corectate prin scăderea fondului instalației. Se remarcă lipsa toriuului și cantitatea scăzută de potasiu din proba de fosforit. Celelalte roci conțin toate, K, Ra și Th, în cantități și raporturi diferite. Pentru determinările cantitative s-au utilizat fie scăderea succesivă a trenelor Compton fie rezolvarea unui sistem de trei ecuații cu trei necunoscute. Parametrii necesari acestor determinări s-au extras din spectrele modelelor monocomponente (fig. 4).

Figura 6 prezintă un exemplu de aplicare a măsurătorilor spectrometrice pe teren. S-au efectuat determinări de concentrații absolute, în scopul elucidării naturii unei anomalii de minim, pusă în evidență printr-o cartare gama pentru hidrocarburi. Anomalia se găsește în zona terasei unui rîu. Trebuie stabilit dacă anomalia este produsă de o schimbare de litologie sau de efectul de spălare al rîului. Măsurătorile au demonstrat că minimul radiometric se datorează atât scăderii concentrației de U (solubil) cât și celei de Th (insolubil). În consecință s-a opinat pentru un efect litologic. Pentru verificarea determinărilor, s-a calculat cîmpul gama global, prin însumarea aportului concentrațiilor de Th, Ra și K — cu ponderile respective. Cîmpul calculat se suprapune satisfăcător celui măsurat direct.

În figura 7 se prezintă un exemplu, similar, de descompunere a cîmpului gama global. Măsurătorile s-au executat în laborator pe probe de sol colectate la suprafața zăcămîntului petrolifer Ticleni. Pentru verificarea rezultatelor s-a utilizat aceeași metodă. Se observă că, în acest caz, anomalialele cîmpului gama global sunt determinate de variațiile — asemănătoare — ale conținutului de Ra și Th; variația diferită a conținutului de K atenuază numai în mică măsură influența radiului și toriuului.



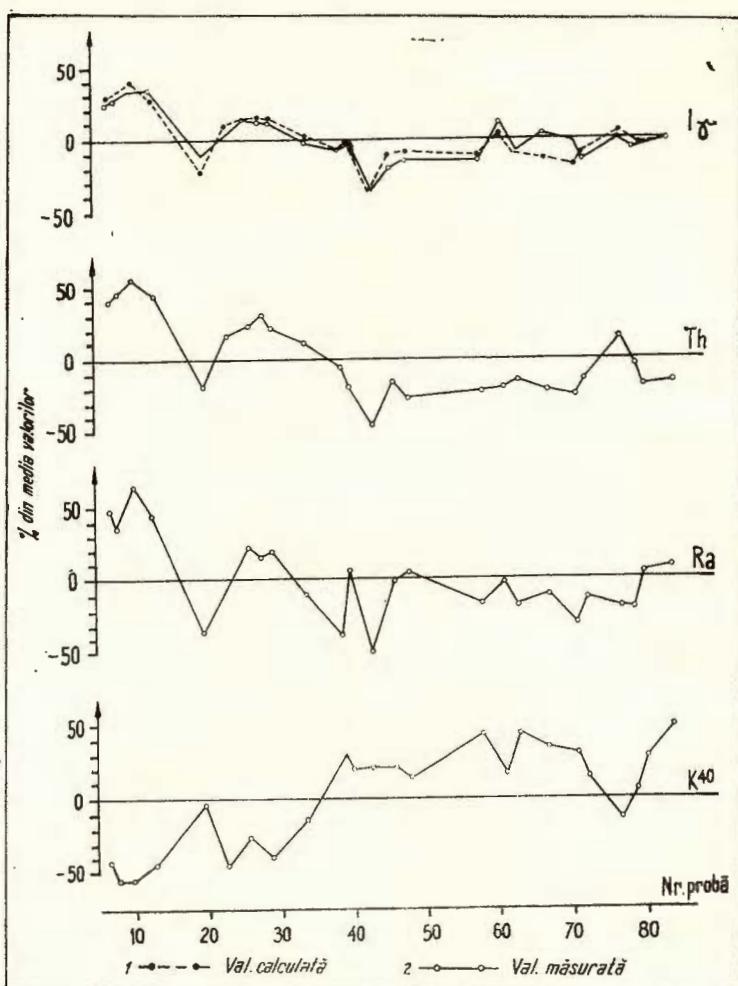


Fig. 6. — Concentrațiile de radioelemente determinate prin spectrometrie gama de teren în dreptul unei anomalii radiometrice și comparația între cimpul gama calculat și cel măsurat.

Teneurs en radioéléments déterminées par la spectrométrie gamma en terrain au droit d'une anomalie radiométrique et comparaison entre le champs gamma calculé et celui mesuré.

Ansamblul rezultatelor obținute, în laborator și pe teren, permite să se afirme că, spectrometrul este utilizabil în toate cazurile în care distribuția uraniului, toriului sau potasiului reprezintă un factor caracteristic în urmărirea unei probleme geologice. Măsurători se pot efectua fie pentru determinări de concentrații absolute fie pentru aprecieri calitative.

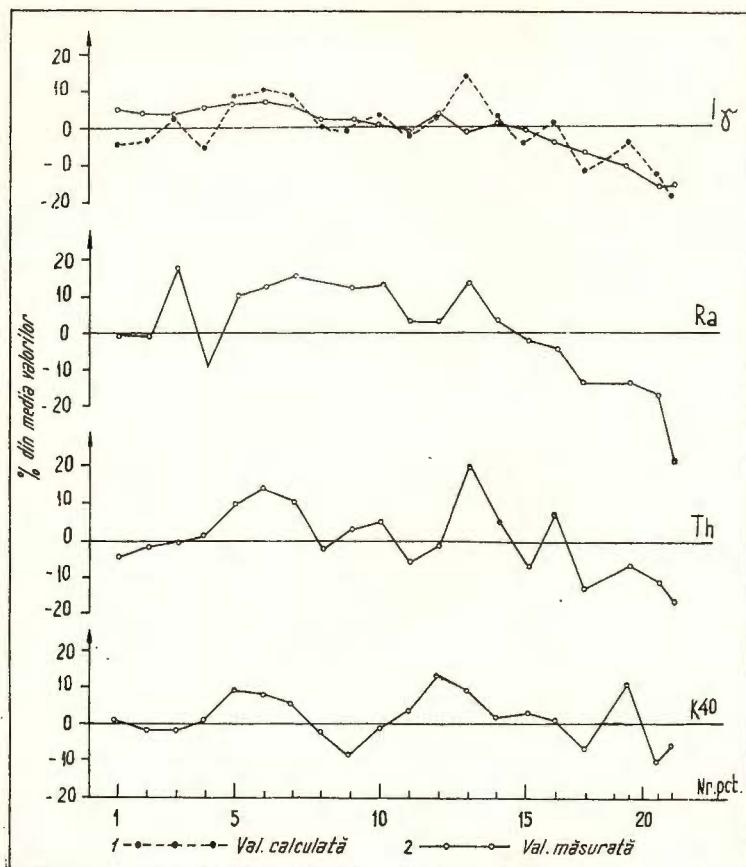


Fig. 7. — Concentrațiile de radioelemente pe un profil deasupra zăcămîntului petrolifer Ticleni, determinate prin spectrometrie gamma de laborator și comparația între activitatea gama globală calculată și cea măsurată.

Teneurs en radioéléments concernant un alignement surmontant le gisement pétrolier de Ticleni, identifiées par la spectrométrie gama de laboratoire et comparaison entre l'activité gamma globale calculée et celle mesurée.

Utilizarea spectrometrului pe teren permite efectuarea unui număr mai mare de determinări decât cel posibil în laborator în același interval de timp — vitezele de numărare fiind pe teren de 2–3 ori mai mari. Măsurarea pe teren permite separarea rapidă a zonelor reprezentative pentru problema urmărită, orientarea lucrărilor putându-se efectua în funcție de rezultatele obținute.

BIBLIOGRAFIE

- Barton J. C. (1962) Simple Logarithmic Pulse Height Analyser. *Nuclear Instr. Meth.* 16. Amsterdam.
- Matalin L. A., Ciubarov S. I., Ivanov A. A. (1964) Mnogokanal'nye analizatory iadernoi fiziki. *Atomizdat*. Moscow.
- * * (1963) Circuite cu tranzistoare in industrie. Proiectare. Scheme. I.; lucrare elaborata de un colectiv de autori coordonat de Felea I. Ed. tehnica. Bucuresti.
- Veazemski V. O., Lomonosov I. I., Pisarevskii A. N., Protopopov H. V., Ruzin V. A., Teterin E. D. (1961) Sintillatiionni metod v radionmetrii. *Gosatomizdat*. Moscow.

SPECTROMÈTRE GAMMA À 16 CANAUX POUR LES PROSPECTIONS RADIONIÉTRIQUES

(Résumé)

Afin d'étudier les anomalies radioactives et de déterminer les teneurs en Ra, Th et K⁴⁰ par des mesures „in situ” on a construit un spectromètre gamma à scintillations avec 16 canaux, portable et transistorisé.

L'appareil est constitué d'un traducteur à scintillations, d'un analyseur multicanal formé par un convertisseur analogique-numérique et un système de décodage, un système d'affichage et un bloc d'alimentation (fig. 1).

Le traducteur à scintillations est un cristal de NaI(Tl) ayant un diamètre de 100 mm et une hauteur de 80 mm, attaché à un photomultiplicateur 54 AVP.

La résolution du système est d'environ 12% mesurée sur la raie Cs¹³⁷ (661 KeV). La conversion analogique-numérique s'effectue dans l'étage qui suit au photomultiplicateur, de manière qu'on a pu renoncer au système classique de transmission des impulsions par la chaîne : pré-amplificateur-amplificateur linéaire. Ainsi la construction est-elle simplifiée et la stabilité du fonctionnement améliorée.

Le convertisseur analogique-numérique (voire pl.) a une caractéristique logarithmique, il présente donc des canaux à largeur relative constante. Son fonctionnement est basé sur le comportement d'un circuit oscillant couplé directement avec l'anode du photomultiplicateur (Barton, 1962).



Le système utilisé, en même temps que l'avantage d'une principe de construction très simple, assure une stabilité très bonne pour la largeur des canaux, largeur qui est déterminée par les paramètres d'un circuit oscillant à éléments passifs (LC) paramètres qui peuvent être très stables.

Le décodeur (fig. 3) assure les fonctions logiques qui permettent l'analyse des signaux fournis par le convertisseur analogique-numérique, en livrant sur ses 16 sorties les impulsions, correspondant aux 16 canaux avec lesquels on mesure le spectre.

Le bloc d'affichage est constitué de plusieurs échelles de comptage dont l'affichage se fait sur des chronomètres avec des relais à consommation réduite.

Dans les figures 4 et 5 on présente des exemples de spectres. Ils ont été obtenus sur des modèles de K, Ra et Th en équilibre avec leurs descendants ayant la concentration d'un clark ($2,5\%$; $10^{-10}\%$ et $7 \cdot 10^{-4}\%$) concernant plusieurs sortes de roches : labradorite, granite de Rapakivi, Măcin et Greci et phosphorite. En terrain on utilise le spectromètre pour déterminer les teneurs en K, Ra et Th (fig. 6, 7).

Dans l'ensemble, les résultats obtenus nous permettent d'affirmer que le spectromètre est utilisé dans tous les cas où la distribution de l'uranium, thorium ou potassium représente un facteur caractéristique dans la poursuite d'un problème géologique.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

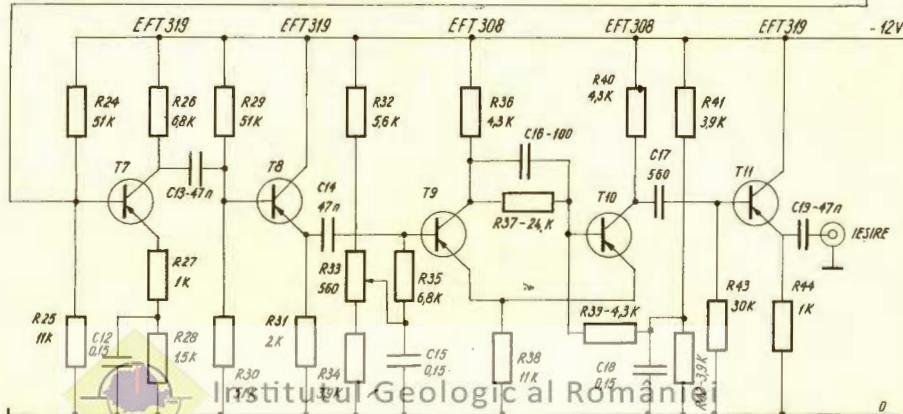
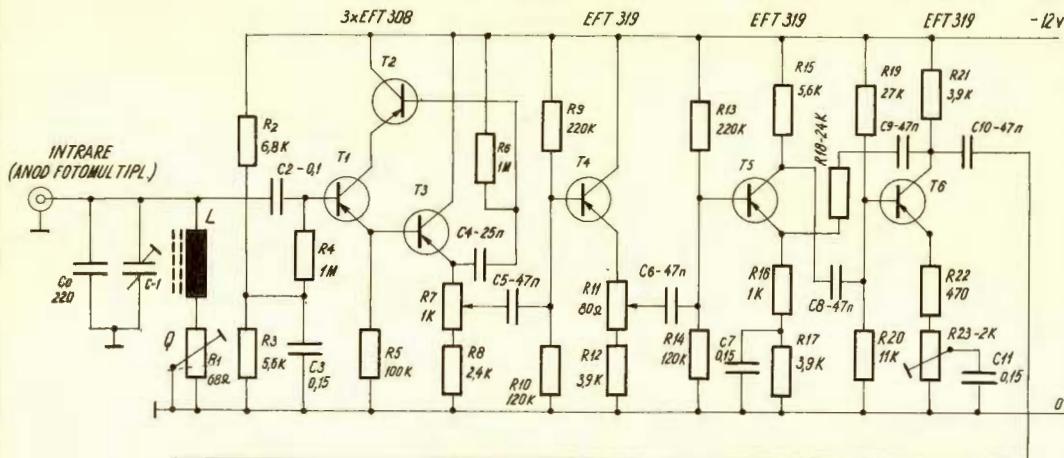
Convertisseur analogique-numérique. Schéma de principe.





Institutul Geologic al României

CONVERTER ANALOG-DIGITAL SCHEMA DE PRINCIPIU



Redactori: MARGARETA PELTZ, LIGIA FOTE
Tehnoredactori și corectori: ALUNA ZUGRĂVESCU, ELEONORA
SPĂNOCHE, LIVIA DIACONU
Traducători: MARGARETA HÂRJEU, MARIANA SAULEA
Ilustrația: V. NITU

Dat la cules: oct. 1969. Bun de tipar: sept. 1970. Tiraj: 950 ex. Hîrtie
scris I A. Format 70 × 100/56. Coli de tipar: 18 $\frac{3}{4}$. Comanda: 401. Pentru
biblioteci indicele de clasificare 55(068).

Intreprinderea poligrafică „Informația”, str. Brezoianu nr. 23 – 25, București
România.



Institutul Geologic al României



Institutul Geologic al României