

MARINKO OLUIĆ

AEROSNIMCI U BOJI KAO NOVI ELEMENAT U GEOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA BOKSITNIH LEŽIŠTA

S 3 tabele i 2 slike u tekstu i 1 tablom u prilogu

Aerosnimci u boji pokazali su se kao veoma uspješno sredstvo u otkrivanju boksitnih pojava-ležišta i rješavanju njihovih struktura.

Denzitometrijskim mjerenjem na aerosnimcima utvrđen je određen procenat karakterističnih boja i gustoće tona za boksit, koji se osjetno razlikuje od ostalih analiziranih jedinica, što čini vrijedan indikator u otkrivanju boksitnih pojava na aerosnimcima.

UVOD

Tokom nekoliko prošlih godina aerofotografiranje se razvilo u novi medij fotointerpretacije i fotogrametrije. U želji da se postignu što bolji rezultati u istraživanju metodom aeroprospekcije u novije vrijeme sve više se primjenjuju u geološkim istraživanjima, osobito detaljnijim istraživanjima na mineralne sirovine, različiti aerosnimci u boji.

Kao što je poznato, kod fotogeološke analize pankromatskih crno-bijelih i infracrvenih aerosnimaka (pozitiva) govorimo o različitim sivim tonovima. Međutim, kod aerosnimaka u boji, javlja se boja kao nova »dimenzija« koja omogućuje veću kvalitativnu interpretaciju.

Danas se koriste u geološkim istraživanjima dvije vrste aerofotografije u boji ili kolor aerofotografija: normalna kolor aerofotografija i infracrvena aerofotografija u boji ili tzv. »falš« kolor (False Color) aerofotografija. Kod normalne kolor aerofotografije registrira se dio elektromagnetskog spektra od približno 400–700 m μ . Objekti i pojave na Zemljinoj površini pojavljuju se na kolor aerosnimcima u svojim prirodnim bojama (uz izvjesna odstupanja, koja su uzrokovana prolaskom svjetlosnih zraka kroz atmosferu, spektralnom osjetljivosti kolor emulzija, kemijskim procesom razvijanja itd.). Normalni kolor film ima tri sloja osjetljiva za svjetlosne zrake: plavi, zeleni i crveni, a između njih postoji niz prijelaza, što daje veću mogućnost razlikovanja nijansi sadržaja snimka.

Kod infracrvenih aerofotografija u boji, ili »falš« kolor aerofotografija (ili spektrozonalnih aerofotografija), registrira se dio elektromagnetskog spektra od približno 500–900 m μ . Kod tih filmova nalaze se tri sloja osjet-

ljiva na elektromagnetski spektar (kod spektrozonalnih nalaze se dva sloja) i to: zeleni, crveni i infracrveni sloj. Zbog takve osjetljivosti na valno područje vidljivog dijela spektra i tzv. »bližeg« infracrvenog dijela elektromagnetskog spektra, objekti i pojave u prirodi pojavit će se na »falš« kolor aerosnimcima u posve drugim bojama od onih koje posjeduju u prirodi. Kod tih filmova boje su oštro odijeljene, pa ih se vrlo dobro može koristiti za prepoznavanje litoloških razlika i mineralnih pojava, zatim za utvrđivanje strukturnih elemenata itd. U sadašnje vrijeme upravo se kod nas vrše pripreme za aerofotosnimanja u toj tehnici (o rezultatima do kojih će se doći primjenom tih filmova biti će pisano naknadno).

Kod fotogeološke analize aerosnimaka u boji osnovni elemenat (kao i kod pankromatskih i infracrvenih fotograma) je ljudski razum, a tek onda dolazi iskustvo koje se preko oka ispoljava.

Aerosnimanje u boji najbolje je izvoditi u vrijeme izvan vegetacijskog perioda, tj. u rano proljeće i jesen, kako bi vegetacijski pokrov čim manje maskirao istraživano tlo. Cijene kolor aerofotografija su veće od pankromatskih fotograma. Prema nekim podacima kolor fotografije su skuplje 20–30% (Wolff, 1967), prema Meibergu (1966) one su skuplje 50–60%, dok prema našim podacima cijene različitih aerosnimaka u odnosu na pankromatske crno-bijele aerosnimke (P) za sada iznose približno: infracrvena (IC), kolor (K), falškolor (FK): P=1; IC=1,2; K=1,6, FK=1,7. Cijene u mnogome ovise o mogućnosti nabave fotomaterijala.

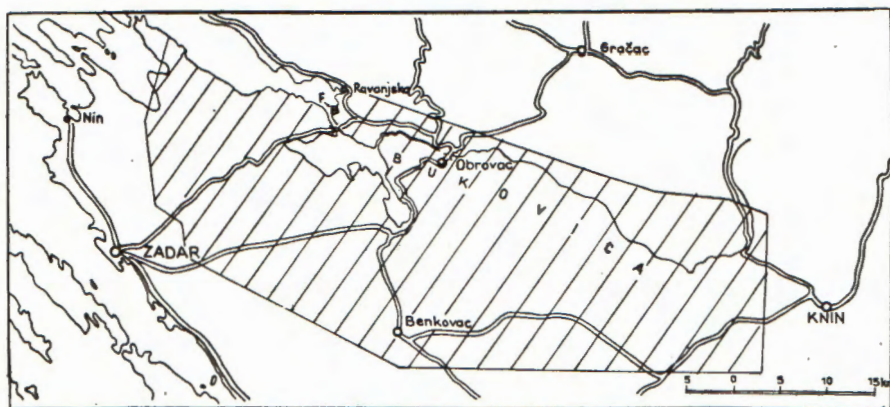
PRIMJENA AEROSNIMOKA U BOJI U ISTRAŽIVANJU BOKSITNIH LEŽIŠTA I NJIHOVIH STRUKTURA (NA PRIMJERU BUKOVICE)

Fotogeološka analiza je izvršena u području Bukovice (sjeverna Dalmacija) na prostoru od oko 1500 km² (sl. 1). Navedeno područje snimljeno je u jesen 1969. kamerom WILD RC-8 i univerzal-aviogon objektivom. Snimanje je izvršeno u crno-bijeloj i kolor tehnici s uzdužnim preklopom od 60% i poprečnim preklopom od 25%. Mjerilo kolor aerosnimaka je približno 1:8000, dok je mjerilo crno-bijelih aerosnimaka znatno sitnije i iznosi približno 1:35000.

Fotogeološka analiza je vršena paralelno na aerosnimcima u boji i pankromatskim crno-bijelim.

I na kolor-aerosnimcima omogućeno je trodimenzionalno posmatranje stereomodela i tako se mogu vršiti različita prostorna mjerenja i dešifriranja željenih podataka na stereomodelu.

Kao što je poznato, kod crno-bijelih aerosnimaka najznačajniji kriterij kod dešifriranja korisnih elemenata su različiti sivi tonovi i teksture. Međutim, kod kolor aerosnimaka spektar boja koji oni sadrže omogućava niz tonova, pa njihovo diferenciranje prema intenzitetu tona i vrsti boja daje



Sl. 1 Topografska skica fotogeološki istraženog područja (šrafirani prostor)
F – položajno mjesto priloženih fotograma

Fig. 1. Topographic layout of the area of photogeological research
(hatched spaces).
F—areas the photograms are made of.

mного veće mogućnosti razlikovanja pojedinih elemenata na kolor aerosnimcima, a time i veće mogućnosti dobivanja (dešifriranja) željenih podataka nego na crno-bijelim fotografijama.

Razgraničavanje litološkog sastava na kolor aerosnimcima je mnogo lakše i sigurnije nego na crno-bijelim fotogramima (sl. 2 i sl. 3 i 4 na tabli). Litološki sastav koji se u prirodi međusobno razlikuje po boji, na kolor aerosnimcima se gotovo vjerno preslikava. Zbog toga se na kolor aerosnimcima veoma dobro uočavaju razlike u boji kod pojedinih litoloških članova, kao npr. razlike između krednih vapnenaca, foraminiferskih vapnenaca, Promina naslaga i ležišta boksita (sl. 3 na tabli).

U vezi s uspješnim razlikovanjem litološkog sastava na kolor aerosnimcima, dobro se zapaža i položaj naslaga (pružanje i nagib slojeva). Rasjedni i pukotinski sistemi se također bolje zapažaju na kolor aerosnimcima, nego na crnobijelim (sl. 3 i 4 na tabli). Rasjedi se osobito dobro zapažaju na osnovi prekida litološkog kontinuiteta, vegetacije koja je redovito bujnija duž rasjednih linija koje se projiciraju na fotogramima, zatim pojavom krških formi (škrapa, vrtača) duž rasjednih linija itd. Na osnovi utvrđivanja navedenih strukturnih elemenata moguće je ispravno uočavanje strukturno-geoloških odnosa u ispitivanom terenu za koje su, uz povoljne litofacijske uvjete, vezane i pojave boksita. O tome je već opširnije pisano (Oluić et al., 1971).

U području Bukovice utvrđeno je da je većina boksitnih ležišta povezana sa strukturnim poremećajima (pretežno rasjednim). Ležišta boksita, naime, obično se nalaze duž jačih lomova čije su plohe najčešće jako strme ili pak na presjecištu rasjednih ploha (sl. 3 na tabli I).

Fotogeološka analiza kolor i crno-bijelih aerosnimaka izvršena je u kabinetu, time što je prethodno utvrđen fotogeološki ključ na terenu. Tako je na osnovi karakteristične boje i drugih fotogeoloških kriterija bilo moguće na kolor aerosnimcima dešifrirati boksitne pojave (ležišta), a često puta i utvrditi njihov strukturni položaj (sl. 2 i 3 na tabli I).

Na mjestima koja su prekrivena gustim raslinjem, gdje se nije mogla direktno zapaziti boksitna pojava, zaključivano je na njeno postojanje indirektnim putem. Od takvog mjesta naime, obično vode crveni tragovi od boksita koji su nastali uslijed kiša koje spiraju boksit iz svog primarnog ležišta, a oni se dobro uočavaju na kolor aerosnimcima (sl. 3 na tabli I). Na taj način bilo je moguće zapaziti gotovo svaku površinsku pojavu boksita. Usporedbom dešifriranih boksitnih pojava na kolor-fotogramima s detaljnim geološkim kartama utvrđeno je da mnoge boksitne pojave koje su registrirane na kolor fotogramima nisu bile zapažene ranijom terenskom prospekcijom. To je i razumljivo, kad se zna da je često puta dovoljno proći samo nekoliko metara od rudne pojave, pa da se ona ne uoči što se na kolor-aerosnimcima gotovo ne može desiti.

Sva mjesta registrirana na kolor aerosnimcima kao boksitno perspektivna (boksitne pojave), bila su terenski provjerena. Terenskom provjerom utvrđeno je da se na preko 90% takvih dešifriranih mjesta na fotogramima nalazi boksit ili crvenica (tera rossa).

Iz slike 3 (tabla I) vidljivo je da se boksit i različiti litostratigrafski članovi na kolor aerosnimcima javljaju u različitim bojama. Kako se svaka boja sastoji iz tri osnovne komponente, plave, zelene i crvene, to je moguće svaku boju razdvojiti na osnovne komponente i mjeriti zastupljenost svake od komponenti na određenom predmetu. Mjerenje zastupljenosti pojedinih komponenti boja moguće je vršiti na aerosnimcima (pozitivi) pomoću reflektiranog svjetla i na negativna, odnosno dijapozitivima u prolaznom svjetlu. Kod crno-bijelih aerosnimaka mjeri se stupanj zacrnjenja (gustoća zacrnjenja).

Aparati koji služe za mjerenje zastupljenosti pojedinih boja na kolor filmu i gustoće zacrnjenja fotografskih slojeva na crno-bijelom filmu, zovu se denzitometri. Naša mjerenja vršena su u prolaznom svjetlu na kolor i crno-bijelim aerosnimcima. Mjerenja su izvršena denzitometrom tipa MAC BETH - Quanta Log u NIP - Vjesniku. - Zagreb.

PRIKAZ REZULTATA MJERENJA

Za denzitometrijska mjerenja odabrana su polja na aerosnimcima na kojima su dešifrirani: boksit, Prominske naslage, foraminiferski vapnenci i gornjokredni vapnenci. Za svaku analiziranu jedinicu izvršeno je više mjerenja, a u priloženim tabelama 2 i 3 prikazani su rezultati mjerenja koji približno reprezentiraju analizirane jedinice. Mjerenje vrijednosti za određene boje u istoj analiziranoj jedinici variraju u manjim rasponima. Međutim, razlike kod pojedinih boja između različitih analiziranih jedinica su

vrlo uočljive (tabela 1). Usporedbom prosječnih mjerenih vrijednosti između različitih jedinica vidljivo je da su najveće razlike upravo između boksita i ostalih analiziranih jedinica (tabela 1).

Tabela - Table 1

Analizirane jedinice	Kolor dijapozitivi			Pankro. crnobijeli
	plava	žuta	crvena	gustoća tona
1 Boksit	0,75	1,36	0,78	0,87
2 Promina naslage	0,43	0,84	0,50	0,52
3 Foraminiferski vapnenci	0,31	0,64	0,37	0,35
4 Kredni vapnenci	0,67	0,92	0,70	0,64

Prikaz prosječnih mjerenih vrijednosti kod analiziranih jedinica
Average measured values in determined units.

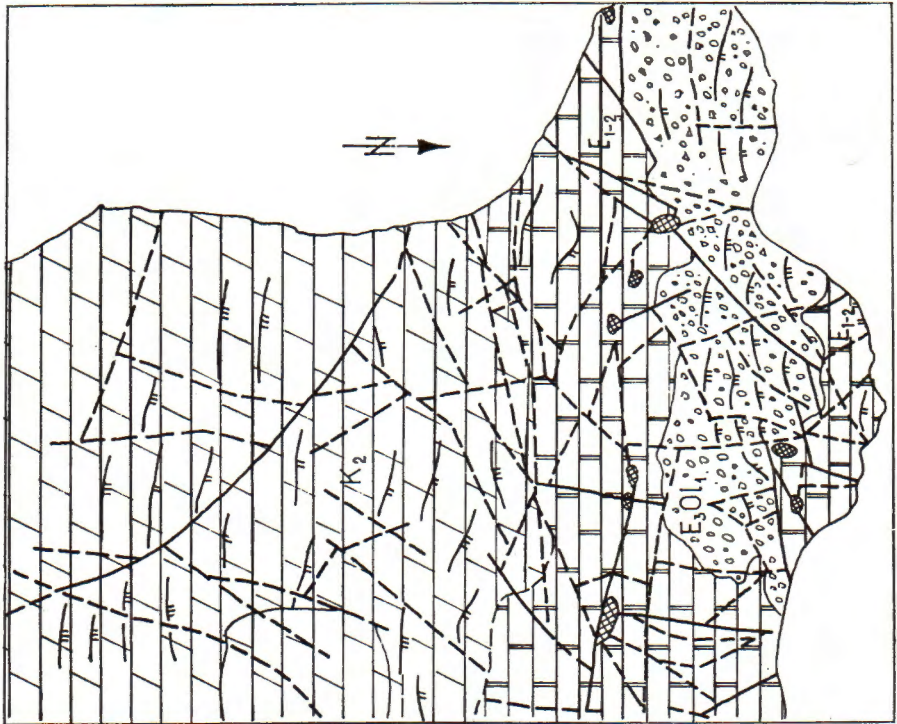
1. Boksit
Bauxite




Tabela - Table 2

Film-Filter		Kolor dijapozitiv			Pankro. crno-bijelo
Boja		plava	žuta	crvena	gustoća tona
Mjerna polja	1	0,96	1,44	1,03	1,04
	2	0,63	1,25	0,73	0,65
	3	0,85	1,36	0,71	0,90
	4	0,58	1,40	0,68	0,72
	5	0,72	1,34	0,72	1,04
Prosjek		0,75	1,36	0,78	0,87
u %		25,9	47,2	26,9	—

2. Promina naslage
Promina deposits

Mjerna polja	1	0,51	0,94	0,52	0,56
	2	0,40	0,88	0,50	0,42
	3	0,50	0,82	0,40	0,66
	4	0,32	0,84	0,52	0,43
	5	0,42	0,70	0,54	0,52
Prosjek		0,43	0,84	0,50	0,52
u %		24,3	47,5	28,2	—



- E_3O_1 Promina naslage (Promina deposits)
- E_{1-4} Foraminiferski vapnenci (Foraminiferous limestones)
- K_2 Gornjokredne naslage (Upper Cretaceous deposits)
-  Boksit (Bauxite)
- Geološka granica (Geological boundary)
-  Srednje strmi slojevi (Moderately tilted beds)
-  Strmi slojevi (Steep beds)
- Rasjed (Fault)
- Pukotina (Fissure)

Sl. (Fig.) 2. Geološka karta područja Rovanjске (Zadar), M cca 1 : 8000
 Geological map of the area Rovanjaska (Zadar), M cca 1 : 8000

3. Foraminiferski vapnenci
Foraminiferous limestones

Tabela – Table 3

Film-Filter		Kolor dijapozitiv			Pankro. crno-bijeli
B o j a		plava	žuta	crvena	gustoća tona
Mjerena polja	1	0,32	0,64	0,33	0,35
	2	0,37	0,58	0,35	0,42
	3	0,30	0,57	0,38	0,33
	4	0,28	0,68	0,42	0,33
	5	0,30	0,74	0,39	0,33
Prosjek		0,31	0,64	0,37	0,35
u %		23,5	48,5	28,0	—

4. Gornjokredni vapnenci
Upper Cretaceous limestones

Mjerena polja	1	0,72	0,84	0,70	0,52
	2	0,60	0,95	0,72	0,66
	3	0,73	0,88	0,60	0,62
	4	0,60	0,96	0,74	0,76
	5	0,71	0,97	0,72	0,62
Prosjek		0,67	0,92	0,70	0,64
u %		29,3	40,2	30,5	→

Tako npr. intenzitet žute boje mjeren kod boksita iznosi 1,36, a kod foraminiferskih vapnenaca svega 0,64. Gustoća tona (denzitet) također je kod boksita znatno povećana u odnosu na ostale mjerene jedinice. Stupanj zacrnjenja kod boksita iznosi 0,87, a kod foraminiferskih vapnenaca samo 0,35.

Karakteristično je da su, poslije boksita, kod krednih vapnenaca izmjerene najveće vrijednosti u intenzitetu mjernih boja i gustoći zacrnjenja (tabela 1). Također je karakterističan osjetno povećani sadržaj žute boje kod boksita u odnosu na ostale mjerene boje. Procenat izmjerene žute boje kod boksita iznosi 47,2%, crvene 26,9% i plave 25,9%.

ZAKLJUČAK

Aerosnimci u boji mogu se uspješno koristiti kod istraživanja strukturno-geoloških odnosa. Dešifriranje različitih geoloških podataka (razlikovanje litološkog sastava, utvrđivanje položaja naslaga, utvrđivanje rasjeda i pukotina) na njima je lakše i pouzdanije nego na crno-bijelim aerosnimcima.

Kod istraživanja boksitnih ležišta u području Bukovice na kolor aeronsnimcima bilo je moguće registrirati gotovo svaku površinsku pojavu boksita i često puta utvrditi njen strukturni položaj. Fotogeološkom analizom u području Bukovice utvrđena je veza između strukturnih poremećaja i pojavljivanja boksitnih ležišta. Tako se većina boksitnih ležišta nalazi uz rasjede ili na presjecištu više rasjeda ili pukotina.

Denzitometrijskim mjerenjima intenziteta pojedinih boja na kolor aeronsnimcima, na poljima na kojima je utvrđen boksit i u okolnim litološkim članovima (Promina naslage, foraminiferski vapnenci i kredni vapnenci), utvrđene su osjetne razlike između boksita i ostalih litoloških članova.

Mjerenjem stupnja zacrnjenja na crno-bijelim aeronsnimcima u boksitu i okolnim litološkim članovima također je utvrđeno da boksit ima osjetno veći stupanj zacrnjenja od ostalih litoloških članova.

Podaci koji se dobiju navedenim mjerenjima mogu korisno poslužiti kod istraživanja boksitnih ležišta metodom fotogeološke analize.

Primljeno 15. 4. 1972.

Geološki sektor
Industroprojekt — Zagreb
Zagreb, Šavska c. 88a

LITERATURA

- Meinberg, P. (1966): Die Landnutzungskartierung nach Pan.-Infrarot- und Farbluftbildern. Münchener Studien zur Sozial- und Wirtschaftsgeographie, 1, 2, Regensburg.
- Oluić, M., Haček, M. & Hanich, M. (1971): Fotogeološko-tektonska interpretacija šireg područja Bukovice (sjeverna Dalmacija). Geol. vjesnik, 24 (1970), 57-62, Zagreb.
- Steiner, D., Maurer, H. & Kilchenmann, A. (1966): Quantitative Auswertung von Farb-Luftbildern zur Identifizierung landwirtschaftlicher Kulturen. Bildmessung und Luftbildwesen, 2, 47-56, Karlsruhe.
- Wolff, G. (1967): Die Farbe als neues Element bei der Luftbilderkundung intensiv bewirtschafteter Wälder. Arch. Forstwes 16, 6/9 923-926, Berlin.

M. OLUIĆ

COLOUR AEROPHOTOGRAMS — A NOVELTY IN GEOLOGICAL RESEARCH FOR BAUXITE BEDS

Beside the aerophotograms made on panchromatic black & white film, colour aerophotograms have been applied recently in geological research.

As it is well known, when speaking about the panchromatic black & white and infrared photograms, the word is about different gray shades. In the case of colour aerophotograms the colour is a new factor which renders possible a more reliable and better photogeological interpretation.

Colour aerophotograms M 1:10000, that were the subject of our photogeological interpretation, cover a total area of 1500 km² of Bukovica (Northern Dalmatia) (panchromatic black-white photograms M 1:35000 were interpreted simultaneously).

The essential that was to be obtained through the research was the determination of structural-geological relationships, and the determination of bauxite beds together with their structural position.

The comparison between the photogeological interpretation and the existing geological documentation has proved that the application of this method has yielded precious new data on structural geology. The photogeological interpretation has brought to daylight even those bauxite occurrences which had been discovered by previous field research.

The interpretation of the structural-geological data and of the determined bauxite occurrences has resulted in the correlation between the tectonic disturbances and the bauxite occurrences. This means that if favourable facies with a particular lithologic aspect exists, most of bauxite occurrences develop close to greater faulting dislocations.

Hence, almost all the superficial bauxite occurrences were registered by colour aerophotograms, and later verified in the field. Field prospection has proved 90% of interpreted spots on aerophotograms to indicate bauxite occurrences or terra rossa.

Densitometric measurements in transmitted light of the tone density on black & white photograms, and of the colour intensity on colour photograms, have discovered great discrepancies between the values obtained on spots where bauxite occurs and those obtained in adjacent rocks. For instance, the intensity of the yellow colour obtained for bauxite was 1.36 and in foraminiferous limestones 0.64. The tone density obtained for bauxite was 0,87 and for the foraminiferous limestones 0,35.

The yellow colour contents on bauxite colour photograms is much higher than the contents in other colours, i.e. yellow – 47.2% red 26,9%, blue 25.9%.

The above mentioned data may be well used in the laboratory determination of bauxite occurrences on aerophotograms.

Received 15th april 1972.

*Geological Sector
Industroprojekt – Zagreb
Zagreb, Savska c. 88a*

TABLA – PLATE I

3 Aerosnimak u boji područja Rovanske (Zadar), M cca 1:8000
Color aerophotogram of the area Rovanska (Zadar), M cca 1:8000.

4 Pankromatski crno-bijeli aerosnimak istog područja kao kod sl. 3, M cca 1:8000
Panchromatic black & white aerophotogram of the same area M cca 1 : 8000

Aerofoto: VGI – Beograd, 32–13

