

Recentni tektonski pokreti u području drenažnog bazena Žirovnice utvrđeni metodom »Izodefa«

Milan Kekuš*

U ovom su radu metodom »izodefa« utvrđene specifične karakteristike recentnih tektonskih pokreta u području drenažnog bazena Žirovnice, kao i njihov utjecaj na suvremeno oblikovanje reljefa pojedinih dijelova istraživačkog prostora.

Ključne riječi: *drenažni bazen, morfo strukture, uzdužni profil vodotoka, teorijski analogon uzdužnog profila vodotoka, izolinije, anomalija, »izodefa«.*

Neotectonic and Recent Movements in the Region of the Žirovnica Drainage Basin, Determined by the »Isodepha« Method

In this work specific characteristics of recent tectonic movements in the Žirovnica drainage basin were determined, by a method of isodephs, and the influence of these movements on the current relief formation of particular parts in the investigated area.

Key words: *drainage basin, morphostructures, longitudinal profile of the river, theoretical analogue of the river longitudinal profile, isolines of anomaly, isodephs.*

Drenažni bazen Žirovnice dio je makromorfološke regije JZ krila zavale Sjeverozapadne Hrvatske i to njenog krajnjeg jugoistočnog dijela. Zauzima površinu od 370 km². Svojim najvećim dijelom ulazi u okvire mikromorfološke regije Dvorske zavale, a samo svojim manjim dijelom participira u okviru submorfoloških regija Zrinske i Trgovske gore (Sl. 1).

Istraživanje M. Oluić (1975), daje pregled osnovnih karakteristika geološkog i tektonskog sklopa područja. Rezultati u tome radu dobiveni su analizom satelitskih snimaka, te konzultacijom geofizičkih ispitivanja i stratimetrijskih mjerenja.

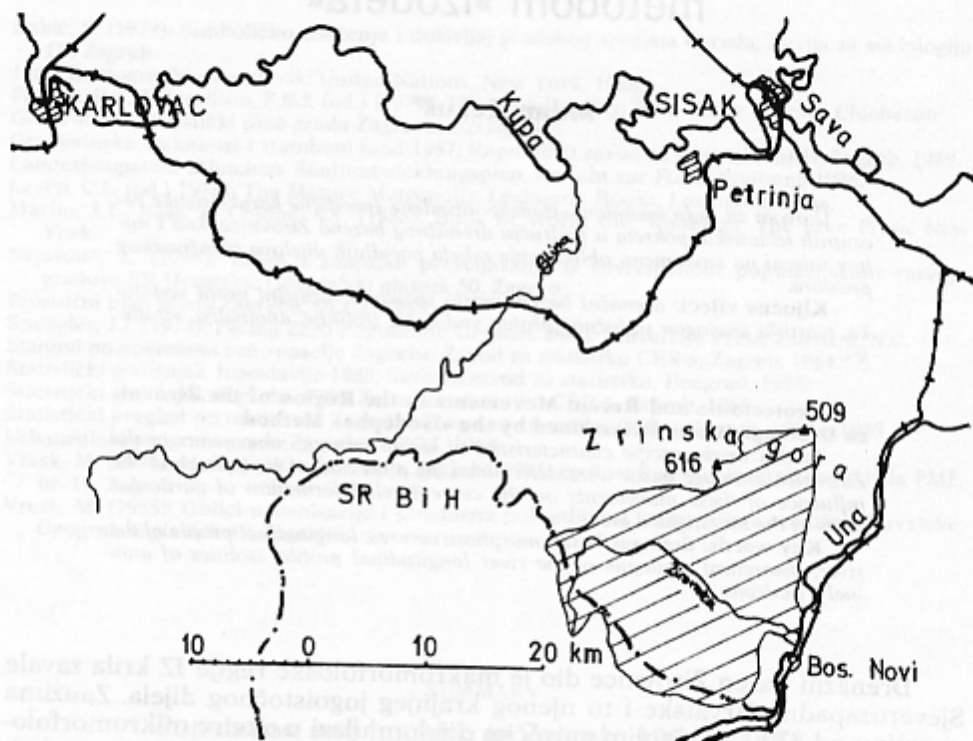
U radu M. Šušnjar i I. Grimanija (1986) izloženi su novi momenti u geološkoj evoluciji područja Banije, odnosno nove spoznaje o stratigrafsko-tektonskim odnosima i tektogenetskim procesima. Prikazani rezultati dopunjuju prethodna saznanja o velikim horizontalnim kretanjima u graničnom pojasu između Vanjskih i Unutrašnjih Dinarida. Posebno su značajni efekti navlačnih kretanja i premicanja strukturnih sklopova, te osporavanje

* Mr. prof. geografije, O.Š. »Branko Ćopić«, 41000 Zagreb, Stjepana Gradića 4, YU.

Zrinsko-Dvorske zavale (i Glinske) kao depresije razvijane u toku sedimentacije neogena (M. Oluić, 1975).

Autori smatraju da su strukturno-morfološka obilježja obje zavale rezultirala iz tektogenetskih procesa koji su slijedili nakon sedimentacije bar većeg dijela naslaga neogena.

Prema A. Bognaru (1980, 1987) Dvorska zavala predstavlja u morfostrukturnom smislu tip denudacijsko-akumulacijske, a Zrinska i Trgovska gora denudacijsko-tektonske morfostrukture.

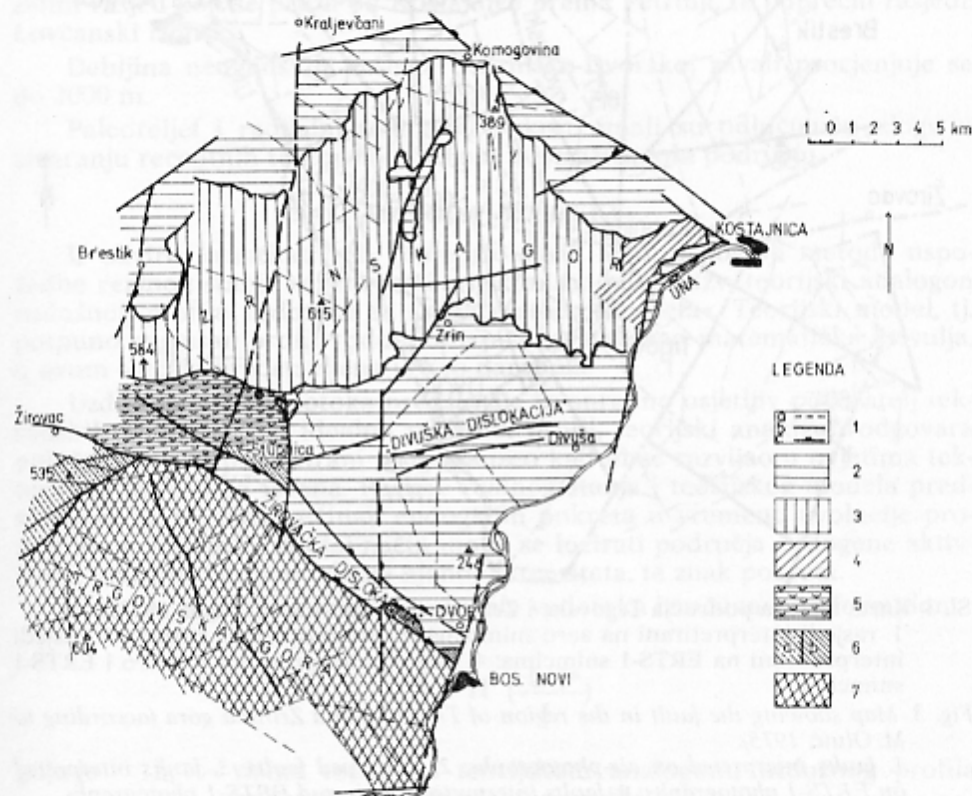


Sl. 1. Položajna skica područja bazena Zirovnice (šrafirano)
Fig. 1. Positional drawing of the Zirovnica basin (hatched).

Podaci koji se prikazuju u ovom radu rezultat su primjene metode »izodefa«. Iako smo svjesni činjenice da se samo jednom metodom ne mogu pouzdano tumačiti tektonski odnosi određenog područja, vjerujemo da dobiveni rezultati, komparirani sa ostalima, mogu biti značajan prilog razjašnjavanju recentnih tektonskih pokreta, te morfostrukturnih osobina južnog dijela Banije.

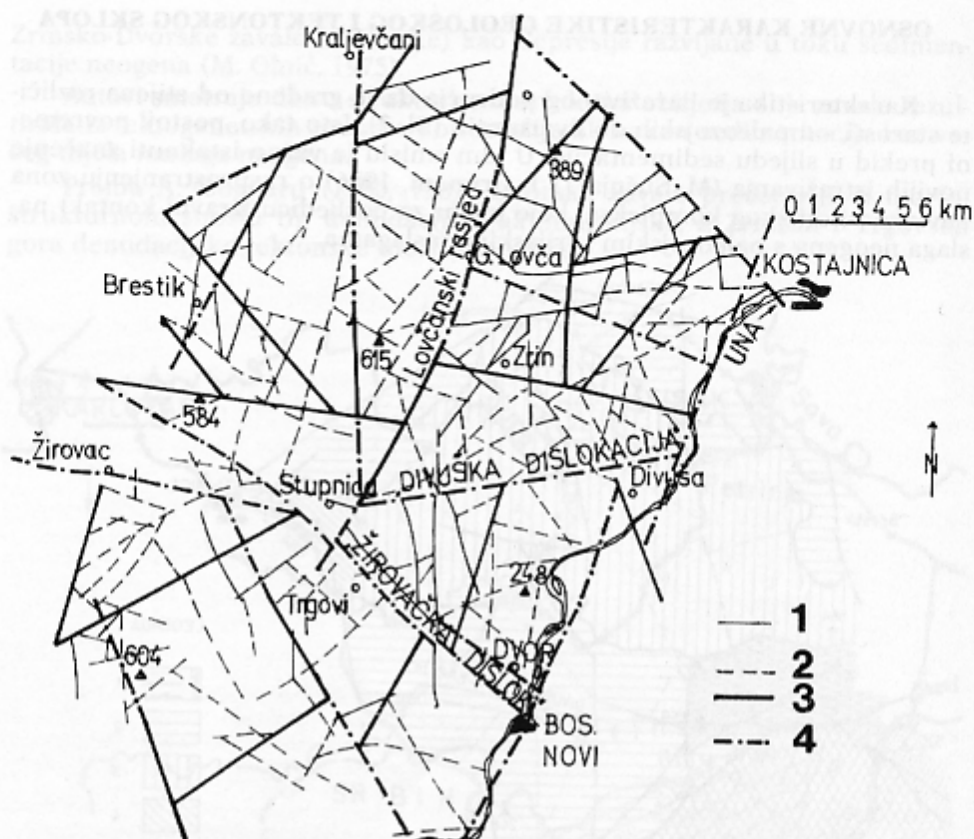
OSNOVNE KARAKTERISTIKE GEOLOŠKOG I TEKTONSKOG SKLOPA

Karakteristika je istraživanog područja da je građeno od stijena različite starosti, od paleozojskih do kvartarnih (Sl. 2). Isto tako, postoji povremeni prekid u slijedu sedimentacije. U tom smislu je važno istaknuti značenje novijih istraživanja (M. Šušnjar, i I. Grimani, 1986) o rasprostranjenju zona navlaka ofiolitskog kompleksa, koje imaju za posljedicu izravni kontakt naslaga neogena s paleozojskim i trijaskim naslagama.



Sl. 2. Foto-geološko-tektonska karta Trgovske i Zrinske gore (prema M. Oluić, 1975)
 1. rasjedi : a) pretpostavljeni, b) utvrđeni foto-geološki, c) relativno spuštene blok; 2. neogen (s oligomiocenom); 3. eocen; 4. gornja kreda; vulkanogeno-sedimentne stijene; 6. trijas: a) srednji, b) donji; 7. paleozoik

Fig. 2. Photogeological-tectonic map of the Trgovska and Zrinska gora (according to M. Oluić, 1975).
 1. faults: a) presumed, b) confirmed by remote sensing, c) relative subsided block; 2. neogene (with oligomiocene); 3. eocene; 4. upper cretaceous; 5. volcanogenic-sedimentary rocks; 6. triassic: a) middle, b) lower; 7. paleozoic



Sl. 3. Karta rasjeda područja Trgovske i Zrinske gore (prema M. Oluić, 1975)
 1. rasjedi interpretirani na aero-snimcima; 2. pretpostavljeni rasjedi; 3. rasjedi interpretirani na ERTS-1 snimcima; 4. rasjedi interpretirani na aero i ERTS-1 snimcima

Fig. 3. Map showing the fault in the region of Trgovska and Zrinska gora (according to M. Oluić, 1975).

1. faults interpreted on air-photographs; 2. presumed faults; 3. faults interpreted on ERTS-1 photographs; 4. faults interpreted on air and ERTS-1 photographs

Naslage su litološki vrlo raznovrsne. Prevladavaju klastični sedimenti.

U istraživanom području mogu se izdvojiti tri tektonske jedinice:

1. Trgovska gora koja predstavlja strukturalno uzvišenje horst.
2. Zrinska gora, strukturalno uzdignuta u obliku »grede«.
3. Zrinsko-Dvorska zaval, koja predstavlja veoma dislocirani kompleksni rov.

Rasjedi se razlikuju po intenzitetu i starosti (Sl. 3).

Najjači i istovremeno najstariji su uzdužni rasjedi »dinarskog« pravca (npr. Žirovačka dislokacija i dr.). Dugački su više desetaka kilometara. Imaju karakter dubinskih razloma, jer su uz njih vršena snažna kretanja blokova, a postoje i tragovi magmatske aktivnosti.

Postoji i veći broj rasjeda više kategorije. Ti rasjedi se pružaju poprečno (Lovčanski i dr.) u odnosu na već spomenute rasjede i kilometarskog su reda veličine. Uglavnom su vezani za sedimentni pokrivač.

Konstatirani su i rasjedi nižeg reda. Oni su manjeg pružanja i slabijeg intenziteta. Ti rasjedi su ispresijekali naslage u veće ili manje blokove i stvorili dojam »parketne strukture«.

Na glavne karakteristike blokovske strukture i tektonskog sklopa istraživnog prostora najviše je utjecala Žirovačka dislokacija i prateći rasjedi, zatim rasjed koji se pruža od Kostajnice prema Petrinji, te poprečni rasjedi: Lovčanski i Unski.

Debljina neogenskih naslaga u Zrinsko-Dvorskoj zavali procjenjuje se do 2000 m.

Paleoreljef i radijalni tektonski pokreti imali su odlučujuću ulogu u stvaranju recentnih tektonskih odnosa u istraživanom području.

METODA »IZODEFA«

U okviru kvantitativnih geomorfoloških analiza postoji metoda usporedbe realnog stanja reljefa sa teorijskim modelom, tzv. teorijski analogon uzdužnog profila vodotoka ili kraće metoda »izodefa«. Teorijski model, tj. potpuno suglasan profil vodotoka izračunava se kao matematička krivulja, u ovom slučaju predstavljena je kao parabola.

Uzdužni profil vodotoka predstavlja izvanredno osjetljiv pokazatelj tektonskih pokreta. Kao idealno suglasan profil, teorijski analogon odgovara položaju koji bi promatrani profil zauzeo kad bi se razvijao u uvjetima tektonskog mirovanja terena. Razlike realnog stanja i teorijskog modela predstavljaju na taj način učinak endogenih pokreta u vremenu evolucije promatranog vodotoka. Na taj način mogu se locirati područja endogene aktivnosti, utvrditi relativni odnosi njenog intenziteta, te znak pokreta.

Krivulja suglasnog uzdužnog profila vodotoka izračunava se formulom

$$h_i = H \left(\frac{L-l^n}{L} \right)$$

gdje je h_i – visina točke na teorijskom analogonu uzdužnog profila nad visinom ušća realnog profila.

H – visina izvorišta nad ušćem vodotoka.

L – ukupna horizontalna dužina uzdužnog profila od izvorišta do ušća.

l – horizontalna udaljenost od izvorišta vodotoka do promatrane točke.

n – parametar oblika realnog uzdužnog profila.

Za promatranu točku vrijednosti H , L i l se direktno očitavaju s konstruiranog realnog profila vodotoka. Parametar oblika (n) se izračunava:

$$n = \frac{Pg}{Pd}$$

$$n = \frac{HL-PD}{Pd}$$

Odstupanje položaja realnog uzdužnog profila od njegovog teorijskog analogona predstavlja anomaliju:

$$a = h - h_i$$

Anomalije se sustavno utvrđuje po dužinama svih većih vodotoka na ispitivanom terenu. Kod izračunavanja teorijskih analogona pritoka glavnog vodotoka neophodne su izvjesne modifikacije, kao što slijedi:

$$i h_i = (H \pm a_n) \frac{(L-l)^n}{L}$$

a_n – anomalija na ušću pritoke.

Znak je pozitivan kad je realni profil glavnog vodotoka u točki ušća pritoke iznad svog teorijskog analogona i obratno.

Izračunate anomalije prenose se, prema položaju mjernih točaka, po odgovarajućim tokovima na topografsku kartu. Izolinije anomalija se crtaju na osnovi formalne interpolacije. Ekvidistanca izolinija bira se po principu da na karti ne bude više od 10 izolinija različitih vrijednosti. Izolinije anomalija pokazuju promjenu odstupanja realnih položaja vodotoka od njihovih teorijskih analogona. Ova odstupanja Volkov (prema M. Markoviću 1983) je uzimao kao deformacije uzdužnih profila pa je njihove izolinije skraćeno nazvao »izodefe«.

Budući da su izolinije anomalija u našem slučaju pokazivale velike i nagle promjene, izvršili smo izravnavanje postupkom tekućih srednjih vrijednosti. Tako smo dobili prvi trend anomalija i zatim povukli njegove izolinije.

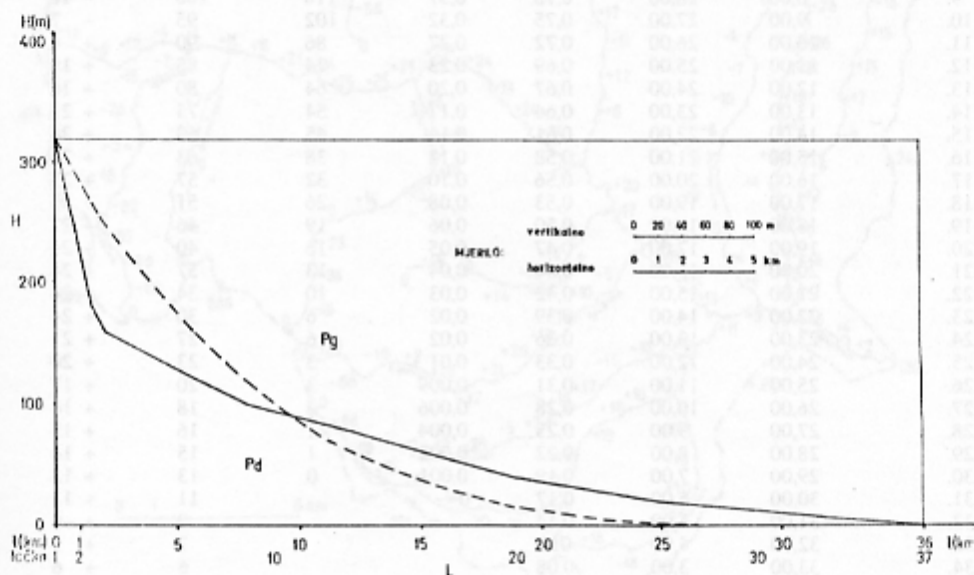
Pozitivne vrijednosti anomalija označavaju pojačanu eroziju, povećanu neotektonsku aktivnost, odnosno tendenciju relativnog izdizanja blokova. Negativne vrijednosti se javljaju u područjima pojačane akumulacije terena. To su prostori smanjene neotektonske aktivnosti, centralni dijelovi relativno izdignutih ili spuštenih blokova. Generalno gledano, negativne anomalije označavaju područja najmlađeg tektonskog tonjenja.

INTERPRETACIJA REZULTATA

Rezultati istraživanja predloženi su preko tabela, grafikona i crteža. Oni se odnose samo na glavni vodotok Žirovnicu. Zbog velike količine podataka rezultati za brojne pritoke nisu predstavljeni.

Žirovnica:

izvor	= 440 m	L = 36 km	HL = 576	n = 3,97
	a. v.	H = 320 m	Pg = 460	
ušće	= 120 m		Pd = 116	
	a. v.			



Sl. 4. Uzdužni topografski profil Žirovnice (puna linija) i njegov teorijski analogon (isprekidana linija).

Fig. 4. Longitudinal topographic profile of Žirovnica (full line) and its theoretical analogue (broken line).

Prije interpretacije rezultata treba upozoriti na mogući izgled izodefa i njihovo značenje (N.G. Volkov, 1970.):

- nedefinirani ocrti izodefa sa rijetkim radijusima krivulja odnose se na izdizanja ili spuštanja bez prisustva rasjednih deformacija.
- oštri zaokreti izodefa, visoka gustoća, mali radijusi krivulja, karakteriziraju blokovske strukture.
- pravolinijska izduženost, veća gustoća izodefa, ukazuje na rasjede.

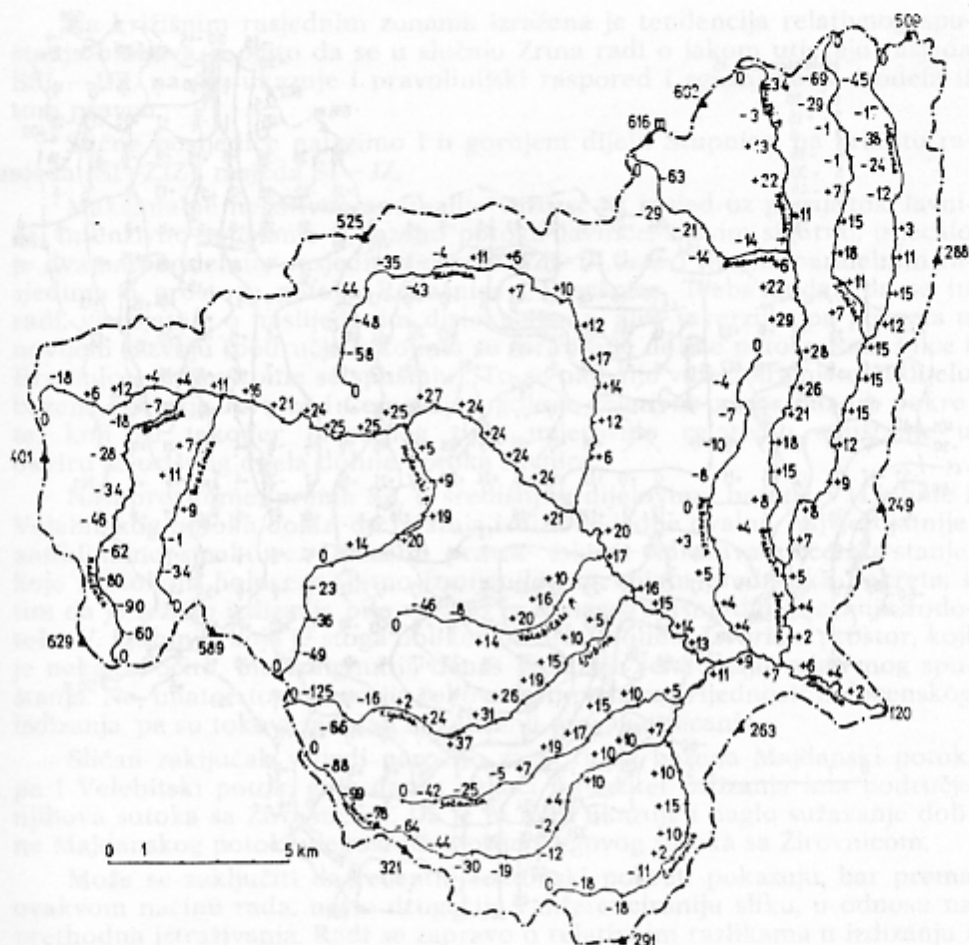
Tab. 1. Zapisnik izračunavanja teorijskog analogona Zirovnice

točka	l (km)	L-l (km)	$\frac{L-l}{L}$	$(\frac{L-l}{L})^n$	$h_t = H(\frac{L-l}{L})^n$ (m)	h (m)	a = h-h _t (m)
1.	0,00	36,00	1,00	1,00	320	320	0
2.	1,00	35,00	0,97	0,89	285	225	- 60
3.	2,00	34,00	0,94	0,78	250	160	- 90
4.	3,00	33,00	0,92	0,72	230	150	-80
5.	4,00	32,00	0,89	0,63	202	140	+ 62
6.	5,00	31,00	0,86	0,55	176	130	- 46
7.	6,00	30,00	0,83	0,48	154	120	- 34
8.	7,00	29,00	0,81	0,43	138	110	- 28
9.	8,00	28,00	0,78	0,37	118	100	- 18
10.	9,00	27,00	0,75	0,32	102	95	- 7
11.	10,00	26,00	0,72	0,27	86	90	+ 4
12.	11,00	25,00	0,69	0,23	74	85	+ 11
13.	12,00	24,00	0,67	0,20	64	80	+ 16
14.	13,00	23,00	0,64	0,17	54	75	+ 21
15.	14,00	22,00	0,61	0,14	45	69	+ 24
16.	15,00	21,00	0,58	0,12	38	63	+ 25
17.	16,00	20,00	0,56	0,10	32	57	+ 25
18.	17,00	19,00	0,53	0,08	26	51	+ 25
19.	18,00	18,00	0,50	0,06	19	46	+ 27
20.	19,00	17,00	0,47	0,05	16	40	+ 24
21.	20,00	16,00	0,44	0,04	13	37	+ 24
22.	21,00	15,00	0,42	0,03	10	34	+ 24
23.	22,00	14,00	0,39	0,02	6	30	+ 24
24.	23,00	13,00	0,36	0,02	6	27	+ 21
25.	24,00	12,00	0,33	0,01	3	23	+ 20
26.	25,00	11,00	0,31	0,009	3	20	+ 17
27.	26,00	10,00	0,28	0,006	2	18	+ 16
28.	27,00	9,00	0,25	0,004	1	16	+ 15
29.	28,00	8,00	0,22	0,002	1	15	+ 14
30.	29,00	7,00	0,19	0,001	0	13	+ 13
31.	30,00	6,00	0,17	0		11	+ 11
32.	31,00	5,00	0,14			9	+ 9
33.	32,00	4,00	0,11			7	+ 7
34.	33,00	3,00	0,08			6	+ 6
35.	34,00	2,00	0,06			4	+ 4
36.	35,00	1,00	0,03			2	+ 2
37.	36,00	0,00	0,00			0	0

Tome treba dodati da se izdizanja blokova jasno ocrtavaju i iz hidrografske mreže. To je tzv. radijalno otjecanje (sa blokova).

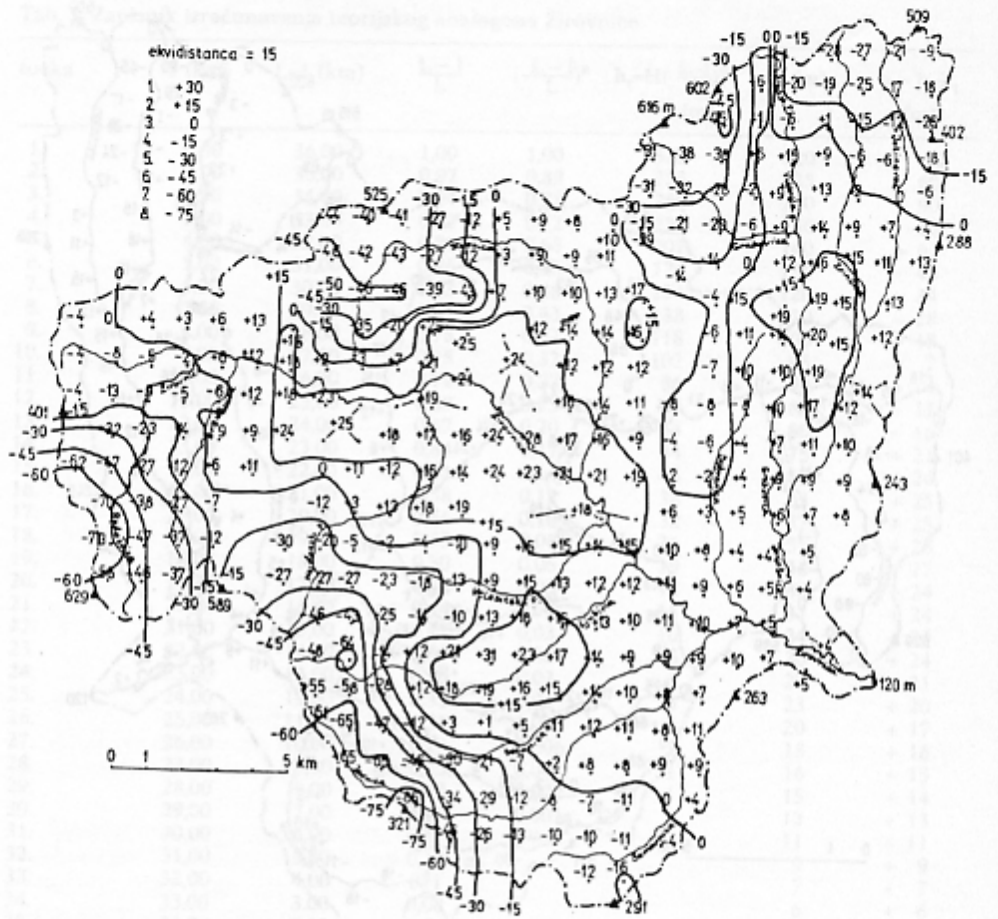
Nadalje, rečeno je da negativne anomalije označavaju, generalno gledano, područja najmlađeg tektonskog tonjenja. S tim u vezi, može se uzeti da su velika izdizanja blokova rezultirala velikim usijecanjem, tj. velikom erozijom reljefno izraženom postojanjem sutjeski ili dubokih i uskih dolina, a posljedica toga bilo je anormalno snižavanje topografskih profila u tom dijelu toka (npr. Draški p. i Vujanića p., Majdanski p., Velebitski p., Ljubina, Javnica).

RECENTNA TEKTONIKA U BAZENU ŽIROVNICE



Sl. 5. Drenažni bazen Žirovnice s izračunatim anomalijama prema položaju mjernih točaka; podloga za izračunavanje prvog trenda anomalija.

Fig. 5. Žirovnica drainage basin with the workout anomalies according to the position of measuring points; foundation for calculation of the first trend of anomalies.



Sl. 6. Karta prvog trenda anomalija s njegovim izolinjama

Fig. 6. Map showing the first trend of anomalies with its isolines.

Na križišnim rasjednim zonama izražena je tendencija relativnog spuštanja blokova, a očito da se u slučaju Zrina radi o jakom utjecaju rasjeda SSI - JJZ, na što ukazuje i pravolinijski raspored i zgušnjavanje izodefa u tom pravcu.

Slične posljedice nalazimo i u gornjem dijelu Stupnice, na križistu rasjeda ISI - ZJZ i rasjeda SI - JZ.

Maksimalne negativne anomalije vežu se za rasjed uz gornji tok Javnice. Intenzivno spuštanje u bazenu potoka Javnice, sasvim sigurno, utjecalo je dvama paralelnim rasjedima pravca SZ - JI, kao i dvama paralelnim rasjedima u prostoru potoka Radašnice i Brsešnice. Treba dodati da se tu radi, vjerojatno, o naslijeđenim dislokacijama, ali i inverziji tipa pokreta u novijem razvoju (područja u kojima su formirane doline potoka Radašnice i Brsešnice, prema tome se spuštaju). To se najbolje vidi u krajnjem JI dijelu bazena porječja Javnice i Čemernice, gdje je relativni odnos mladih pokreta, koji su također inverznog tipa, uvjetovalo relativno spuštanje u okviru izvorišnog dijela doline potoka Javnice.

Nasuprot tome, prema SZ, u središnjim dijelovima bazena V. Ljubine i Velebitskog potoka dolazi do izražaja izdizanje jedne ovalne, najvjerojatnije, antiklinalne strukture. Današnji pravac tokova odražava početno stanje, koje se, tokom holocena, bitno izmijenilo inverzijom predznaka pokreta, s tim da je težište izdizanja bilo vezano za danas središnji dio otjecanja vodotoka V. Ljubinje, koja je stoga oblikovala usku dolinu. Izvorišni prostor, koji je nekada, očito, bio izdignutiji, danas pokazuje tendenciju relativnog spuštanja. No, unatoč tome, erozija tokova kompenzira vrijednosti holocenskog izdizanja, pa su tokovi zadržali nekadašnji pravac otjecanja.

Sličan zaključak vrijedi naročito za porječje bazena Majdanski potok, pa i Velebitski potok, gdje danas najjači intenzitet izdizanja ima područje njihova sutoka sa Žirovnicom. Da je to tako ukazuje i naglo sužavanje doline Majdanskog potoka neposredno prije njegovog sutoka sa Žirovnicom.

Može se zaključiti da recentni tektonski pokreti pokazuju, bar prema ovakvom načinu rada, nešto drugačiju i diferenciraniju sliku, u odnosu na prethodna istraživanja. Radi se zapravo o relativnim razlikama u izdizanju i spuštanju manjih blokova, u okviru glavnih tektonskih sklopova (struktura) sa generalno poznatim i prihvaćenim predznakom gibanja. Posebno se to odnosi na diferencirano gibanje (negativno, pozitivno kretanje) Zrinsko-Dvorske zavale. Iako postoji generalni trend spuštanja Dvorske zavale, pojedini njeni dijelovi se izdižu (to su manji horstovski blokovi) što onda bitno utječe na usmjerenje djelovanja egzogenih morfoloških činilaca (fluvijalna erozija i padinski procesi) i oblikovanje suvremenog reljefa.

Zaključeno razmatranje može se tumačiti i smjelije, tj. izmjenama generalnog trenda tektonskog režima u dijelu neotektonskog razdoblja nakon sinsedimentacijske faze. Naime, današnji prevladavajući denudacijsko-akumulacijski karakter reljefa Dvorske zavale govori u prilog takvim odnosima.

LITERATURA

1. Bognar, A. (1980): Tipovi reljefa kontinentenskog dijela Hrvatske. Spomen zbornik o 30. obljetnici GD Hrvatske, Zagreb.
2. Bognar, A. (1987): Veliki geografski atlas Jugoslavije. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
3. Marković, M. (1983): Osnovi primjenjene geomorfologije. Geoinstitut, Posebna izdanja, knjiga 8, Beograd.
4. Oluć, M. (1975): Glavne karakteristike tektonskog sklopa jednog dijela Dinarida (područje Zrinske i Trgovske gore). II god. skup Znan. savjeta za naftu, JAZU, A, 5, Zagreb.
5. Sušnjar, M. i Grimani, I. (1986): Strukturno-tektonski odnosi ofiolitskog pojasa Banije. Geol. vjesnik, 39, Zagreb.
6. Volkov, N. G. (1970): Karti izodef – u knjizi »Primjenjenije geomorfologičeskikh metodov v strukturno-geologičeskikh isledovanijah, Njedra, Moskva.

SUMMARY

Neotectonic and Recent Movements in the Region of the Žirovnica Drainage Basin, Determined by the »Isodepha« Method

by
Milan Kekuš

The Žirovnica basin covers an area of 370 km² in the south – east part of Banija. It consists of rocks of various age, from Paleozoic to Quaternary. The distribution zone of nappes of ophiolitic complex is important as it leads into a direct contact of Neogenic deposits with Paleozoic and Triassic deposits. Deposits are lithologically very heterogeneous with a predominance of clastic sediments.

Three tectonic and morphostructural units can be isolated:

1. Trgovska gora, which represents a structural elevation horst.
2. Zrinska gora, structurally elevated in the form of a »beam«.
3. Zrinsko-Dvorska vally, which represents a very dislocated complex trench.

The specific characteristics of recent tectonic movements and their effect on the recent formation of relief of particular parts in the area investigated were determined by the »isodepha« method. »Isodephs« are isolines of anomalies, i.e. deviations of real watercourse positions from their theoretic analogues, in fact deformations of longitudinal profiles.

The spatial appearance of isodephs has a certain significance:

- Undefined outlines of isodephs with rare curve radiuses refer to rising and descending without the presence of fault deformations.
- Sharp turns of the isodephs, great density, small curve radiuses, are characteristic of these block structures.
- Straight-linear elongation, greater density of isodephs, indicates faults.

Generally speaking positive anomalies signify increased neotectonic activity, and negative anomalies denote areas of the most recent tectonic sinkage.

It can be concluded that recent tectonic movements indicate, at least according to this approach, a somewhat different and more differentiated picture in relation to previous investigations. It is a matter of relative differences in the rising and sinking of smaller blocks within generally known and accepted indication of movement. This particularly refers to differentiated movements (negative or positive movement) of the Zrinsko-Dvorska valley. Although there is a general trend of sinking of the Dvorska valley, certain parts of the valley are rising (they are smaller horst blocks), which has an essential effect on the direction of the action of exogenous morphological factors (fluvial erosion and precipitational processes and the formation of current relief).