

Geol. vjesnik	Vol. 42	str. 133—147	Zagreb 1989.
---------------	---------	--------------	--------------

UDK 551.248.2:550.34

Izvorni znanstveni članak

Neotektonski pokreti u području sjevernog Velebita i dijela Like

Eduard PRELOGOVIĆ

*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6,
YU — 41000 Zagreb*

Ključne riječi: Neotektonska aktivnost, Potresi, Mehanizam tektonskih pokreta

Key-words: Neotectonic activity, Earthquakes, Mechanism of the tectonic movements

Iznose se podaci o nastanku struktura i rasjeda te neotektonskoj aktivnosti. Predočena je moguća geološka građa u dubini i daje se njezina usporedba sa strukturama površine. Ukazuje se na faze neotektonskog razvitka, klasificiraju se aktivne strukture i rasjedi. Izdvajaju se seizmički aktivne zone i opisuju tektonska kretanja.

Data regarding the origin of the structures, faults and the neotectonic activity are put forth. A possible subsurface geological structure is presented and compared with the surface structures. Phases of neotectonic evolution are indicated and a classification of active structures and faults is given. The seismically active zones are indicated and tectonic movements are described.

UVOD

Istraživanja neotektonskih pokreta u području Dinarida posljednjih godina ukazala su na niz detalja o postanku struktura i razdobljima tektonske aktivnosti. Podstrek za podrobniju razradu prostora između Senja, Male Kapele, Gospića i Podvelebitskog kanala proizišao je iz novih podataka o seizmičkoj aktivnosti, dubinskoj geološkoj građi i odnosima Jadranske platforme i Dinarida. Također, u sjevernom dijelu Velebita pojedine lokalne strukture drukčijeg su pružanja od osnovnog protezanja Velebita i zone Velebitskog rasjeda. Isto tako seizmički aktivna zona Rijeke i Vinodola, u obuhvaćenom području, dijeli se u dvije manje: jednu koja prati Velebitski rasjed (veća koncentracija potresa između Jablanca i Senja) i drugu na potezu Otočac—Perušić—Gospić. Te činjenice je bilo interesantno protumačiti s neotektonskog gledišta. Odmah se javila potreba razrade dubinske i površinske geološke građe, utvrđivanja karakteristika neotektonskih i posebno najmlađih tektonskih pokreta, zatim izdvajanje i klasificiranje pojedinih neotektonskih struktura i rasjeda, te procjene odnosa neotektonske i seizmičke aktivnosti.

Za provedbu tih relativno opsežnih istraživanja poslužili su i brojni podaci iz objavljenih i stručnih radova. Najvažniji su radovi u kojima se opisuju strukturni odnosi, neotektonski pokreti, dubinska geološka građa i seizmičnost (npr. Aljinović, 1984; Aljinović i dr., 1984; 1987; Bahun, 1974; Fritz & Pavičić, 1975; Herak, 1986; Labaš, 1987; Nikler i dr., 1965; Prelogović i dr., 1988; Savezni geološki zavod 1972; 1974; Zagorac, 1975). Glavna djela koja su dala najviše podataka navode se u popisu literature, a na neke se osvrće i u tekstu. Uz prikazane karte opisuju se uglavnom bitne, nove spoznaje o neotektonskim odnosima. Za izradu neotektonske karte (sl. 1.) kao i za dio neotektonske interpretacije korišteni su neobjavljeni podaci S. Bahuna (fotogeološka interpretacija), te A. Pavičića, F. Frütza, A. Renića i J. Kapelja (detaljne geološke karte rađene za idejni projekt HE Kosinj). Na ustupljenim rezultatima istraživanja kao i na terenkim i kabinetskim stručnim diskusijama srdačno im se zahvaljujem.

PODACI O GEOLOŠKOJ GRAĐI

U neotektonskoj karti (slika 1) izdvojeni su samo glavni litostratigrafski kompleksi: mezozojske pretežno karbonatne naslage, zatim tercijarne naslage Jelar-formacije i kvartarne taložine. Detaljne geološke karte izrađene su u okviru Osnovne geološke karte SFRJ listovi: Otočac (Velić i dr., 1974), Rab (Mamužić i dr., 1969) i Gospić (Sokač i dr., 1976.). Postoje i karte manjih područja (npr. Bahun, 1963; Bahun & Fritz, 1975; Fritz & Pavičić, 1975), zatim poznate karte starijih autora (Koch, 1929; 1932; Poljak, 1929), fotogeološke karte, kompilacijske karte i karte izrađene u okviru disertacija (Sokač, 1973; Nikler i dr., 1965; Oluić i dr., 1972; Pavičić & Fritz, 1976).

Strukture obuhvaćenog područja predstavljene su ispravnim, kosim i prebačenim intenzivno rasjednutim borama. U pojedinim predjelima one se razlikuju po pružanju, sačuvanim dijelovima bora i međusobnom odnosu. Stoga se na površini razlikuje pet strukturnih jedinica (slika 1).

Velebit je Bakovačkim rasjedom razdijeljen na sjeverni i srednji dio. Predstavlja neotektonski najjužniji dio Dinarida i nalazi se u reversnom, navučenom odnosu prema strukturama Adrijatika. Različitost pružanja struktura i uzdužnih rasjeda u jedinicama Velebita, kao i uzdužnih rasjeda u zaleđu (paralelno krškim poljima) ukazuje da reversno pomicanje i navlačenje nije izvršeno odjednom. Tome svjedoči i rasprostranjenost naslaga Jelar-formacije, te međusobni odnosi i aktivnost rasjeda. U jedinici Srednji Velebit (1) prati se os antiklinorija od doline Bakovca s pružanjem gotovo S—J. Uočava se znatna razlomljenost zapadnog krila u zoni Velebitskog rasjeda. Jedinica Sjeverni Velebit (2) u odnosu na prethodnu je rotirana, pa su strukture pružanja SZ—JI i SSZ—JJI. Očito je prvotno ta jedinica spuštена duž Bakovačkog rasjeda, a u mlađem neotektonskom razdoblju uzdignuta i pomicana. Jedinica Ličko sredogorje, uočena geološkim kartiranjem (Velić i dr., 1974), mora se podijeliti u dva dijela. U odnosu na Velebit područje Pazarište — Gospić (3) odijeljeno je normalnim Ličkim rasjedom duž kojeg je relativno spuštено. Međutim, u mlađem neotektonskom razdoblju sjever-

no od Donjeg Pazarišta uzdignute strukture dolaze u reversne odnose. Područje Ponorsko jezero — Kosinj (4) odlikuje se po tome što su strukture pružanja ZSZ—IJI i SZ—JI dijagonalno presječene s nekoliko izrazitih rasjeda pružanja SSZ—JJI. Gacko polje proteže se granicom prema jedinici Mala Kapela — Plješivica (5).

Rasjedi su izdvojeni na temelju površinskog geološkog i geomorfološkog kartiranja, satelitskih i avio snimaka, te geofizičkih karata. Izdvajaju se:

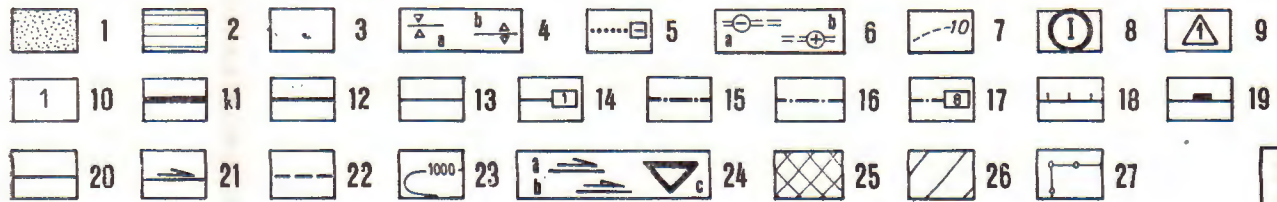
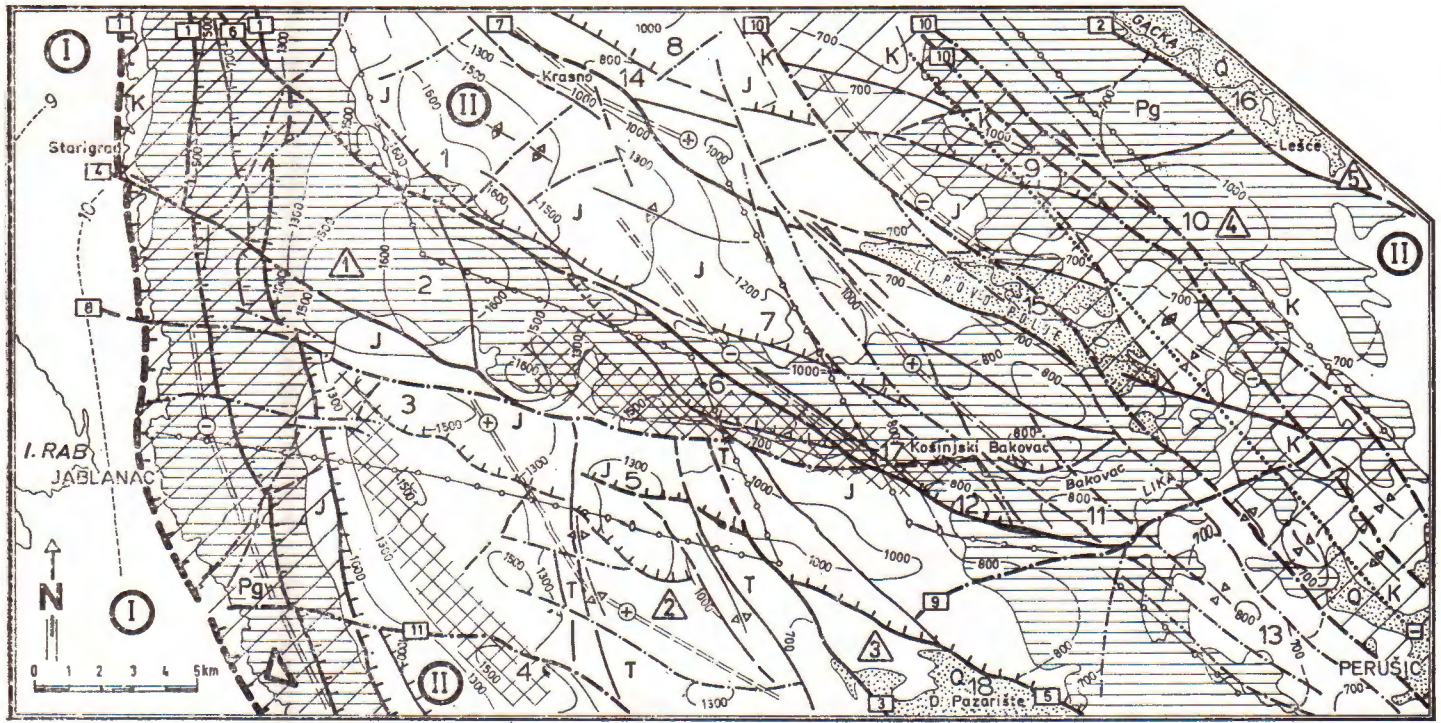
- uzdužni rasjedi pružanja SZ—JI (ZSZ—IJI) te pojedine dionice u Velebitu SSZ—JJI do S—J;
- dijagonalni rasjedi pružanja SSZ—JJI i I—Z, te
- dijagonalni do poprečni rasjedi pružanja SSI—JJZ i SI—JZ.

Uzdužni rasjedi su većinom reversni, a poneki i normalni. Nagibi paraklaza relativno su strmi i dosižu 60° do 70° . Rasjedi iz čela navlake Dinarika su nagiba 30° do 60° . Dijagonalni rasjedi strmijeg su nagiba, neki i vertikalni. Na slici 1. izdvojeni su neotektonski aktivni rasjedi. Najvažniji u strukturnom sklopu je Velebitski rasjed (1). Predstavljen je zonom u kojoj se ističu tri trase. Također se ističu rasjedi pružanja ZSZ—IJI koji se u Velebitu iskazuju kao aktivni u mlađem neotektonskom razdoblju (Starigradski rasjed — 4, Donjepazariški rasjed — 5, rasjed Lukovo — Lomska Duliba — Bakovac — 6; rasjed Krasno — Lipovo polje — 7), zatim rasjedi iz zone Vratnik — Senjsko bilo — Perušić (10), te Gacki rasjed (2), Bakovački rasjed (8) i Lički rasjed (3).

Geološka građa u dubini otkriva se pomoću geofizičkih karata i seizmičkih profiliranja (Savezni geološki zavod, 1972; 1974; Zagorac, 1975; Labaš, 1987; Aljinović, 1984; Aljinović i dr., 1984). Profil dubokog seizmičkog sondiranja (do Moho diskontinuiteta) prolazi trasom Zadar — Udbina (Aljinović i dr., 1987).

Gravimetrijske anomalije predočavaju raspored stijena različite gustoće u prostoru. Osí najvećih minimuma i maksimuma reziduala ukazuju na protezanje takvih stijena, zapravo blokova ili struktura vjerojatno do dubina 7 km (vjerojatno 10 km). Najveći maksimum nalazi se u srednjem dijelu Velebita (slika 1). Relativno velike vrijednosti reziduala znače da su kristalinske stijene blizu površine. Duž Bakovačkog rasjeda one su skokovito spuštene. Pružanje osi maksimuma i minimuma paralelno je strukturama na površini, ali su u projekciji pomaknute prema SI. To ukazuje da se radi o reversnim strukturama. Zasebno se izdvaja izraženi minimum kod Jablanca s protezanjem osi gotovo S—J. Os prati pružanje Velebitskog rasjeda. Očito je da minimum označava spuštene i podvučene stijene pod zonu Velebitskog rasjeda. Podvlačenje je izraženo i na seizmičkim profilima u predjelu Raba, Jablanca i Starigrada. Podinska ploha pretežno karboatnog kompleksa stijena nalazi se na dubinama 9 i 10 km i pokazuje tendenciju spuštanja prema istoku.

Iz gravimetrijskih karata osobito se ističu dvije zone rasjeda. Prva obilježava Bakovački rasjed. U usporedbi s trasom na površini razabire se da je rasjed normalan i strmog nagiba. Druga zona označava Velebitski rasjed u dubini. Prema trasi na površini taj rasjed je reversni i blagog nagiba prema SI.



Sl. Fig. 1

NEOTEKTONSKA KARTA

(korišteni podaci: OGK SFRJ listovi: Otočac — Velić i dr., 1974; Rab — Mamužić i dr., 1969; Gospić — Sokač i dr., 1974; geološko kartiranje — Pavičić i dr., 1988; fotogeološke interpretacije — Bahun iz Prelogović i dr., 1988; i dubinske građe — Aljinović, 1984; Zagorac iz Cvijanović i dr., 1979)

A. Stijene na površini. 1 — kvartar (Q): pretežno aluvij i proluvij; 2 — tercijar-paleogen (Pg): vapnenačke breče, konglomerati i vapnenci; 3 — mezozoik (T-trijas, J-jura, K-kreda): pretežno vapnenci i dolomiti, podređeno vapnenačke breče, te samo u trijasu klastiti.

B. Strukture. 4 — osi a) sinklinala i b) antiklinala u mezozojskim naslagama. Relativno uzdignute i spuštene strukture ili veliki tektonski blokovi unutar kompleksa stijena u dubini: 5 — osi minimuma izostatskih gravimetrijskih anomalija; 6 — osi najvećih minimuma (a) i maksimuma (b) gravimetrijskog reziduala (stijene različite gustoće relativno više spuštene ili uzdignute); 7 — izobate podinske plohe karbonatnog kompleksa naslaga u km. Strukturna rajonizacija: 8 — jedinice Dinarida (I — Adrijski, II — Dinarik); 9 — strukturne jedinice iz neotektonskog razdoblja (nizovi uspravnih i prebačenih struktura, većinom u reversnom odnosu): Sjeverni Velebit (1); Srednji Velebit (2); Ličko sredogorje, područje Pazarište-Gospić (3); Ličko sredogorje, područje Ponorsko jezero-Kosinj-Perušić-Bunić (4); Mala Kapela-Plješivica (5); 10 — važnije lokalne uzdignute (11–13) i spuštene (14–18) strukture iz neotektonskog razdoblja: Pleševica-Rajinac (1); Crikvena-Kozjak (2); Goljak (3); Satorina-Medvedovo brdo-Zečjak (4); Javornik-iPljevina-Celinka (5); Lisac (6); Oštrica-Veliki Konj (7); Iliina Greda (8); Kosinjski vrh (9); Markovića Rudina-Lisina (10); Veliki Duman (11); Kuk-Veliki vrh (12); Risovac (13); Krasno (14); Lipovo Polje (15); Gacko Polje (16); Bakovac (17); Donje Pazarište (18).

C. Rasjedi. Uzdužni rasjedi osnovnog pružanja SZ—JI (ZSZ—JJI) te pojedine dionice u Velebitu SSZ—JJI do S—J: 11 — regionalni Velebitski rasjed (trasa glavnog rasjeda), granični jedinicama Dinarida i seizmotektonskim provincijama; 12 — granični rasjedi izdvojenim strukturnim jedinicama, zatim rasjedi iz zone Velebitskog rasjeda, te najvažniji rasjedi pružanja SZ—JI (ZSZ—JJI) aktivni u najmlađem dijelu neotektonskog razdoblja; 13 — prateći rasjedi i ogranci važnijih rasjeda koji su osobito izraženi u reljefu; 14 — važniji rasjedi: zona Velebitskog rasjeda (1); Gacki rasjed (2); Lički rasjed (3); Starigradski rasjed (4); Donjepazariški rasjed (5); rasjed Lukovo-Lomska Duliba-Bakovac (6); rasjed Krasno-Lipovo Polje (7); Dijagonalni do poprečni rasjedi pružanja SSZ—JJI, zatim SSI—JJZ te gotovo I—Z: 15 — važniji rasjedi granični izdvojenim strukturnim jedinicama, zatim rasjedi koji presijecaju Velebit, te rasjedi iz zone Vratnik-Senjско-bilo-Perušić; 16 — rasjedi koji presijecaju pojedine strukture ili ograničavaju tektonske blokove te prateći rasjedi i ogranci važnijih rasjeda koji su osobito izraženi u reljefu; 17 — važniji rasjedi: Bakovački rasjed (8); Krušički rasjed (9); zona rasjeda Vratnik-Senjско-bilo-Perušić (10); rasjed Vranjak-Satorina-Bjelovina; 18 — reversni rasjed; 19 — normalni rasjedi; 20 — rasjedi bez sigurno definiranog karaktera (subvertikalni ili vertikalni te kosi, normalni ili reversni); 21 — rasjedi s naznakom horizontalnog pomaka; 22 — pretpostavljene dionice rasjeda

D. Amplitude neotektonskih pokreta. 23 — sumarne amplitude vertikalnih neotektonskih pokreta (u metrima); 24 — sumarne amplitude horizontalnih neotektonskih pokreta, dionice smicanja: a) do 1 km; b) 1–2 km (u zoni rasjeda) i dionice tangencijalnih pomicanja; c) 6–8 km (od površine do nivoa —10 km)

E. Neotektonski najaktivnije zone. 25 — zone najvećih gravimetrijskih gradijenata (dubine 7–10 km); 26 — zone Velebitskog rasjeda i rasjeda Vratnik-Senjско-bilo-Perušić; 27 — zona veće razlomljenosti, prestrukturiranja i promjene pružanja struktura u graničnom predjelu seizmotektonskih provincija

NEOTECTONIC MAP

(using the data: of the geological maps: Otočac — Velić et al., 1974; Rab — Mamučić et al., 1969; Gospić — Sokač et al., 1974; of the geological mapping — Pavičić et al., 1988; of the fotogeological interpretation — Bahun from Prelogović et al., 1988; of the deep geological structure — Aljinović, 1984; Zagorac from Cvijanović et al., 1979)

A. Rocks of the surface. — 1 — quaternary (Q): predominantly alluvium and proluvium; 2 — tertiary-paleogene (Pg): calcareous breccias, conglomerates and limestones; 3 — mesozoic (T-triassic, J-jurassic, K-cretaceous): predominantly limestones and dolomites, subordinate calcareous breccias, and clastic rocks only in triassic

B. Structures. 4 — axis of a) synclines b) anticlines in mesozoic beds. Relatively uplifted and subsided structures or big tectonic blocks inside rocks complex in depth; 5 — axis of the minimums of isostatic gravimetric anomalies; 6 — axis of the greatest minimums (a) and maximums (b) of gravimetric residual (rocks of different density relatively more subsided or uplifted); 7 — isobathes of the carbonate foot wall (in km). Structural regionalization: 8 — Dinarides units (I-Adrijatik, II-Dinarik); 9 — structural units of the neotectonic time (series of the vertical and inverted structures, mostly in reverse relation): North Velebit (1); Middle Velebit (2); Liška highlands, region Ponorsko jezero-Kosinj-Perušić-Bunić (4); Mala Kapela-Plješevica (5); 10 — more important local uplifted (1—13) and subsided (14—18) structures of the neotectonic time: Pleševica-Rajinac (1); Crikvena-Kozjak (2); Goljak (3); Satorina-Medvedovo brdo-Zečjak (4); Javornik-Piljevina-Celinka (5); Lisac (6); Oštrica-Veliki Konj (7); Ilina Greda (8); Kosinjski vrh (9); Markovića Rudina-Lisina (10); Veliki Duman (11); Kuk-Veliki vrh (12); Risovac (13); Krasno (14); Lipovo oPlje (15); Gacko Polje (16); Bakovac (17); Donje Pazarište (18).

C. Faults. — Longitudinal faults primary strike direction NW—SE (WNW—ESE) and occasional stretches in Velebit Mountain NNW—SSE to N—S: 11 — regional Velebit fault (trace of main fault) boundary of the units of Dinarides and seismotectonic provinces; 12 — faults boundary of the separate structure units, than faults from the zone of Velebit fault, and the most important faults strike direction NW—SE (WNW—ESE) active in the youngest part of the neotectonic time; 13 — accompanying faults and branches of the more important faults which are particularly marked in relief; 14 — more important faults: zone of Velebit fault (1); Gacko fault (2); Liška fault (3); Starigrad fault (4); Donje Pazarište fault (5); Lukovo-Lomska Dulina-Bakovac fault (6); Krasno-Lipovo Polje fault (7); Diagonal to transverse faults strike direction NNW—SSE than NNE—SSW and almost E—W: 15 — more important faults boundary of the separate structure units, than faults which cutting across the Velebit Mountain and faults from the zone Vratnik-Senjsko bilo Perušić; 16 — faults which cutting across some structures or bounding tectonic blocks than accompanying faults and branches of more important faults which are particularly marked in relief; 17 — more important faults: Bakovac fault (8); Krušćica fault (9); zone of Vratnik-Senjsko bilo-Perušić fault (10); Vranjak-Satorina-Bjelovina fault (11); 18 — reverse faults; 19 — normal faults; 20 — faults without surely defining character (subvertical or vertical, than inclined, normal or reverse); 21 — fault with horizontal slip; 22 — supposed stretches of faults

D. Amplitudes of neotectonic movements. — 23 — summary amplitudes of vertical neotectonic movements (in metres); 24 — summary amplitudes of horizontal neotectonic movements, stretches of shearing a) to 1 km, b) 1—2 km (in faults zone) and stretches of tangential moving, c) 6—8 km (from surface to lever —10 km).

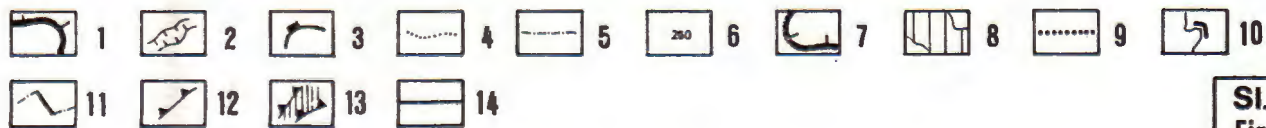
E. The most active neotectonic zones. — 25 — zone of Velebit faults and Vratnik-Senjsko bilo-Perušić fault; 27 — zone of more intense fracturing, restructuring and changing in the direction of strike of the structures in boundary part of seismotectonic provinces

Geološka građa izravno se odražava u reljefu površine. Pojedine faze neotektonskog razvitka ostavile su bitnog traga u oblicima reljefa. Najjasnije se odražavaju oblici nastali u najmlađem aktivnom razdoblju. U slici 2 prikazani su najkarakterističniji oblici reljefa i erozijske mreže pokazatelji tektonskih pokreta, aktivnih struktura i rasjeda. Osim tipa erozijske mreže na predjele uzdizanja upućuju duboke i najčešće strmo usječene doline i kanjoni. Oni se u reljefu stvaraju obično duž trase rasjeda. Dubina erozionog ureza označava relativne amplitude uzdizanja okolnih brda. Kod pojedinih dolina dubina ureza premašuje 500 m. Poseban tip paralelnih dolina (dubina ureza do 200 m) javlja se u zoni Velebitskog rasjeda. Strme padine (visinska razlika mjestimice 400—500 m) ponegdje u dva ili tri niza vjerojatno odražavaju pojedine faze uzdizanja. Na mjestima tonjena struktura susreću se anomalije dolina u obliku luka, a na dionicama presijecanja uzdignutih struktura doline su pravocrtne. Predjele spuštavanja pokazuju: tip erozijske mreže, znatna proširenja dolina i akumulacija kvartarnih naslaga.

Oblicima reljefa i cjelokupnom njegovom morfološkom izgledu u velikoj mjeri doprinose rasjedi. Uz trase aktivnih rasjeda nastaju novi oblici reljefa. Najbolji pokazatelji rasjeda jesu: paralelni tip erozijske mreže i osobito, duž trasa važnijih rasjeda, samostalne pravocrtne doline, zatim koljениčaste anomalije dolina (javljaju se kada rasjedi presijecaju doline), odsječene i strme padine (uz rasjede duž kojih dolazi do naglijeg uzdizanja reljefa) i deformacije razvodnica (u zonama rasjeda koji sijeku istaknute oblike reljefa). Lociranju rasjeda doprinose još vrtače, pojave izvora, nagli prekidi izrazito strmih padina i izostajanje vrtača u osobito razlomljenom reljefu.

Iz prikupljenih podataka moguće je detaljnije protumačiti geološki razvitak. Najavu raspadanja mezozojske karbonatne platforme predstavljaju pokreti krajem krede kada dolazi do hijatusa u sedimentaciji. Međutim, najvažnije je tercijarno razdoblje. U srednjem eocenu počinju se dešavati znatnije diferencijacije postojećih morskih i kopnenih prostora uz odlagane flišnih naslaga. Očituju se prva izdizanja uz stvaranje reversnih struktura koje se pribrajaju neotektonskom razdoblju. Njihovom dezintegracijom nastaju velike mase karbonatnih klastita koji čine Jelar-formaciju. Prvo stvaranje započelo je u predjelu Velike i Male Kapele i doline Une. Strukture tih predjela su i najstarije i predstavljale su čelo reversnih struktura i navlaka u vremenu eocen-donji oligocen. U obuhvaćenom području naslage Jelar-formacije vjerojatno predstavljaju dvije do tri (ili možda više) generacija nastalih u razdobljima pomicanja i dezintegracije reversnih struktura. Najmlađa se nalazi duž priobalnog dijela Velebita.

U oligocenu se počinju taložiti i naslage u Jadranskom bazenu. Sedimentacija traje u neogenu i kvartaru, ali sa značajnijim prekidima u srednjem miocenu i na početku pliocena. Velike debljine naslaga ukazuju i na znatno izdizanje u području Dinarida. U razdoblju gornji oligocen — miocen postupno se formiraju osnovne strukture obuhvaćenog područja uz dominaciju tangencijalnih kretanja. Neogen je razdoblje i najvećih amplituda neotektonskih pokreta. Zadnja aktivna faza obuhvaća gornji pliocen i kvartar. Osobito su izraženi pokreti u zoni Dugootočnog rasjeda koji je u dubini povezan s Velebitskim rasjedom. To je i vrijeme najveće aktivnosti uzdužnih rasjeda u Velebitu pružanja SZ—JI



Sl.
Fig. 2

(ZSZ—III). U gornjem pliocenu i donjem pleistocenu mjestimice se odlažu slatkovodne naslage koje se danas nalaze na različitim visinama i presječene su rasjedima. Kvartarne taložine u krškim poljima označavaju eroziju i izdizanje okolnih planina. Na najmlađe kvartarne pokrete ukazuju fluvioglacialni sedimenti i njihove terase na različitim visinama, a pojave potresa svjedoče da pokreti traju i danas.

NEOTEKTONSKA AKTIVNOST

Neotektonska aktivnost ovisi o veličini pokreta, odnosima različitih stijena u dubini i intenzitetu tektonskih kretanja. Skokoviti pomaci stijena događaju se u zonama rasjeda. Veličine skoka i hoda u krilima rasjeda izdvajaju neotektonski aktivne zone. Pri tom treba imati na umu da su ti pomaci samo komponente cjelokupnog tektonskog kretanja — podvlačenja masa stijena u dubini i navlačenja bliže površini.

Vertikalni neotektonski pokreti procijenjeni su na temelju deformacija naslaga Jelar — formacije, pliocenskih i kvartarnih sedimenata, usporedbom sa susjednim područjima, te rasporeda i deformacija geomorfoloških površina. Sumarne amplitude vertikalnih neotektonskih pokreta prikazane su izolinijama u slici 1. Zatvorene konture izo-

KARTA STRUKTURNO-GEOMORFOLOŠKIH PODATAKA

A. Najkarakterističniji oblici reljefa i anomalije erozijske mreže — pokazatelji najnovijih tektonskih pokreta i struktura. Pokazatelji predjela izdizanja: 1 — centrifugalni tip erozijske mreže; 2 — kanjoni ili strmo usječene doline; 3 — anomalije dolina i rijeka u obliku luka; 4 — duboko usječena dolina; 5 — razvodnice; 6 — dubina erozionog ureza. Pokazatelji predjela spuštanja: 7 — centripetalni tip erozijske mreže; 8 — dionice povećane akumulacije

B. Najkarakterističniji oblici reljefa i anomalije erozijske mreže — pokazatelji aktivnih rasjeda. 9 — paralelni tip erozijske mreže ili samostalne pravocrtne doline; 10 — koljeničaste anomalije dolina; 11 — deformacije razvodnica u zonama rasjeda; 12 — odsječene ili strme padine; 13 — izrazito strme padine s naznakom visinske razlike

C. Rasjedi. 14 — dionice rasjeda prema geomorfološkim pokazateljima

MAP OF THE STRUCTURAL-GEOMORPHOLOGY DATA

A. The most characteristic forms of relief and anomalies of the erosion grid — indicators of new tectonic movements and structures. Indicator of parts of uplifted: 1 — centrifugal type of erosion grid; 2 — canyons or dolines steeply cutting; 3 — anomalies of dolines and rivers at the forms of arc; 4 — deep cutting into dolina; 5 — surface water divide; 6 — deep of erosion cut. Indicator of parts of subsided: 7 — centripetal tip of erosion grid; 8 — stretches of increase accumulation.

B. The most characteristic forms of the erosion grid — indicators of active faults. 9 — parallel tip of erosion grid or independent linear dolines; 10 — anomalies of dolines at form of knee-joint; 11 — deformation of surface water divide in the zones of faults; 12 — cut off or steep slope; 13 — markedly steep slopes with difference in altitude.

C. Faults. 14 — stretches of faults towards geomorphology indicators

linija ocrtavaju pojedine strukture i tektonske blokove. U obuhvaćenom području najviše je uzdignut Velebit i to izrazito asimetrično s protezanjem zamišljene osi neposredno paralelno Velebitskom rasjedu. Amplitude dosižu 1600 m.

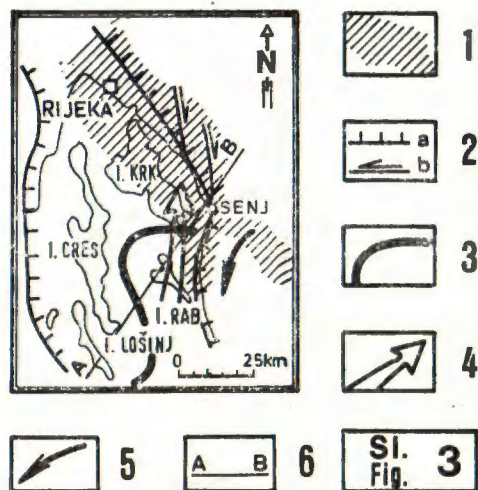
Horizontalni neotektonski pokreti uključuju tangencijalne pomake i horizontalna smicanja. Kod ovih drugih pokreta vjerojatno se radi o dijagonalnom rezultantnom kretanju s obzirom na horizontalnu ravninu. Pomaci se zapažaju duž reversnih rasjeda pružanja SZ—JI (ZSZ—IJI) i dijagonalnih rasjeda pružanja SSZ—JJI. U zoni tih rasjeda ukupan pomak dosiže 3,8 km. Tangencijalni pokreti procjenjuju se iz odnosa površinskog javljanja rasjeda i položaja najvećih gravimetrijskih gradijenata koji su odraz rasjeda na dubinama vjerojatno do 7 km. Najveći pomak odnosi se na Velebitski rasjed i iznosi 6 do 8 km.

Prema veličini vertikalnih i horizontalnih pokreta izdvajaju se najaktivnije dionice rasjeda:

- zona Velebitskog rasjeda: vertikalni pomak na površini oko 1200 m, procijenjeno iz geološkog profila oko 3000 m (uz površinu); tangencijalni pomak 6—8 km od površine do dubine 7 km; najveća aktivnost u neogenu i kvartaru; širina zone na površini 4—6 km;
- zona rasjeda Vratnik — Senjsko bilo — Perušić: vertikalni pomak nepoznat, osim podatka o pomaku pliocensko-kvartarnih laporovitih glina od 100 m (Fritz & Pavičić, 1975); horizontalna komponenta pomaka do 3,8 km; rasjedi aktivni u pliocensko-kvartarnoj tektonskoj fazi; sijeku i reversne rasjede pružanja SZ—JI (ZSZ—IJI); širina uže zone oko 5 km, a šire zone do 10 km;
- Starigradski rasjed, Donjepazariški rasjed i rasjed Lukovo — Lomska Duliba — Bakovac: vertikalni pomak u cijelosti nepoznat, a na površini do 150 m (vjerojatno najmlađe razdoblje); tangencijalni pomak oko 4,5 km; aktivni u pliocenu i kvartaru;
- Bakovački rasjed: vertikalni pomak procijenjen iz geološkog profila oko 1500 m uz površinu; vjerojatno najveća aktivnost u neogenu; presječen rasjedima pružanja SZ—JI (ZSZ—IJI) i SSZ—JJI.

Tektonske pokrete prati seizmička aktivnost. Postoji izrazita koncentracija epicentara potresa između Rijeke i Senja. Time je zacrtana seizmotektonski aktivna zona (slika 3). Za povezivanje pojave potresa, tektonskih kretanja i geološke građe seizmotektonski aktivnu zonu treba promatrati u prostoru. U tu svrhu konstruiran je profil preko jedinica Adrijatika i Dinarika i dijelova Jadranske platforme u dubini (slika 4). Iz rasporeda žarišta potresa i podatka o geološkoj građi došlo se do slijedećih zaključaka:

- granična ploha između kompleksa stijena Jadranske platforme koja se podvlači pod Dinaride u prostoru je koso nagnuta prema kopnu pod blagim kutom kojeg markiraju žarišta potresa;
- koncentracije žarišta potresa prate Dugootočni rasjed (na površini se nalazi kod otoka Lošinja) i izdvojene zone Velebitskog rasjeda i rasjeda Vratnik — Senjsko bilo — Perušić;



KARTA SEIZMOTEKTONSKE AKTIVNOSTI

(korišteni podaci Geofizičkog zavoda o seizmičnosti iz Prelogović i dr., 1988. i dubinske građe — Aljinović, 1984)

Legenda:

1 — seizmički aktivna zona; 2 — glavni seizmotektonski aktivni rasjedi: a) reversni rasjedi, b) rasjedi s horizontalnim pomakom; 3 — granica između sjevernog i srednjeg dijela Jadranske platforme na dubini 4 do 10 km; 4 — smjer rotacije Jadranske platforme u dubini; 5 — smjer rotacije geoloških struktura na površini; 6 — seizmotektonski profil.

MAP OF THE SEISMOTECTONIC ACTIVITY

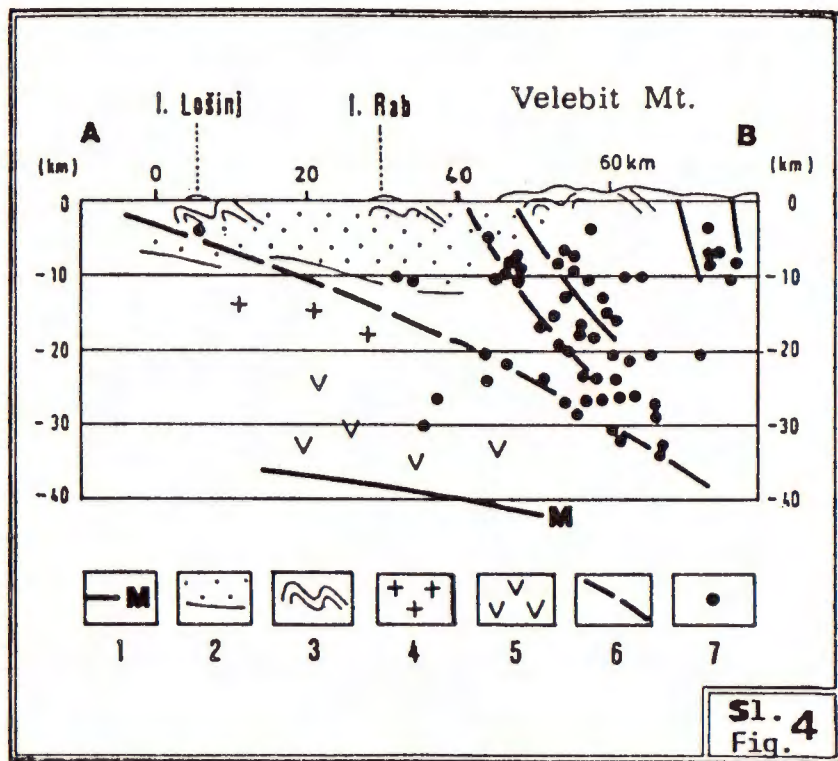
(using the data of the Geophysical Institute about seismicity from Prelogović et al., 1988. and of the deep geological structure — Aljinović, 1984)

Legend:

1 — seismically active zones; 2 — main seismotectonic active faults: a) reverse faults, b) faults with horizontal slip; 3 — boundaries between northern and middle part of the Adriatic platform at the depth of 4 to 10 km; 4 — direction of rotation of the Adriatic platform parts in depth; 5 — direction of rotation of the geological structures at the free surface; 6 — seismotectonic profile.

- strukturne jedinice Dinarika navučene su na jedinice Adrijatika, a ove na strukture Jadranske platforme;
- najveće koncentracije žarišta potresa na dubinama 5 do 20 km nalaze se u dodirnoj zoni Dinarika i Adrijatika; dublja žarišta prate graničnu plovu između podvučenih kompleksa stijena Jadranske platforme i navučenih struktura Dinarida; u zoni rasjeda Vratnik — Senjsko bilo — Perušić (zapravo razloma nastalog iza navlaka koji se pomiču prema JZ) žarišta potresa se javljaju na dubinama do 10 km;

Uspoređujući seizmološke i geološke podatke razabire se da je obuhvaćeno područje recentno tektonski aktivno. Dapače, izrazito seizmotektonska aktivnost pripisuje se sjevernom dijelu Velebita i području



od Senja do Rijeke ili prostorno gledajući dodirnoj zoni između Adrijatika i Dinarika.

To znači da su u toku navlačenja i reversni pomaci (ili drugi prateći procesi) između tih jedinica kao i manjih njihovih dijelova, pa i lokalnih struktura. Izdvajanje najaktivnijih dionica rasjeda, utvrđivanje veličine i smjera tektonskim pomaka, vremena najveće aktivnosti, te razrada i klasificiranje seizmotektonski aktivnih zona omogućava objasniti mehanizam tektonskih kretanja i uzročnike nastanka potresa. Klasificiranje

seizmotektonski aktivnih zona daje podatak o mogućem javljanju potresa maksimalnih magnituda: oko Senja (do Rijeke) 6,0, u području Velebita i dijela Adrijatika između 5,6 i 6,0, te u ostalom istraživanom području između 5,0 i 5,6.

ZAKLJUČAK

Na temelju iznesenih podataka uočava se slijed i mehanizam tektonskih kretanja, bitnih čimilaca u neotektonskim odnosima prikazanog područja. Prvotni smjer tektonskih kretanja Jadranske platforme u paleogenu vjerojatno je bio prema sjeveroistoku. Prve reversne strukture nastaju u zaleđu današnjeg Velebita. Važna prekretnica nastupa u oligocenu moguće uslijed promjene generalnog smjera kretanja više prema sjeveru. Tada se počinje formirati Jadranski bazen. Aktivno razdoblje traje kroz miocen. Postupno se izdiže Velebit i nastaje antiklinorij. Vjerojatno se krajem razdoblja aktivira Bakovački rasjed. Na završetku miocena i u početku pliocena intenzivnije je kretanje Jadranske platforme prema Apeninima. Tada dolazi i do njezine razgradnje. Kao samostalni dijelovi izdvajaju se: Istra sa sjevernom Italijom (sjeverni dio platforme) i prostor između otoka Raba i približno poteza Trogir — otok Jabuka (srednji dio platforme). Granica između ova dva dijela platforme utvrđena je na seizmičkim profilima u predjelu otoka Raba (slika 3). Nakon kratke stagnacije u pliocenu počinje novo važno aktivno razdoblje koje traje do danas. Ono se prvenstveno očituje produbljanjem depresije kod Dugog otoka i aktiviranjem Dugootočnog rasjeda.

Prema mehanizmima pokreta u žarištima potresa kod Šibenika, Vinodola i u podmorju recentna tektonska kretanja u dubini usmjerena su gotovo prema sjeveru (s manjim otklonom prema sjeverozapadu). Na pojedinim lokalitetima utvrđen pomak upućuje na zaključak da se dijelovi Jadranske platforme retrogradno rotiraju i podvlače pod Dinaride. Pri tom se srednji dio Jadranske platforme naginje prema sjeveru. On se dijagonalno pomiče pod Dinaride i u zoni sjevernojadranskih otoka pod sjeverni dio platforme (slika 3). Ne stvaraju se predispozicije za duboko podvlačenje i spuštanje Mohorovičićevog diskontinuiteta prema SI. Sjeverni dio Jadranske platforme u višem je prostornom položaju od srednjeg dijela. Dijagonalno pomicanje i rotiranje oba dijela platforme traje u najmlađem neotektonski aktivnom razdoblju i dovodi do prestrukturiranja u Velebitu. Nastaju reversni rasjedi pružanja SZ—JI (ZSZ—IJI), te postupno aktiviranje dijagonalnih rasjeda pružanja SSZ—JJI. Pojedine strukture sjevernog Velebita također retrogradno rotiraju (slika 3).

Tektonski pritisci se povećavaju na granici dijelova Jadranske platforme i u zonama znatnijeg njihovog podvlačenja pod Dinaride. U prostoru su to dubine između 5 i 35 km u kojemu se javljaju i žarišta potresa.

Primljeno: 12. 01. 1989.

LITERATURA

- Aljinović, B. (1984): Najdublji seizmički horizonti sjeveroistočnog Jadrana. Disertacija. Prirodosl.-matemat. fak., 1—265, Zagreb.
- Aljinović, B., Blašković, I., Cvijanović, D., Prelogović, E., Skoko, D. & Brdarević, N. (1984): Correlation of geophysical, geological and seismological data in the coastal part of Yugoslavia. *Bull. di oceanol. teor. ed applic.*, 2/2, 77—90, Trieste.
- Aljinović, B., Prelogović, E. & Skoko, D. (1987): Novi podaci o dubinskoj geološkoj građi i seizmotektonski aktivnim zonama u Jugoslaviji. *Geol. vjesnik*, 40, 255—269, Zagreb.
- Bahun, S. (1963) — Geološki odnosi okolice Donjeg Pazarišta u Lici (trijas i tercijarne Jelar-naslage) *Geol. vjesnik*, 16, 161—169, Zagreb.
- Bahun, S. (1974): Tekstogeneza Velebita i postanak Jelar-naslaga. *Geol. vjesnik*, 27, 35—51, Zagreb.
- Bahun, S. & Fritz, F. (1978): Hidrogeološke specifičnosti Jelar-naslaga Like. *Geol. vjesnik*, 28, 345—355, Zagreb.
- Fritz, F. & Pavičić, A. (1975): Tektonski odnosi u području krednih i Jelar-naslaga (tercijar) kod Kosinja u Lici. *Geol. vjesnik*, 28, 35—42, Zagreb.
- Herak, M. & Bahun, S. (1979): The role of the calcareous breccias (Jelar Formation) in the tectonic interpretation of the High Karst Zone of the Dinarides. *Geol. vjesnik*, 31, 49—59, Zagreb.
- Herak, M. (1986): A new concept of geotectonics of the Dinarides. *Acta geol.*, 16, 1, 1—42, Zagreb.
- Koch, F. (1929): Geološka karta Karlobag—Jablanac, M 1: 75000, Zagreb.
- Koch, F. (1932): Geološka karta Senj—Otočac 1: 75000, Beograd.
- Labaš, V. (1987): Neke specifičnosti građe podzemlja dijela centralne zone dinaridskog gravimetrijskog minimuma. *Nafta*, 10, 547—554, Zagreb.
- Mamužić, P., Milan, A., Korolija, B., Borović, I. & Majcen, Ž. (1989): Osnovna Geološka karta SFRJ, list Rab 1: 100.000 i tumač. Sav. geol. zavod, Beograd.
- Nikler, L., Sokač, B. & Ivanović, A. (1965): Strukturna građa sjeveroistočnog Velebita. *Acta geol.*, 5, JAZU, 384—396, Zagreb.
- Oluić, M., Grandić, S., Hoček, M. & Hanich, M. (1972): Tektonska građa Vanjskih Dinarida Jugoslavije. *Nafta*, 23/1—2, 3—6, Zagreb.
- Pavičić, A. & Fritz, F. (1976): Hidrogeologija šireg područja donjeg toka Like (Pazarište, Krš, Otočac). Zbornik radova, 4. Jug. Simp. hidrogeol. i inž.-geol., knj. 1, 291—304, Skopje.
- Poljak, J. (1929): Nov prilog poznavanju geologije Velebita i Like. *Glasn. hrv. privr. društ.*, 32, Zagreb.
- Sokač, B. (1973): Geologija Velebita. Disertacija. Prirodosl.-matemat. fak. Zagreb.
- Velić, I., Bahun, S., Sokač, B. & Galović, I. (1974): Osnovna geološka karta SFRJ, list Otočac 1: 100.000 i tumač. Sav. geol. zavod, Beograd.
- Savezni geološki zavod (1972., 1974): Geomagnetska i gravimetrijska karta SFRJ 1: 500 000, Beograd.
- Sokač, B., Nikler, L., Velić, I. & Mamužić, P. (1974): Osnovna geološka karta SFRJ, list Gospić i tumač Sav. geol. zavod, Beograd.
- Zagorac, Ž. (1975): Neki rezultati magnetometrije u sklopu kompleksne geofizičke interpretacije područja Dinarida. *Nafta*, 2, 64—71, Zagreb.

Neobjavljeni radovi

- Cvijanović, D., Prelogović, E., Kranjec, V., Skoko, D., Zagorac, Ž., Bahun, S. & Oluić, M. (1979): Seizmotektonska karta SR Hrvatske i susjednih područja. Arh. Geofizički zavod, Zagreb.
- Pavičić, A., Fritz, F., Renić, A. & Kapelj, J. (1988): Akumulacijsko jezero Kosinj, HE Kosinj i HE Otočac — idejni projekt, knj. 2.2., Geološki istražni radovi. Arh. Geološki zavod, Zagreb.
- Prelogović, E., Bahun, S., Kuk, V., Skoko, D., Marić, K., Herak, M., Herak, D., Allegretti, I. & Sović, I. (1988): Akumulacijsko jezero Kosinj, HE Kosinj i HE Otočac — seizmološka, neotektonska, seizmotektonska i inženjersko-seizmološka studija. Arh. Rudarsko-geološko-naftni fak., Zagreb.

Neotectonic movements in the Northern part of Mt. Velebit and a part of Lika (SW Croatia)

E. Prelogović

The structures in the area investigated have been formed in the neotectonic epoch. Single phases of evolution can be traced back as far as the Middle Eocene. Maximum amplitudes of the neotectonic movements occurred in the Neogene. Figure 1 shows the structural units, structures, faults, amplitudes of neotectonic movements, data on the subsurface geological structures, and the neotectonically most active zones. Because a strong activity and comparatively greater amplitudes of the movements occurred in the most recent active phase (Upper Pliocene — Quaternary), particular structures and faults are clearly reflected in the surface topography. The geomorphological parameters are indicated in Fig. 2.

The most active zones are the following: the Velebit fault (vertical movement near the surface 3000 m, tangential movement 6—8 km from the surface down to the depth of 7 km, maximum activity in the Neogene and Quaternary), the Vratnik—Senjsko Bilo—Perušić fault (horizontal movement 3,8 km, maximum activity in the Upper Pliocene and Quaternary), several younger faults in the region Lukovo—Lomska Duliba—Bakovac together with the Starigrad and the Donje Pazarište faults (tangential movement about 4,5 km, activity in the Upper Pliocene and Quaternary), and the Bakovac fault (vertical movement about 1500 m, maximum activity in the Neogene).

The tectonic movements are accompanied by seismic activity (Fig. 3). Geological and seismological data were used to reconstruct the mechanism of the tectonic movements and the position of geological structures and earthquake centres in space. The most important process that generated the tectonic movements is the subduction of the Adriatic platform under the Dinarides. The central part of the platform moves diagonally under the Dinarides and — in the zone of the northern Adriatic islands — under the northern part of the platform. A subsurface retrograde rotation has been noticed, as well as the one affecting the overthrust Velebit structures near the surface (Fig. 3). The relationships are visible on the profile (Fig. 4). Due to such relations of the subducted and overthrust rock complexes, a rearrangement in the Upper Pliocene — Quaternary occurred in Mt. Velebit and the activity of the faults striking NW—SE (WNW—ESE) and NNW—SSE was restored. The earthquake centres occur where the parts of the Adriatic platform have been more strongly subducted under the Dinarides (Fig. 4). Maximum concentrations of earthquakes at the depth between 5 and 20 km occurs in the contact zone of the Dinarides units (the Dinaricum and the Adriaticum). Even deeper hypocentres occur along the boundary plane separating the subducted rock complexes of the Adriatic platform and the overthrust structures of the Dinarides.