

Geol. vjesnik	Vol. 36	str. 255—265	Zagreb 1983.
---------------	---------	--------------	--------------

UDK 551.24:551.782:551.79(497.13—16)

Izvorni znanstveni rad

Akceleracija vertikalnih tektonskih pokreta tijekom neogena i kvartara u zapadnom dijelu Savske depresije*

Josipa VELIĆ

Institut za geologiju i mineralne sirovine, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, YU — 41000 Zagreb

Na osnovi najnovijih rezultata geološko-geofizičkih istraživanja u zapadnoj polovici Savske depresije izrađene su karte srednjih brzina vertikalnih tektonskih pokreta za miocen i za pliocen zajedno s kvartarom te karta akceleracija. Ustanovljeno je ubrzanje i do 22,5 m/(mil. god.)² u predjelima oko Velike Gorice i Martinske Vesi.

On the basis of the recent results of geological and geophysical investigations the maps of the average velocity of vertical tectonic movements of the Miocene and Pliocene with the Quaternary as well as the map of their acceleration are constructed. Acceleration of up to 22,5 m/(mil. years)² in Velika Gorica and Martinska Ves surroundings is founded.

UVOD

Dubinskim geološkim istraživanjima zapadnog dijela Savske depresije u proteklih nekoliko godina došlo se do određenih novih saznanja u odnosu na

- recentni strukturni sklop neogensko-kvartarnih sedimenata,
- razvikan struktura i aktivnosti rasjeda tijekom neotektonske etape i
- klasifikaciju rasjeda prema ulozi u oblikovanju struktura i depresije kao cjeline.

To je omogućeno prikupljanjem i obradom podataka geofizičkih, prvenstveno gravimetrijskih i seizmičkih, mjerenja, dubokih bušotina te strukturno-geomorfološkog kartiranja ravničarskih dijelova depresije. U setu karata pomoću kojih su predočeni rezultati tako sprovedene obrade nalaze se strukturne karte po plohama regionalnih elektrokarotajnih repera, paleostrukturalne karte, karte debljina određenih litostratigrafskih jedinica (obično formacija ili članova), karte odnosa debljina, karte aktivnosti rasjeda i karte srednjih gradijenata vertikalnih tektonskih pokreta po odjeljcima unutar neogena i kvartara, karte neotektonskih struktura i druge.

Kao prirodni nastavak u slijedeću fazu istraživanja prišlo se izradi karata srednjih brzina vertikalnih tektonskih pokreta za miocen i za plio-

* Ovaj prikaz predstavlja dijelom istraživanja u sklopu znanstvene teme koju financira SIZ-III, ali je također baziran i na nekim drugim radovima.

cen s kvartarom te karte akceleracije. Ovakvim ili sličnim metodama u analizi tektonskih zbivanja nije do sada posvećivana osobita pozornost. Uz rijetke i usputne navode u samo nekoliko rasprava (Prelogović, 1975; Miljuš & Vugrinec, 1977) ovim se radom po prvi puta u našoj geološkoj literaturi egzaktno prikazuju brzine i akceleracija vertikalnih pomaka za neogen i kvartar. S obzirom na nivo razrade (miocen i pliocen zajedno s kvartarom) on je više općeg karaktera, međutim u toku su prikupljanja i proračuni vrijednosti za kraća vremenska razdoblja. Potrebno je naglasiti da su spomenute karte vrlo objektivni indikatori varijacija brojnosti blokova ili struktura tijekom vremena, pružajući važnijih rasjeda uključujući i očitavanje iznosa eventualnog horizontalnog smicanja te povezanosti tektonskih događaja s lokacijama naftnoplinonosnih polja. U tom smislu valjalo bi ih načiniti i za druge terene.

Obuhvaćeno područje prikazano je na sl. 1. Prostire se između Samoborske gore na zapadu, Medvednice na sjeveru, Moslavačke gore na istoku, a južnu granicu predstavlja potez od Karlovca preko Siska do Kratečkog. Teren je uglavnom ravničarski s izuzetkom brežuljaka Vukomeričkih gorica visine do 230 metara.

Na površini Savske depresije i Karlovačke uleknine leže kvartarni sedimenti zastupani genetski različitim tipovima naslaga s prevladavajućim litološkim članovima — šljuncima, pijescima i glinama raznovrsnih varijeteta i međusobnih odnosa. U riječnim i potočnim dolinama nalaze se nanosi i naplavine šljunaka, pijesaka i ilovina.

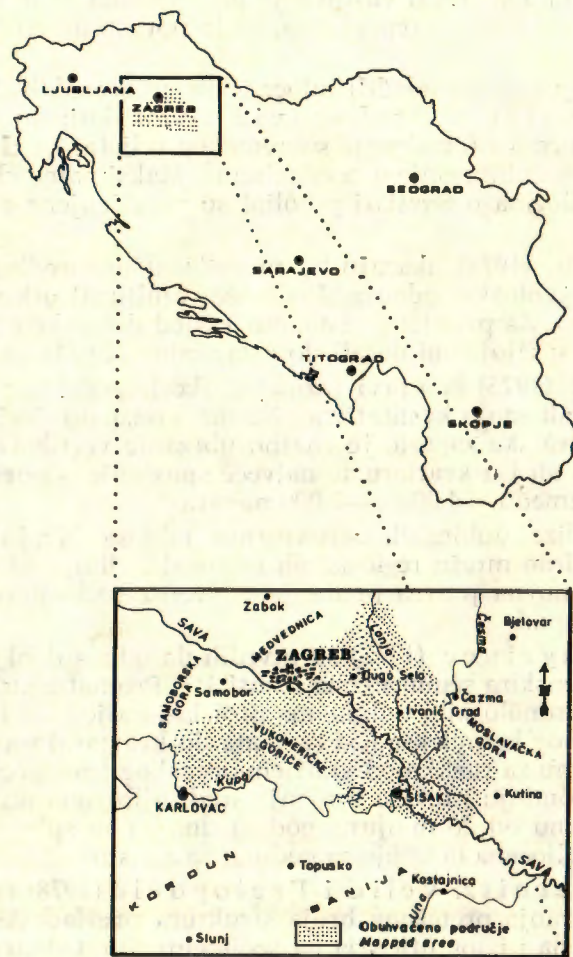
Najrasprostranjeniji izdanci u Vukomeričkim goricama pripadaju slatkovodnim jezerskim sedimentima srednjeg i gornjeg pliocena, a na istočnim padinama, pliocenskim obronačnim materijalima s pjeskovitim glinama uz uloške šljunaka i ilovačama.

Ispod kvartarnih, leže neogenske taložine raznovrsne litologije. Najčešći su lapori, gline, siltovi, pješčenjaci, pijesci, konglomerati, šljunci i vapnenci. Dostupne su promatranju na izdancima u opkolu okolnih planina, gdje izbijaju na površinu. Neogensko-kvartarni kompleks naslaga transgresivno naliježe na erodiranu i tektoniziranu podlogu koju izgrađuju magmatske, metamorfne i sedimentne stijene paleozojske i mezozojske starosti.

PREGLED REZULTATA DOSADASNJIH ISTRAZIVANJA

Mnogobrojnim radovima u proteklih je nekoliko desetljeća tretirana različita geološka problematika Savske potoline — uglavnom paleontološka, stratigrafska i tektonska. S obzirom na karakter ovog rada, bit će prikazani samo rezultati onih istraživanja koji uglavnom obrađuju tektonsku evoluciju depresije, odnosno pojedinih većih zona unutar nje. Prema takvom polazištu, među prvim treba spomenuti rad Pletića (1960) u kojem se navodi da je potolina asimetričan tektonski rov, u najdubljem dijelu ispunjen s više od 3.500 metara neogenskih sedimentata. Isti autor (Pletić, 1969) proučava uvjete odlaganja taložina Ivanić-Grad formacije uz obode Moslavačke gore. Sedimentacijski prostor je karakteriziran periklinalnim povećanjem intenziteta tonjenja u smjeru okolnih depresija i dopremom materijala s Dinarida i Alpa.

Filjak, Pletikapić, Nikolić i Aksin (1969) također razmatraju pitanje odnosa radijalne tektonike i boranja. Plikativne strukture posljedica su prvenstveno vertikalnih pokreta prigodom kojih je došlo do uklještenja nekih blokova. U razvoju Panonskog bazena dominirajuću ulogu su imali pulzacijski regionalni vertikalni pokreti. Priklanjajući se



SI. 1 GEOGRAFSKA SKICA

Fig. 1 SITUATION MAP

ovakvim stajalištima, Kranjec (1972) ističe da su npr. strukture Šumećani, Bunjani i Ivanić-Kloštar izraženi plikativni oblici unutar mlađih miocenskih i pliocenskih taložina, a unutar starijih miocenskih to su blokovi ograničeni rasjedima. Procijenjuje da su tijekom donjeg pontja središnje zone Savske i Dravske potoline utonule za više od 1.000 metara. Promatrajući kvartar, iznosi vertikalnih pokreta mjestimice su veći od 100 metara.

Primjenom strukturno-geomorfoloških metoda, Kranjec, Prelogović i Hernitz (1972) su, između ostalog, pravokutno skretanje Save od Rugvice do Siska protumačili znakom najmlađih pokreta povezanih s dva sustava rasjeda.

Iz statističke analize naslaga mlađeg tercijara u području Ivanić-Grada (Hernitz i Jurak, 1973) vidljivo je da se svuda radi o pozitivnoj korelaciji, tj. porast dubine repera praćen je porastom debljine formacije.

Po osnovnom rasporedu mlađih miocenskih, pliocenskih i kvartarnih sedimenata Kranjec i Prelogović (1974) datiraju aktivizaciju neotektonskih procesa i formiranje suvremenog reljefa. Za donji pont je karakteristično produbljanje u oscilacijama. Maksimalne debljine mlađih tercijarnih taložina u Savskoj potolini su procijenjene na 5.000 metara.

Kranjec i dr. (1974) ukazuju na mogućnost usporedbe neotektonskih i dubinskih geoloških odnosa, što može rezultirati otkrivanjem pojedinih dislokacija. Za primjer je istaknut rasjed dinarskog pružanja uz Moslavačku goru u čijoj zoni dolazi do »stapanja« određenih izoliranih.

Prelogović (1975) kao prvi razmatra akceleraciju vertikalnih tektonskih pokreta, ali samo kvalitativno. Naime, konstruirajući neotektonsku kartu SR Hrvatske zapazio je znatno ubrzanje vertikalnih kretanja tijekom pliocena, ali i u kvartaru te najveće spuštanje u potolinama sjeverne Hrvatske između —4.000 i —7.000 metara.

Na osnovi analize dubinskih strukturnih odnosa Najdenovski (1975) je konstruirao mrežu regionalnih tektonskih linija. U Savskoj depresiji dva su osnovna pravca pružanja: sjeverozapad—jugoistok i sjeveroistok—jugozapad.

Miljuš i Vugrinec (1977) su utvrdili da odnos debljina miocenskih prema pliocenskim sedimentima iznosi 1:3. Promatrajući tu činjenicu zajedno s geokronološkim veličinama proizlazi da je i do tri puta veća debljina regresivnog kompleksa (od sarnata do kvartara) nastala u znatno kraćem vremenu za razliku od starijemiocenskog transgresivnog kompleksa. Autori spominju i brzine tonjenja središnjih zona naših najvećih potolina. U rasponu od 26 milijuna godina dna su se spustila za 5 km, od toga tijekom pliocena (8 milijuna godina) za 3,5 km.

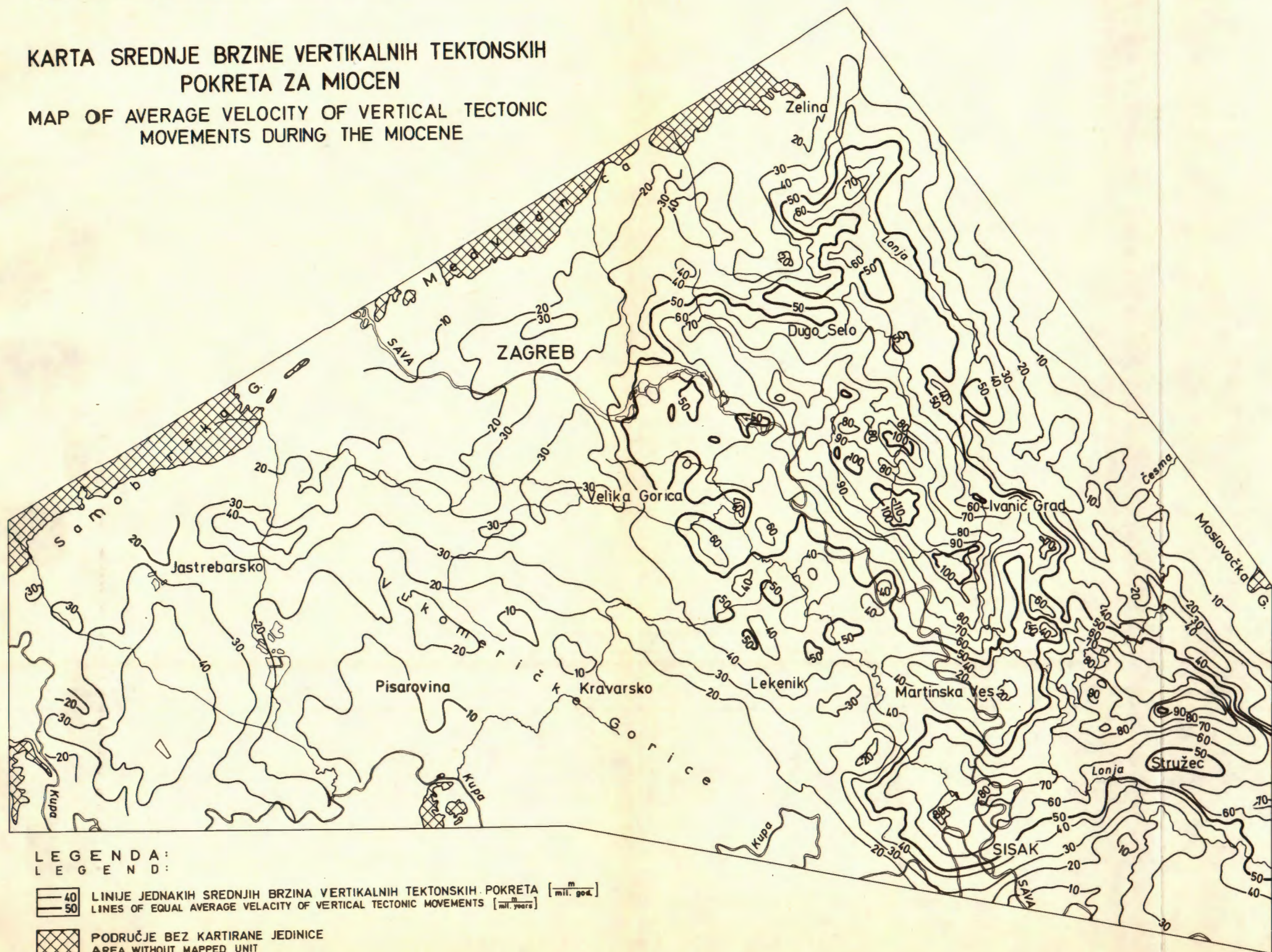
Kranjec, Hernitz, Velić i Prelogović (1978) navode da su u povijesti formiranja pretežnog broja struktura prevladavali vertikalni pokreti istog smisla i istog utjecaja na sedimentaciju. Odstupanja nastupaju tek u vrijeme taloženja najmlađih naslaga — u mlađem pliocenu i kvartaru.

Najdenovski i Hajnšek (1978) ilustriraju pomoću dva diferencijalna geološka profila razvoj tercijarnih naslaga u Savskoj i Dravskoj potolini. Prema razvojnom putu rasjedi su kategorizirani na konsolidacijske, isprekidane, ranog pojavljivanja i kasnog pojavljivanja.




Hernitz, Velić, Kranjec i Najdenovski (1980) pišu da je područje Martinska Ves — Oborovo bilo u prvim fazama taloženja (do zaključno starijeg panona) horst istaknut u reljefu. Zbog znatnog utonjavanja tijekom mlađeg pliocena i osobito kvartara naslage iznad njega tvore blagu sinklinalu sa širokim, gotovo horizontalnim dnom.

KARTA SREDNJE BRZINE VERTIKALNIH TEKTONSKIH POKRETA ZA MIOCEN

MAP OF AVERAGE VELOCITY OF VERTICAL TECTONIC
MOVEMENTS DURING THE MIOCENE



LEGENDA:
LEGEND:

-  40 LINIJE JEDNAKIH SREDNJIH BRZINA VERTIKALNIH TEKTONSKIH POKRETA [mm. god.]
-  50 LINES OF EQUAL AVERAGE VELOCITY OF VERTICAL TECTONIC MOVEMENTS [mm. years]
-  PODRUČJE BEZ KARTIRANE JEDINICE
AREA WITHOUT MAPPED UNIT

Barišić (1980) je proučavajući tangencijalna kretanja došao do zaključka da je zajednička karakteristika reversnih rasjeda paralelnost s rasjedima dinarskog pravca pružanja kao i odraz aktivnosti na relativno manjim udaljenostima.

Velić (1980a, 1980b) grupira strukture na lokalne i regionalne. Nadalje, s obzirom na njihov ocrtni u taložinama idući od starijih prema mlađima svrstane su u nasljedne, obnovljene, inverzne ili novonastale. Prema rekonstrukciji aktivnosti rasjeda tijekom neotektonske etape i ulozi u oblikovanju građe, klasificirani su u pet skupina — od regionalnih do onih s ograničenim značajem.

SREDNJE BRZINE VERTIKALNIH TEKTONSKIH POKRETA ZA MIOCEN I ZA PLIOCEN S KVARTAROM

U zapadnom dijelu Savske potoline, uključujući i Karlovačku ulekninu, srednja brzina vertikalnih tektonskih pokreta tijekom miocena (tab. I) kretala se od desetak do maksimalno 110 m/mil. god. Odmah treba istaknuti da se radi pretežno o kretanjima s negativnim predznakom, dakle o spuštanju. Mnogobrojni prethodni istraživači (Filjak i dr., 1969; Hernitz i Jurak, 1973; Kranjec i Prelogović, 1974; Prelogović, 1975; Miljuš i Vugrinec, 1977; Najdenovski i Hajšek, 1978; Hernitz i dr., 1980) isticali su znatna kolebanja i oscilacije što sigurno u određenoj mjeri maskira ili umanjuje stvarnu veličinu pomaka, a samim tim i brzine pokreta. Pri tom se misli samo na one oscilacije koje prema sadašnjoj metodologiji istraživanja nije moguće dešifrirati, tj. na one koje nisu ostavile značajnijeg traga u tipu sedimentata, rasporedu masa naslaga i eventualni odraz na rasprostiranje repernih naslaga. Značajnija kolebanja regionalnog karaktera odrazila su se, primjerice, međuformacijskim diskordancijama (Kranjec i dr., 1978; Velić, 1980b). Isto tako sve neotektonske strukture ocijenjene kao inverzne, a pogotovo kao obnavljane (Velić, 1980a, 1980b) nedvojbeno upućuju na osciliranje pojedinih blokova za vrijeme sedimentacije određenih litostratigrafskih jedinica — formacija ili članova. U takvim i sličnim slučajevima intenzitet kolebanja utjecao je u konačnom iskazu srednjih brzina i akceleracija zahvaljujući načinu njihovog proračuna.

Najmanje vrijednosti srednjih brzina vertikalnih tektonskih pokreta za miocen (tab. I) protežu se uz rubove potoline i Karlovačke uleknine. Prema tom trendu, zona granice rasprostranjenosti miocenskih taložina približno bi odgovarala nultoj liniji jednakih srednjih brzina vertikalnih tektonskih pomaka (spuštanja) — ili zoni koja je relativno mirovala. Idući dalje, u područje bez kartirane jedinice, eventualne linije jednakih srednjih brzina označavale bi izdizanje.

Zatvoreni ocrtni posljedica su kretanja različitim brzinama relativno malih ali mnogobrojnih blokova omeđenih ili reaktiviranim starim ili novonastalim popratnim rasjedima. Blokofska je tektonika na ovoj karti došla tako do punog izražaja. Na udaljenostima od samo nekoliko stotina metara srednje brzine pokreta se razlikuju više od desetak m/mil. god., što je indikacija vrlo jasno izraženih diferencijalnih gibanja. Pretpostavlja se da na dobivene rezultate nije bitno utjecala razvedenost podloge

neogensko-kvartarnog kompleksa naslaga iz nekoliko razloga. Naime, sedimenti miocena obuhvaćeni su trima litostratigrafskim formacijama, a vremenska dimenzija koja je uzeta u račun iznosi 18,5 milijuna godina, što je doprinijelo anuliranju paleogeomorfoloških značajki temeljnih stijena.

Karlovačka uleknina karakterizirana je srednjom brzinom od 30 do 40 m/mil. god. (tab. IV), koja ravnomjerno obuhvaća njezin cijeli prostor. Široko razvučena zona s ujednačenim brzinama između 10 i 20 m/mil. god. nadovezuje se na Vukomeričke gorice. Sjeverozapadno od Kravarskog nalaze se dva minimuma koja obilježavaju blokove u zaostajanju — buduće istaknutije brežuljke. Dalje prema istoku do korita rijeke Save zapaža se porast brzina do 50 m/mil. god. s izuzetkom okolice Martinske Vesi. Ovdje je, gotovo u centralnom dijelu potoline lociran minimum. Njegovo podrijetlo treba potražiti u naglašenom osciliranju duž horsta Odra — Oborovo — Martinska Ves.

Od Dugog Sela preko Ivanić-Grada do Stručeca leži niz ocrta maksimalnih brzina, odnosno blokova koji su se tijekom miocena najviše i najpostojanije spuštali. To je rezultiralo asimetričnošću Savske depresije (tab. I, tab. IV — krivulja brzine za miocen), osobito izraženoj baš u to vrijeme. Osim toga, linije su na ovom potezu najbliže jedna drugoj što govori u prilog intenzivnih diferencijalnih kretanja. Uz sjeveroistočni rub potoline brzine postupno i ravnomjerno opadaju i na manje od 10 m/mil. god.

Generalno, linije tvore izdužene likove po pravcu sjeverozapad—jugostok što je identično navodima mnogobrojnih istraživača o protezanju glavnih potolinskih dislokacija (npr. Pletikapić, 1960; Kranjec i dr., 1974; Najdenovski, 1975; Kranjec i dr., 1978; Barišić, 1980; Velić, 1980b). Međutim, treba istaknuti i neka odstupanja.

Područje sjevernije od spoja Sisak — Stručec karakterizirano je ocrtima izolinijska u pravcu sjeveroistok—jugozapad, dakle okomito u odnosu na prethodno spomenuto. Slobodno se može ustvrditi kako je ovo jedna od do sada izrađenih dubinskih karata s najevidentnije iskazanim poprečnim rasjedima. Ti su rasjedi značajni i po horizontalnim pomacima svojih krila od 2 do 5 km (Velić, 1980b).

Poznata naftna polja u obrađivanom dijelu potoline uglavnom se podudaraju s prostorom smanjenih brzina vertikalnih tektonskih pokreta u odnosu na okolne vrijednosti. Takvi relativni minimumi ni približno ne preklapaju cijelo područje naftnih polja, već kao da se više radi samo o naznaci ili trendu opadanja srednjih brzina. Osobito dobri primjeri za to su polja Ivanić-Grad i Žutica-šuma.

Raspon izračunatih srednjih brzina vertikalnih tektonskih pokreta za pliocen zajedno s kvartarom kreće se od 25 do 400 m/mil. god. (tab. II, tab. IV). Komparirajući ove iznose u apsolutnom smislu s onima za miocen, uočava se do četiri puta približno povećanje. Ako se tome doda kako su ove pliocensko-kvartarne brzine ostvarene u tri puta kraćem vremenskom trajanju, tek se onda može dobiti približna slika bitno različitih brzina pokreta.

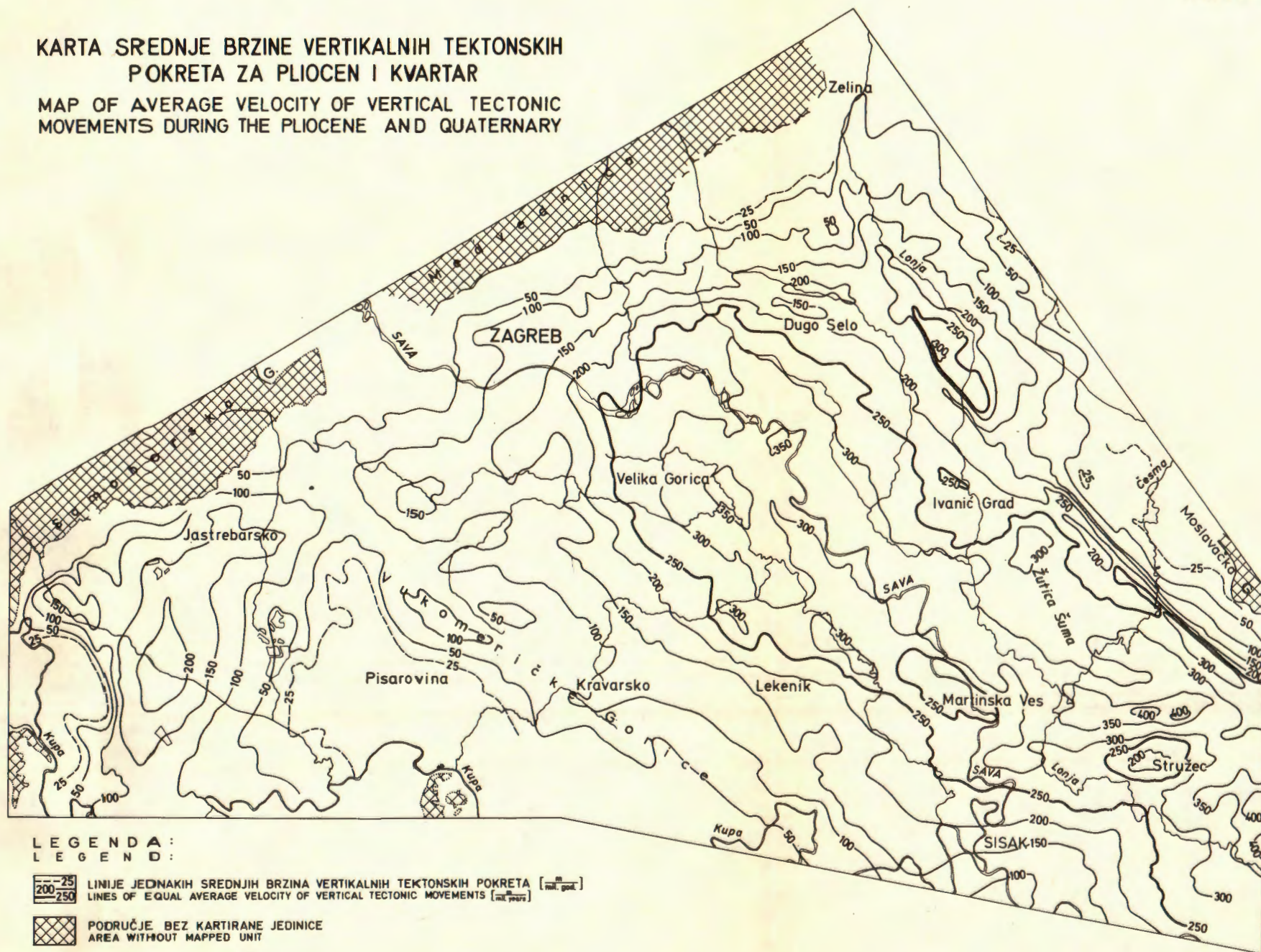
Prema protezanju izolinijska nameće se dojam o postupnom povećanju brzina idući od rubova prema središnjim dijelovima Karlovačke uleknine i Savske potoline. Nema diferenciranja područja koja bi ukazivala na

Velic: Akceleracija vertikalnih tektonskih pokreta...


TABLA - PLATE II


KARTA SREDNJE BRZINE VERTIKALNIH TEKTONSKIH
POKRETA ZA PLIOCEN I KVARTAR

MAP OF AVERAGE VELOCITY OF VERTICAL TECTONIC
MOVEMENTS DURING THE PIOCENE AND QUATERNARY



LEGENDA:
LEGEND:

 LINIJE JEDNAKIH SREDNJIH BRZINA VERTIKALNIH TEKTONSKIH POKRETA [mm/ans]
LINES OF EQUAL AVERAGE VELOCITY OF VERTICAL TECTONIC MOVEMENTS [mm/years]

 PODRUČJE BEZ KARTIRANE JEDINICE
AREA WITHOUT MAPPED UNIT

veću ili manju zastupljenost broja blokova ili struktura. Određena zgušnjavanja linija na zapadu uz Kupu te jugozapadno od Moslavačke gore potječu od povećane aktivnosti regionalnih rasjeda.

Najuzi predjel Karlovačke uleknine ograničen je izolinijom od 150 m/mil. god. s tim da je zamjetljivo proširenje aktivnosti prema Jastrebarskom i još malo dalje na istok. Ovdje je formirano »sedlo« prema Vukomeričkim goricama. Slično kao i tijekom miocena, predjel sjeverozapadno od Kravarskog je markantan po manjoj brzini (50 m/mil. god.). Očito se radi o jednom te istom bloku — jezgri ili ishodištu ovog danas brdovito-brežuljkastog područja koje se osobito intenzivno izdizalo (ili se znatno sporije spuštalo) u mlađem pliocenu i kvartaru. Ono se ne uočava na ovoj karti u spomenutom smislu budući je u račun uzeto vrijeme cijelog pliocena i kvartara.

Približno koritu rijeke Save do Martinske Vesi sa skretanjem na istok u okolici Stručeca prostire se pojas s najvećim srednjim brzinama vertikalnih tektonskih pokreta — 300 do 400 m/mil. god. S obzirom na ocrte izolinija može se zaključiti da se čitavo područje ponašalo kao manje-više jedna strukturalna cjelina s ravnomjernim porastom brzina prema danas najdubljim dijelovima potoline. Ipak, određeno malo zaostajanje oko Martinske Vesi i dalje podsjeća na nekadašnji horst.

Na tabli IV dobro se može zamijetiti pomak zone maksimalnih brzina spuštanja unutar Savske depresije prema jugozapadu. U tom smislu poznata su mišljenja od ranije prema kojima u srednjem i gornjem pliocenu dolazi do regionalnog naginjanja sedimentacijskog bazena prema jugu i jugozapadu i blagog utočavanja središnjeg dijela potoline približno duž toka Save (Kranjec i dr., 1972; Hernitz i Jurak, 1973; Kranjec i dr., 1978; Hernitz i dr., 1980).

Izolinije srednjih brzina protežu se po pravcu sjeverozapad—jugoistok do sjever—jug, osim djelomice u blizini Stručeca isto onako kao i na prethodnoj karti. Međutim, nešto manje je uočljiv utjecaj poprečnih rasjeda. Ne može se sa sigurnošću reći da li se radi o stvarnom smanjivanju horizontalnih pomaka ili je pulzacijski karakter tektonskih pokreta bitno prikrio i onemogućio njihovu rekonstrukciju. Ovakve nedoumice bile bi manje kad bi se srednje brzine proučavale za kraće vremenske intervale, ali metodama primjerenim istraživanju horizontalnih pokreta.

Lokacije naftnih polja Dugo Selo, Šumečani i Stručec dobro se poklapaju sa zatvorenim ocrtima izolinija jednakih srednjih brzina manjih vrijednosti od onih u neposrednoj blizini. S druge strane, polja Kloštar-Ivanić, Ivanić-Grad, Žutica-šuma i Okoli leže na mjestima gdje izolinije oblikuju »terase« ili »noseve«, dakle ograničavaju malo veće površine s minimalnim razlikama u brzinama kretanja. Prema tome zajednička im je odlika — pozicija unutar predjela usporenih, smanjenih brzina, ali samo u lokalnom smislu. Kad se analizira nešto šire, uočava se smještaj u »prijelaznom« području između zone s naglim porastom i zone s postupnijim porastom brzina.

AKCELERACIJA VERTIKALNIH TEKTONSKIH POKRETA

Za konstrukciju karte ubrzanja (akceleracije) vertikalnih tektonskih pokreta treba uzajamno uspoređivati karte brzina dvaju vremenskih od-

sječaka koji neposredno slijede jedan za drugim. Pri tom karta ubrzanja odražava smjenu brzina u vremenu što omogućava procjenu sinkronosti tektonskih pokreta u predjelima različitih struktura.

Pojedine situacije na priloženoj karti (tab. III) su vrlo zanimljive. Neki očekivani ocrti su izostali, a mnogo jače su se istakle indikacije poprečnih rasjeda s horizontalnom komponentom kretanja. Osim toga, izdiferencirani su blokovi za koje nije bilo tako naglašenih pokazatelja iskazanih u sadržaju karata srednjih brzina vertikalnih tektonskih pokreta za miocen i za pliocen s kvartarom. Evo nešto detaljnijih komentara.

Karlovačka uleknina okonturena linijom 5 m/(mil. god.)² cjelina je s određenom razvedenošću u sjeverozapadnom dijelu prema Samoborskoj gori, tj. s jednim manjim blokom povećane akceleracije. Pretpostavlja se da je to mogući lokalni refleks rasjeda Bihać—Karlovac—Krško.

Za područje Vukomeričkih gorica prvenstveno se mora konstatirati da gotovo i nisu naznačene izolacijama — čini se kao da pripadaju jugozapadnom krilu Savske depresije u užem smislu riječi. No, ipak ima elemenata po kojima se razlikuju od okolnih predjela. Razmak među izolacijama je veći u usporedbi s razmacima na preostalim dijelovima karte. Akceleracija se ovdje mijenja od 10 na 2,5 m/(mil. god.)² na udaljenosti od 8 do 10 km, dok se na prijelazu u najdublje dijelove potoline povećava za 10 m/(mil. god.)² na dužinama od 4 do 6 km. To upućuje na zonu smanjene tektonske aktivnosti — pretežno spuštanja, odnosno zonu koja se u relativnim odnosima izdiže. Mala »terasa« sjeverozapadno od Kravarskog potječe od prije spomenutog bloka u zaostajanju, kao prvog nagovještaja horsta Vukomeričkih gorica.

Linija jednakih ubrzanja vertikalnih tektonskih pokreta s vrijednošću 20 m/(mil. god.)² ograničava duboko utonulu zonu Savske potoline. Zamisljena os duž lika kojeg ocrta ova linija bila bi lomljena i translatarena za određeni pomak (do 5 km) na dva mjesta: sjeveroistočno od Lenika i sjeverozapadno od Stružeca. Ovim su potvrđeni rezultati prethodnih istraživanja (Velić, 1980b) prema kojima približno kroz te lokalitete brazde transkurentni lijevi rasjedi Donja Kupčina — Prevlaka — Marča i Glina — Stružec — Popovača.

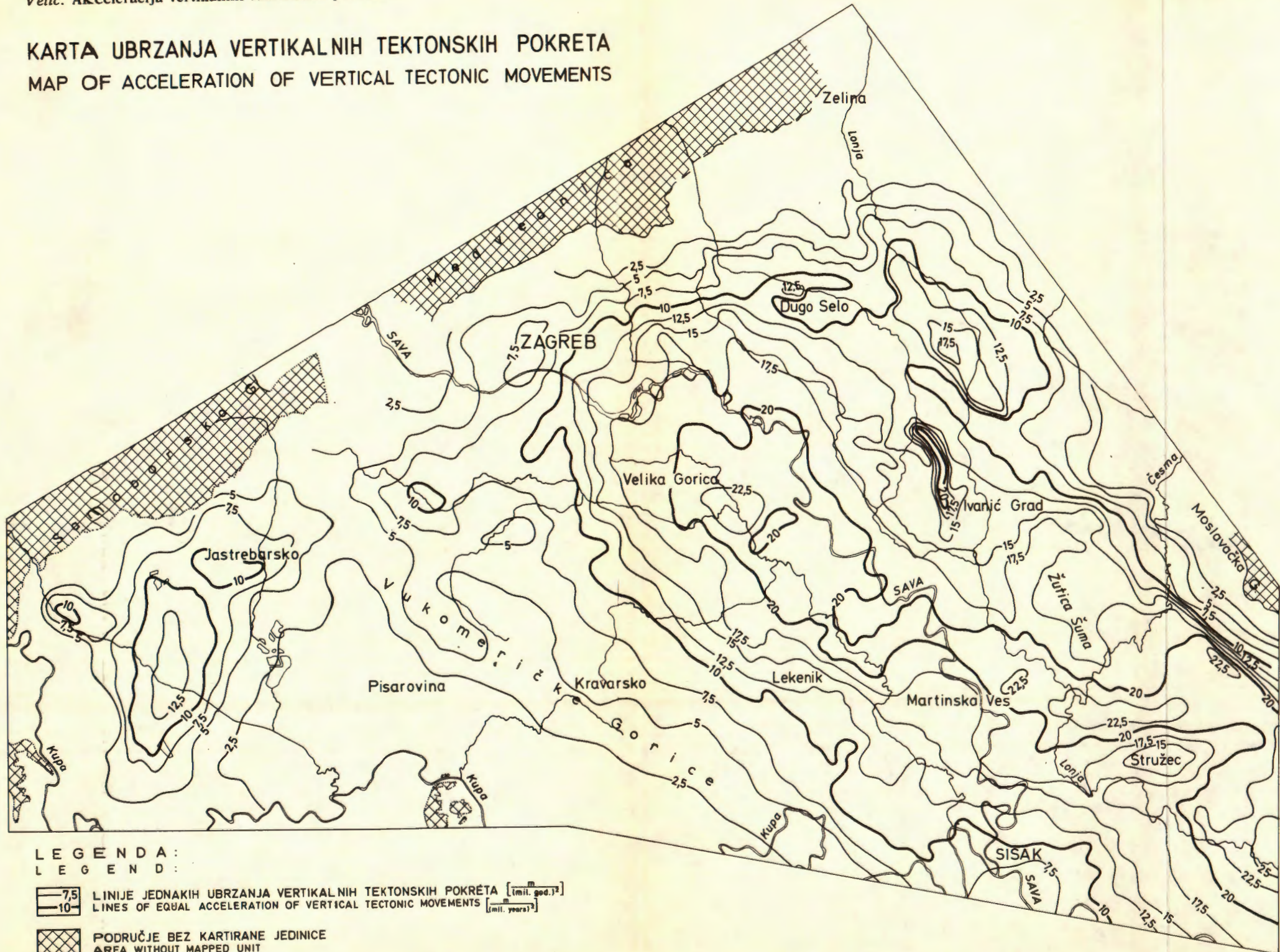
U ovoj diskusiji o horizontalnim pokretima unutar Savske depresije treba obratiti pozornost na jednu dosta neočekivanu pojavu akceleracija od 15 do 20 m/(mil. god.)² u okolici Ivanić-Grada. Pitanje je da li se radi o refleksu glavnog sjevernog potolinskog rasjeda ili o njegovoj pomakutoj zoni. Najvjerojatnija će biti druga pretpostavka, jer se dobro uklapa u shemu rasjeda s horizontalnim pomakom upravo za pretpostavljeni iznos kretanja. Nastavak ove zone treba očekivati u okolici južno od Dugog Sela.

Smanjenost akceleracije vertikalnih tektonskih pokreta upravo je karakteristična za područja naftnih polja. Kao u pravilu, izolacije ih »zobilaze« oblikujući »terase« ili »noseve«, dakle ponašaju se slično kao i na kartama srednjih brzina.

Neke od nedoumica koje proizlaze iz interpretacije svih triju karata, npr. kada počinje ujednačenost brzina pokreta ili kada se gubi rascjepkanoost na veliki broj blokova, kako i kada se Karlovačka uleknina proširuje na sjever i sjeveroistok, u kojoj fazi tijekom pliocena dolazi do izrazite diferencijacije Vukomeričkih gorica, kada točno započinju horizontalni

Velić: Akceleracija vertikalnih tektonskih pokreta ...

KARTA UBRZANJA VERTIKALNIH TEKTONSKIH POKRETA
 MAP OF ACCELERATION OF VERTICAL TECTONIC MOVEMENTS



LEGENDA:
 LEGEND:




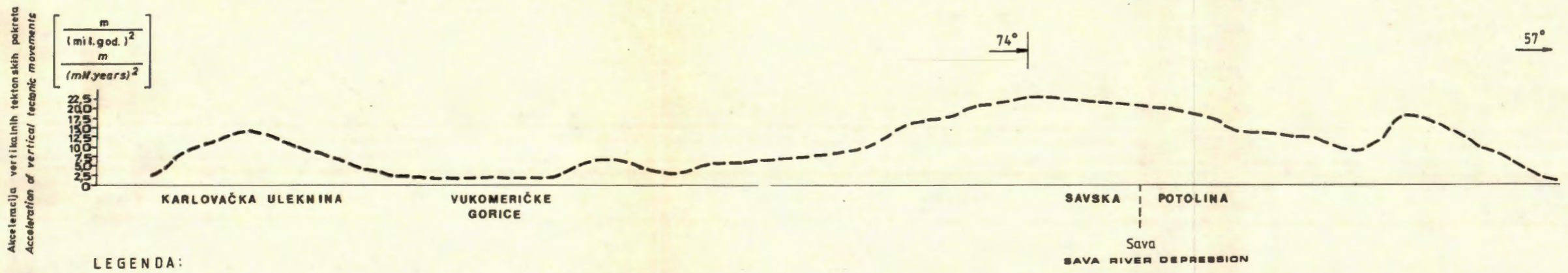
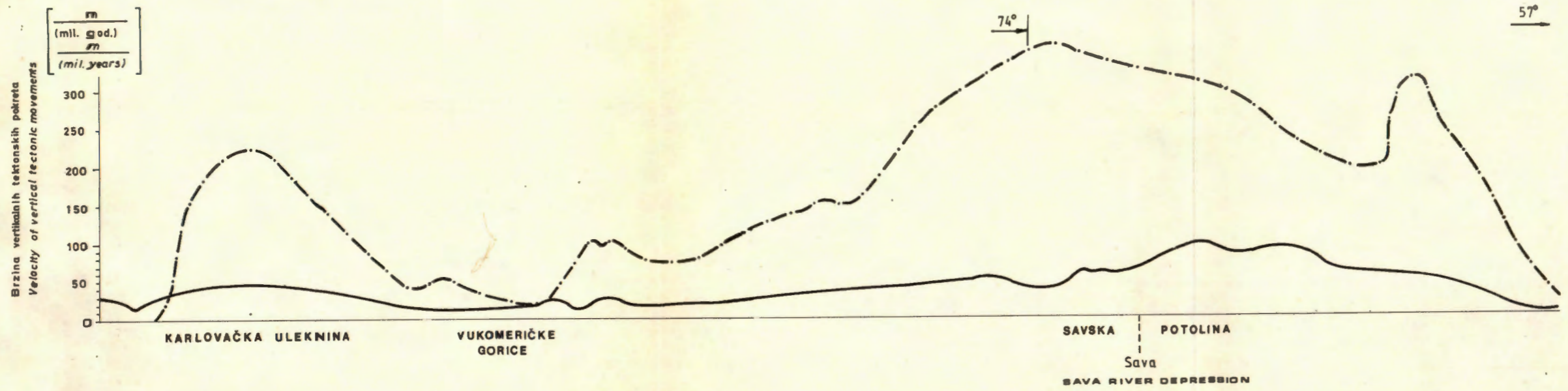

-  7,5 LINIJE JEDNAKIH UBRZANJA VERTIKALNIH TEKTONSKIH POKRETA [$\frac{m}{(mil. \text{ god.})^2}$]
-  10 LINES OF EQUAL ACCELERATION OF VERTICAL TECTONIC MOVEMENTS [$\frac{m}{(mil. \text{ years})^2}$]
-  PODRUČJE BEZ KARTIRANE JEDINICE
 AREA WITHOUT MAPPED UNIT


TABLA-PLATE IV


Velić: Akceleracija vertikalnih tektonskih pokreta...



LEGENDA:
LEGEND:

- 

SREDNJA BRZINA VERTIKALNIH TEKTONSKIH POKRETA ZA MIOCEN
AVERAGE VELOCITY OF VERTICAL TECTONIC MOVEMENTS DURING THE MIOCENE
- 

SREDNJA BRZINA VERTIKALNIH TEKTONSKIH POKRETA ZA PLIOCEN I KVARTAR
AVERAGE VELOCITY OF VERTICAL TECTONIC MOVEMENTS DURING THE PLIOCENE AND QUATERNARY
- 

UBRZANJE VERTIKALNIH TEKTONSKIH POKRETA
ACCELERATION OF VERTICAL TECTONIC MOVEMENTS

pomaci i kada kulminiraju, zašto se na pojedinim dionicama ne zapažaju zone regionalnih rasjeda — što ih je i kada maskiralo i dr. traže svoje odgovore i rješenja kroz rad na sličnim kartama, ali bi osnovicom trebale biti kraće vremenske jedinice.

ZAKLJUČAK

Sprovedenim istraživanjima u zapadnoj polovici Savske potoline (4.000 km²) došlo se do nekih novih ili upotpunjavanja već poznatih elemenata koje se odnose na slijedeću problematiku:

- brojnost blokova kroz vrijeme i prostor te njihovi međusobni odnosi,
- orijentacija značajnijih potolinskih rasjeda, tj. utjecaj uzdužnih i poprečnih rasjeda na srednje brzine i akceleraciju vertikalnih pokreta tijekom neogena i kvartara,
- razmještaj naftoplinoznih polja u odnosu na srednje brzine i akceleraciju vertikalnih tektonskih pokreta tijekom neogena i kvartara.

Za vrijeme miocena izražena je mnogobrojnost relativno malih blokova s različitim srednjim brzinama kretanja (spuštanja). Nasuprot tome, u pliocenu i kvartaru proučavano područje nije tako rascjepkano već se srednja brzina ravnomjerno povećava od rubova prema središtima Karlovačke uleknine i Savske potoline.

Zona maksimalnih brzina za miocen proteže se na relaciji Dugo Selo — Ivanić-Grad — Stručec što je od presudnog utjecaja na asimetričnost Savske potoline u to vrijeme. Tijekom pliocena i kvartara ta se zona pomiče prema jugozapadu te se izolinije najvećih brzina protežu približno uzduž korita Save. Potolina u užem smislu je okonturena približno iznosom akceleracije od 20 m/(mil. god.)².

Karlovačka uleknina cijelo se promatrano vrijeme iskazuje kao jedna strukturna cjelina s malim prostornim povećanjem u smjeru istoka i sjeveroistoka za vrijeme mlađe jedinice.

Vukomeričke gorice su karakterizirane ocrtima dvaju manjih minimuma srednjih brzina smještenih sjeverozapadno od Kravarskog i to za cijelo promatrano razdoblje. Jasno se ne ističu jedino na karti akceleracije, osim što su izolinije više razmaknute u usporedbi s okolnom situacijom.

Protezanje svih izolinija je generalno sjeverozapad—jugoistok što je sukladno s orijentacijom najznačajnijih, uzdužnih potolinskih rasjeda. Međutim, vrlo su dobro zamjetljivi utjecaji poprečnih rasjeda s horizontalnim pomacima. To posebno vrijedi za miocenski kat.

Prema povijanju linija jednakih vrijednosti akceleracija mogu se markerati poprečni rasjedi Donja Kupčina — Prevlaka — Marča i Glina — Stručec — Popovača te očitati veličine horizontalnog pomaka od oko 5 km. Nešto zapadnije od Ivanić-Grada konstatiran je lomljen i pomaknuti nastavak glavnog sjevernog potolinskog rasjeda upravo za spomenuti iznos horizontalnog kretanja.

Lokacije poznatih naftoplinonosnih polja podudarne su s područjima smanjenih srednjih brzina vertikalnih tektonskih pokreta. Općenito, u regionalnom smislu, leže na prijelazu između zone s naglim i zone s postupnim porastom brzina. Akceleracije su uvijek manje u odnosu na okolne vrijednosti.

Primljeno: 21. 6. 1982.

LITERATURA

- Barišić, M. (1980): O tangencijalnim kretanjima tercijalnih naslaga južno od strukture Mramor-Brdo s osvrtom na još neka takva kretanja u jugozapadnom dijelu Panonskog bazena. *Nafta*, 3, 115—121, Zagreb.
- Filjak, R., Pletikapić, Z., Nikolić, D. & Askin, V. (1969): Geologija nafte i prirodnog plina neogenskog kompleksa i njegove podloge u južnom dijelu Panonskog bazena. *Nafta*, 12, 583—598, Zagreb.
- Hernitz, Z. & Jurak, V. (1973): Primjena paleostrukturalne i statističke analize naslaga mlađega tercijara u području Ivanić-Grada (sjeverna Hrvatska). *Nafta*, 7—8, 343—367, Zagreb.
- Hernitz, Z., Velić, J., Kranjec, V. & Najdenovski, J. (1980): Prikaz diferencijalnih i maloamplitudnih struktura s primjerima iz Savske potoline. *Nafta*, 7—8, 399—409, Zagreb.
- Kranjec, V. (1972): O utvrđivanju najnovijih tektonskih pokreta i njihovu naftogeološkom značenju u savsko-dravskom području. *Nafta*, 10, 463—474, Zagreb.
- Kranjec, V., Hernitz, Z., Velić, J. & Prelogović, E. (1978): Neke karakteristike dubinske geološke građe u zapadnom dijelu Savske potoline. IX kongres geologa Jugoslavije, Zbornik radova, 87—102, Sarajevo.
- Kranjec, V. & Prelogović, E. (1974): O paleogeografskim i neotektonskim odnosima u tercijaru i kvartaru na teritoriju SR Hrvatske. *Geol. vjesnik*, 27, 95—112, Zagreb.
- Kranjec, V., Prelogović, E. & Hernitz, Z. (1972): Strukturno-geomorfološko proučavanje neotektonskih gibanja u dijelu Posavine između Zagreba i Siska te obziri kod planiranja gradnji. II simp. o hidrogeol. i inž. geol., 2, 163—186, Sarajevo.
- Kranjec, V., Prelogović, E., Šimon, J., Hernitz, Z. & Blašković, I. (1974): K boljem poznavanju geološke građe područja Dinarida i Panonskog bazena na osnovu nekih tipova morfometrijskih i dubinskih strukturalnih i litofacijalnih karata. III simp. Dinarske asocijacije, Zagreb, 1968., Izd. Inst. geol. istraž., 2, 21—38, Zagreb.
- Miljuš P. & Vugrinec, J. (1977): Neke osnovne crte geološke građe sjevernog dijela Hrvatske i karakteristike nakupljanja ugljikovodika. *Nafta*, 7—8, 425—440, Zagreb.
- Najdenovski, J. (1975): Lineamenti Savske potoline. *Nafta*, 4, 178—181, Zagreb.
- Najdenovski, J. & Hajnšek, S. (1978): Evolucija regionalnih rasjeda i njihova uloga u formiranju ležišta nafte i plina u Savskoj i Dravskoj potolini. *Nafta*, 4, 179—185, Zagreb.
- Pletikapić, Z. (1960): Grada Savske potoline na području između Zrinske i Moslavačke gore. *Geol. vjesnik*, 13, 121—131, Zagreb.
- Pletikapić, Z. (1969): Stratigrafija, paleogeografija i naftoplinonosnost Ivanić-Grad formacije na obodu moslavačkog masiva. Disertacija, Zagreb, 1965. Poseb. izd. Rud.-geol.-naftnog fak. Sveuč. u Zagrebu, 1—71, Zagreb.
- Prelogović, E. (1975): Neotektonska karta SR Hrvatske. *Geol. vjesnik*, 28, 97—108, Zagreb.
- Velić, J. (1980a): O razlikovanju neotektonskih struktura u zapadnom dijelu Savske depresije. *Geol. vjesnik*, 31, 175—183, Zagreb.
- Velić, J. (1980b): Geološka građa zapadnog dijela Savske depresije. Disertacija. Rud.-geol.-naftni fak. Sveuč. u Zagrebu, 1—139, Zagreb.

Acceleration of vertical tectonic movements during the Neogene and Quaternary in the western part of the Sava river depression

J. Veljić

Investigation in the western part of the Sava river depression (4.000 km²) lead to the results which are: some new cognitions and completing of the already known ones. They refer to the following problems:

- the number of blocks through the time and space, and their relations between each other;
- orientation of more important depression faults, that is the influence of longitudinal and transversal dislocations on the average velocity and acceleration of vertical tectonic movements during the Neogene and Quaternary;
- position of oil-gas fields in relation to the average velocity and acceleration of vertical tectonic movements during the Neogene and Quaternary.

During the Miocene the numerousness of relatively small blocks is noticeable, with different average velocities of movements (downthrowing). On the contrary, during the Pliocene and Quaternary the explored area was not split in so many blocks, but the average velocity was uniformly accelerating from the margins to the centre of Karlovac subsidence and the Sava river depression.

The zone of the maximum velocities (for the Miocene) extends in the direction Dugo Selo — Ivanić-Grad — Stružec, which is of the decisive influence on the asymmetry of the Sava river depression at that time. During the Pliocene and Quaternary this zone was moving towards south-west, so the lines of equal maximum velocities extend approximatively along the Sava channel. The depression in s. str. is marked with contour-lines of acceleration approx. 20 m/(mil. years)².

The Karlovac subsidence acted as one whole all the time, with only slight enlargements towards east and northeast during the younger unit.

Vukomeričke gorice are characterized by delineations of the two smaller minimums of the average velocities, placed northwest of Kravarsko for the entire observed period. On the acceleration map these delineations are not pointed out, except the contour-lines of acceleration which are somewhat wider spaced, as compared with the surrounding situation.

The extent of all contour-lines is generally NW-SE, congruently with the orientation of the most important longitudinal depression faults. Meanwhile, the influence of the transversal faults with horizontal movements is very noticeable, especially during the Miocene.

According to lines curvation of equal accelerations the following transversal faults can be traced: Donja Kupčina — Prevlaka — Marča and Glina — Stružec — Popovača. The horizontal movement of about 5 km can also be seen. Somewhat westwards from Ivanić-Grad the continuation of the main north depression fault was determined. It was faulted and horizontally dislocated for about 5 km.

Locations of the known oil-gas fields coincide with the areas of reduced average velocities of the vertical tectonic movements. In the regional sense, these fields are placed on the transition between the zone with rash and the zone with gradual acceleration. These accelerations are always lower regarding the surrounding rates.