

GEOELEKTRIČNE RAZISKAVE BOKSITNIH NAHAJALIŠČ

Janez Lapajne

S 3 skicami med tekstom

Povzetek

Manjša rudna telesa je mogoče z geofizikalnimi metodami neposredno ugotavljati le v sorazmerno majhnih globinah. Včasih je prisotnost oziroma nastanek rudnega telesa v taki meri povezan z nastankom ali spremembo plasti, ki ležijo nad njim, da se opazno spremenijo povprečne fizikalne lastnosti krovnine. Z merjenjem sprememb določene fizikalne količine, ki jih povzročijo plitvo ležeče kamenine neposredno nad rudnim telesom, moremo zato v ugodnih pogojih »posredno« ugotavljati ta telesa. Na območju Karojbe v Istri smo leta 1966 raziskovali boksitna nahajališča po geoelektrični metodi navidezne specifične upornosti. Pri tem smo posredno ugotovili 19 boksitnih teles.

UVOD

Iskanje rudnih teles in kraških jam pod zemeljskim površjem je pogosta naloga geofizikalnih raziskav. Pri ugodnih geometrijskih pogojih — velikost telesa in oddaljenost od površja — in dovolj veliki razliki med fizikalnimi lastnostmi iskanega objekta in obdajajočih kamenin je mogoče postavljeno nalogo reševati »neposredno«. Termin »neposredno« pomeni, da povzroči rudno telo ali jama v globini merljivo spremembo (anomalijsko) fizikalne količine; pomembno je to, da povzroči spremembo iskano telo samo, ne pa morda plasti, ki ležijo nad njim.

Uporabna sprememba določene fizikalne količine mora ustrezati naslednjemu pogoju:

$$\frac{\Delta U}{U} > 2\delta.$$

Pri tem pomenijo:

U — izmerjena fizikalna količina, ΔU — sprememba fizikalne količine zaradi prisotnosti rudnega telesa, δ — relativna merska napaka.

Za iskanje raznih teles v globini se kot poceni metoda pogosto uporablja profiliranje po geoelektrični metodi navidezne specifične upornosti. Me-

toda temelji na razlikah v specifični električni upornosti kamenin. Specifična upornost rudnih teles je običajno precej nižja od specifične električne upornosti obdajajočih kamenin. V diagramu navidezne specifične upornosti bo torej rudno telo povzročilo znižanje vrednosti. Prazne kraške jame imajo praktično neskončno specifično upornost in bodo zato povzročile zvišanje navidezne specifične upornosti. Z vodo ali glino zapolnjene jame bodo povzročile podobne spremembe kot rudna telesa, ker imata voda in glina sorazmerno nizko specifično električno upornost.

Rudna telesa je mogoče neposredno ugotavljati le v sorazmerno majhnih globinah. Pri Wennerjevi razvrstitvi elektrod je pri ugodnem elektrodnem razmiku sprememba navidezne specifične upornosti komaj dobrih 10 %, če leži okroglo rudno telo v globini — razdalja od površja terena do središča rudnega telesa —, ki je enaka premeru krogle. Globlje ležečih teles praktično ni več mogoče ugotoviti neposredno, kyr je pri metodi navidezne specifične upornosti merska napaka okoli 5 %. Pri zelo razgibanem in nehomogenem terenu spremembe 10 % ne moremo niti kvalitativno vrednotiti.

Kljub temu pa je včasih vseeno mogoče ugotavljati tudi manjša in globlje ležeča telesa. Prisotnost oziroma nastanek rudnega telesa je namreč lahko v taki meri povezan z nastankom ali spremembo plasti, ki ležijo nad njim, da se opazno spremenijo tudi povprečne fizikalne lastnosti krovnine. Z merjenjem sprememb določene fizikalne količine, ki jih povzročijo plitvo ležeče kamenine neposredno nad rudnim telesom, moremo torej v določenih pogojih »posredno« ugotavljati ta telesa.

PRAKTIČEN PRIMER POSREDNEGA UGOTAVLJANJA RUDNIH TELES

Na območju Karojbe v Istri je Geološki zavod iz Ljubljane leta 1966 raziskal boksitna nahajališča. Geološki študiji ozemlja in boksitov so sledile geofizikalne raziskave. Pravilnost geoloških in geofizikalnih predpostavk pa smo takoj nato kontrolirali z vrtnjem.

Geologija boksitnih ležišč v Istri

Boksiti v Istri se nahajajo v žepih krednega apnenca, njihova krovčina pa je eocenski apnenec. Prvotno ravne krovninske plasti so se pozneje zaradi diageneze jerine v boksit in s tem združenega zmanjšanja prostornine skledasto upognile. Eocenski apnenec pokriva kredni apnenec severno od črte Umag—Labin, južno od te geološke meje pa se nahajajo manjše krpe erozijskih ostankov eocenskega apnenca (sl. 1).

Geoelektrične raziskave

Ker je specifična električna upornost boksitov znatno manjša od specifične upornosti apnenca, je bilo profiliranje po metodi navidezne specifične upornosti primerna raziskovalna metoda. Ugotovili smo naslednje vrednosti specifične električne upornosti:



Sl. 1. Situacija raziskanega območja pri Karojbi

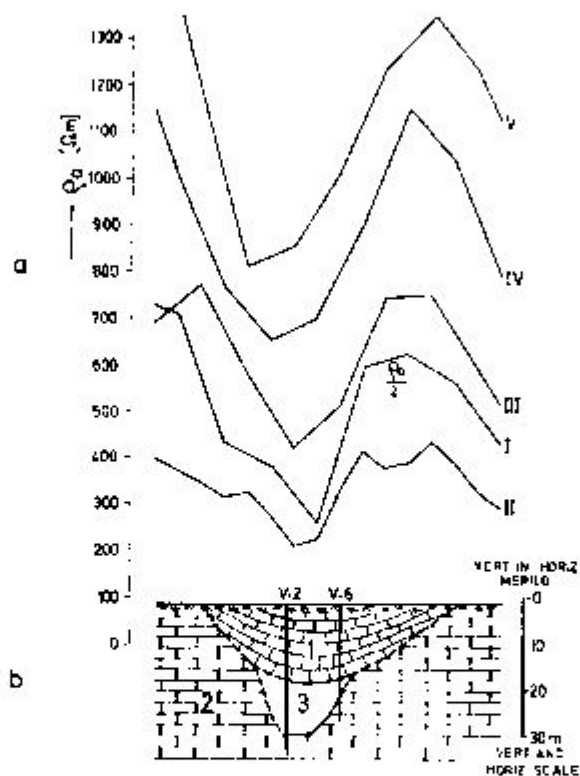
Fig. 1. Location map of the Investigated Area at Karojba

kredni in eocenski apnenec	1000 do 3000 ohm m
boksit	100 do 300 ohm m
glina, humus, jerina, lapor, voda	10 do 100 ohm m.

Pregled že ugotovljenih boksitnih teles pod krpami eocenskega apnenca je pokazal, da boksita v takšnih geoloških razmerah povetini ni mogoče neposredno ugotavljati, ker so boksitni žepi premajhni oziroma leže pregloboko. Zato smo merili najprej poskusno nad že ugotovljenimi boksitnimi telesi. Slika 2 kaže rezultate teh meritev nad boksitnim telesom, ki leži pod eocensko krpo. Meritve smo izvedli z elektrodo razvrstitvijo po Schlumbergerju (z enim elektrodnim razmikom) ter razvrstitvijo po Wennerju (s štirimi elektrodnimi razmiki). Čeprav povzroči samo boksitno telo spremembo, ki je manjša od merske napake, je na vseh diagramih jasno izraženo znižanje navidezne specifične upornosti.

Podobne rezultate smo dobili tudi na drugih ležiščih. Dobljene anomalije je bilo mogoče pripisati samo eocenski krovlini. Debelina eocenskih plasti je navadno nad boksitnimi telesi nekoliko večja kot drugje, vendar samo to ne bi moglo povzročiti večjih sprememb navidezne specifične

upornosti, ker med specifično upornostjo eocenskega (če ni lapornat) in krednega apnenca ni bistvenih razlik. Važno je to, da je krovina nad boksitnimi telesi skledasto upognjena in zato bolj vlažna, ker zadržuje vodo tanke plasti laporja, ki se nahajajo med posameznimi plastmi eocenskega apnenca. Vodni režim je okoli boksitnih teles in predvsem nad njimi drugačen kot drugje tudi zato, ker je boksit vododržan, če pa je prsten, zadržuje precej vlage. Poleg tega so eocenske plasti pri upogibanju ne-



Sl. 2. Rezultati poizkusnih geoelektričnih raziskav na krpi eocenskega apnenca
 a Diagrami navidezne specifične upornosti ρ_a , I Schlumbergerjeva razvrstitev AB = 70 m, MN = 10 m, II Wennerjeva razvrstitev $a = 10$ m, III Wennerjeva razvrstitev $a = 20$ m, IV Wennerjeva razvrstitev $a = 30$ m, V Wennerjeva razvrstitev $a = 40$ m
 b Vertikalni prasek raziskanega terena, 1 Eocenski apnenec, 2 Kredni apnenec, 3 Boksit, V-2 in V-6 vrtni

Fig. 2. Results of the Experimental Investigations on the Eocene Limestone Remnant

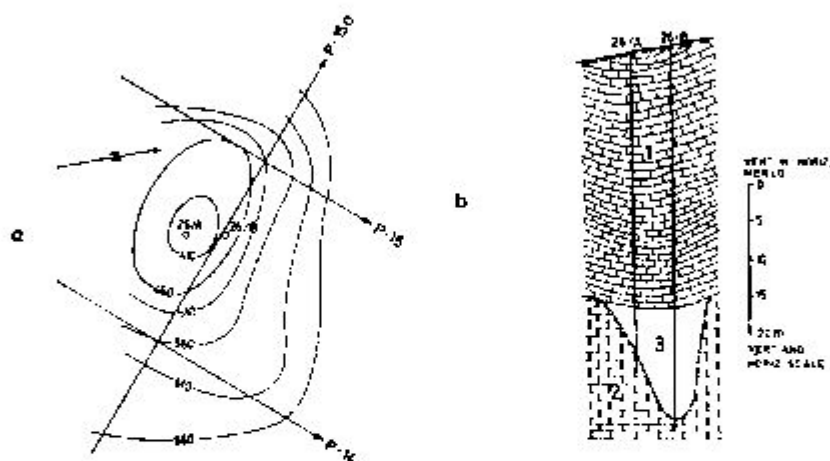
a Diagrams of apparent resistivities ρ_a , I Schlumberger configuration AB = 70 m, MN = 10 m, II Wenner configuration $a = 10$ m, III Wenner configuration $a = 20$ m, IV Wenner configuration $a = 30$ m, V Wenner configuration $a = 40$ m

b Vertical section of the investigated area, 1 Eocene limestone, 2 Cretaceous limestone, 3 Bauxite, V-2 and V-6 Bore-holes

koliko razpokale, razpoke pa je kasneje zapolnil nizkouporni material — glina. Vlaga, lapor in glina znižajo upornost eocenskega pokrova nad boksitnim telesom. Eocenski pokrov povzroča sam ali skupaj z boksitnim telesom znatno znižanje navidezne specifične upornosti.

Na podlagi takšnega posrednega ugotavljanja smo na 1,5 km² velikem raziskovanem območju pri Karojbi izbrali za vrtnje 75 lokacij. Z vrtnjem smo na 19 lokacijah našli boksit, na ostalih pa le glino, ali pa so bile skledaste strukture brez gline in boksita. Slepe anomalije so prispevali tudi lapornati apnenec, humus, jerina ter težko izločljivi topografski vplivi.

Vsa boksitna telesa so bila tako globoko, da niso bila zaznavna neposredno. Na sl. 3 je prikazana ena od 19 pozitivnih lokacij s profili in karto izoohm v tlorisu ter prerezem skozi boksitno ležišče v narisu.



Sl. 3. Rezultati geoelektričnih raziskav pri Karojbi.

- a) Karta izoohm: izollnije v ohm m, P merski profili, 26/A in 26/B vrtini.
 b) Vertikalni preseki raziskanega terena. 1 Eocenski apnenec, 2 Kredni apnenec, 3 Boksit

Fig. 3. Results of the Geoelectrical Investigations at Karojba

- a) Lines of equal apparent resistivities, in Ohm m, P — measured profiles, 26/A and 26/B Bore-holes. b) Vertical section. 1 Eocene limestone, 2 Cretaceous limestone, 3 Bauxite

Glede na veliko število faktorjev, ki vplivajo na kraških terenih na merske rezultate podobno kot boksitna telesa, so rezultati geoelektričnih raziskav povsem zadovoljivi, saj je imela vsaka četrta vrtana lokacija boksit.

Raziskave na boksitih so tudi lep primer usklajanja geoloških in geofizikalnih raziskav, ki je nujno za pravilno izbiro raziskovalne metode ter za razlago in vrednotenje terenskih podatkov.

GEOELECTRICAL EXPLORATION OF BAUXITE DEPOSITS

Junez Lapajne

With 3 textfigures

Smaller bauxite deposits can be directly ascertained by geophysical methods only in the case if they are situated in relatively shallow depths. Sometimes however the presence or origin of bauxite bodies is connected with the origin or change of the overlying beds to such an extent, that the average physical properties of the hanging wall are considerably changed. In such favourable conditions the bauxite bodies can therefore be recorded indirectly by measuring changes of certain physical quantities caused by shallow lying rocks immediately above the bauxite bodies.

A PRACTICAL EXAMPLE OF INDIRECT INVESTIGATION OF BAUXITE ORE BODIES

In 1968 the Geološki Zavod Ljubljana investigated bauxite occurrences in Karojba area, Istria. The geological and geophysical suppositions were immediately checked by exploration drilling.

Geological Relations of Bauxite Deposits in Istria

In Istria bauxites occur in pockets in the Cretaceous limestone. Their hanging wall is Eocene limestone. Primarily level, the overlying beds now show characteristic plate-shaped depressions, due to shrinkage of volume of terra rossa during its diagenetic alteration into bauxite. The Cretaceous limestone is covered by Eocene limestone north of the line Umag—Labin, while south of this line only erosion remnants of Eocene limestone occur (Fig. 1).

Geoelectrical Investigations

The electrical resistivity of the bauxite being considerably lower than that of the limestone, the measuring of apparent resistivities along profiles, using constant electrode spacing, seemed to be the most adequate investigation method.

The average resistivities are:

Cretaceous and Eocene limestone	1000 --- 3000 Ohm. m
Bauxite	100 — 300 Ohm. m
Humus, clays, terra rossa, marl, water	10 — 100 Ohm. m.

The survey of already discovered bauxite bodies below remnants of Eocene limestone has proved that under such geological conditions bauxite can generally not be directly proved by geoelectrical investigations, as the bauxite pockets either are too small or lie too deep. Therefore initial experimental investigations were carried out above the beds overlying the

bauxite bodies. Fig. 2 shows the results of these measurements, carried out on the Eocene limestone hanging wall of a bauxite ore body. The Schlumberger electrode configuration with one constant potential distance, and four Wenner configurations with different electrode distances were used. Although the bauxite body itself causes a change in apparent resistivity less than the average error of the measurement, all diagrams clearly show a decrease of the apparent resistivity above the ore body.

Similar results were obtained on other deposits as well. The anomalies could only be attributed to the Eocene limestone cover. The thickness of the Eocene limestone when over bauxite deposits is usually somewhat greater than elsewhere. However, this could not be the reason of greater changes in the apparent resistivity, as there is no essential difference between the specific resistivity of Eocene limestone, provided it is not marly, and the resistivity of the Cretaceous limestone. The author found the overlying beds in the plate-shaped depressions having an increased moisture content, as the thin marly intercalations in the Eocene limestone detain the moisture. The areas surrounding the bauxite bodies, and especially those above them, differ greatly in moisture content from elsewhere. Bauxite itself is impervious, but if it is earthy, it may contain much moisture. It has also been found that the Eocene layers fissured slightly during the bending and depression processes, the fissures being later filled by low resistivity materials, mainly by clay. Moisture, marl and clay reduce the specific resistivity of the Eocene cover above the bauxite ore bodies. Therefore the Eocene cover itself, or together with the bauxite body causes considerable decrease of the apparent resistivity.

After the indirect investigations have been carried out, 75 drilling sites were chosen in an area of 1.5 sq. km. at Karojba, Istria. By drilling, bauxite has been found on 19 sites, whereas on the other locations only clay or plate-shaped structures, containing neither bauxite nor clay, have been recorded. Blind anomalies were also due to marly limestone, humus, terra rossa, and topographical effects, that could hardly be eliminated. All bauxite deposits were so deep under the surface, that they were not perceived directly. Fig. 3 shows one of the 19 positive locations, with a map of lines of equal resistivities, position of the geoelectrical profiles, and a section through the bauxite body.

Regarding the great number of factors which effect the results of measurements on karstic terrains similarly as the bauxite bodies themselves do, the results of the geoelectrical investigations can be considered satisfactory, as bauxite was found on every fourth geoelectrical anomaly.

LITERATURA

Buser S., Lapajne J., Lukacs E. 1966-67, Poročilo o geološko-geofizikalnih raziskavah v okolici Karojbe (Istria), Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana.

R. G. Van Nostrand, 1953, Limitations on Resistivity Methods as Inferred from the Buried Sphere Problem, Geophysics, vol. 18, pp. 423-433.