

Correlation of Quaternary Sediments and Tectonic Activity of the Eastern Part of the Drava River Depression

Eduard PRELOGOVIĆ and Josipa VELIĆ

Key-words: the Drava river depression, correlation of the Quaternary deposits, lake and swamp sedimentation, Quaternary tectonic activity, boundary depression faults, diagonal fault system, vertical and horizontal movements

Ključne riječi: Dravska potolina, korelacija kvartarnih naslaga, jezersko-močvarna sedimentacija, kvartarna tektonska aktivnost, rubni potolinski rasjedi, dijagonalni sustav

The Holocene, Upper Pleistocene and Middle Pleistocene sediments in the eastern part of the Drava depression the substratum of which is determined by the conditional EK marker Q', are composed in the lower part mainly of silts and clays and in the upper part of sands. The thickest parts are about 400m. The composition of the transparent heavy minerals and the result of the paleontological treatment show that the sedimentation was in the lake or swamp with the origin of detritus from the metamorphic rocks and smaller quantity of older clastic sediments.

The collected data show the quaternary tectonic activity after the sedimentation of the marker horizon Q'. In the area between the boundary faults of the valley, the faults of the system E.N.E. - W.S.W. (N.E. - S.W.) influenced directly the sedimentation and the folding. They were the consequence of the regional movements and stress strain behaviour of rock masses, which built the structures of the valley. As a result, the horizontal component of the left wing movement is visible along the diagonal system of faults. The vertical movements have also been determined. The greatest amplitudes were along the boundary South fault of the Drava valley, up to 350m for the period of Middle and Upper Pleistocene, or 90m for Upper Pleistocene only.

1. INTRODUCTION

In the research work on the Quaternary sediments of the Pannonian basin the attention is most frequently paid to the composition of the sediments especially for the geological mapping, hydrogeological, engineering geological and the climate problems, as well as to the chronostratigraphic and sedimentary classifications. Little is known about the presence of the tectonic movements, their amplitudes and their influence on the sedimentary and structural changes. It was possible to get more information about their characteristics in the investigated area based on the new data concerning the drilling, geophysical profiling and the correlation of the sediments.

Data obtained in the last ten years in the hydrogeological and petroleum geological explorations and geological mapping were available. Increasing research has been done on the Quaternary sediments in order to obtain more data for the building of the hydro-electric power plant on the river Drava. The new interpretation of the seismic cross section up to the depth of 600 m and the

Holocenske, gornjopleistocenske i srednjopleistocenske taložine istočnog dijela Dravske potoline podinu kojih označava uvjetni EK reper Q', izgrađuju u nižem dijelu poglavito prah i glina, a u višem pijesci. Najveći iznosi debljina su oko 400m. Sastav prozirnih teških minerala i rezultati paleontološke obrade ukazuju da se sedimentacija gotovo kontinuirano odvijala u jezeru, odnosno močvari, s porijeklom detritusa iz metamorfnih stijena, podređeno starijih klastita.

Prikupljeni podaci ukazuju na kvartarnu tektonsku aktivnost nakon taloženja repemog horizonta Q'. U prostoru između rubnih rasjeda potoline, na sedimentaciju i boranje izravno su utjecali rasjedi sustava ISI - ZJZ (SI - JZ). Oni su posljedica regionalnih pokreta i pomaka masa stijena koje izgrađuju strukture rubnih dijelova potoline. Zbog toga se duž dijagonalnog sustava rasjeda razabire horizontalna komponenta lijevog pomaka. Ustanovljeni su i vertikalni pomaci. Najveće amplitude su duž južnog rubnog rasjeda Dravske potoline do 350m za razdoblje srednji i gornji pleistocen, odnosno 90m samo za gornji pleistocen.

shallow cross - section obtained by the use of resistivity methods up to the approximate depth of 250 m was made. The correlation among 45 boreholes was made and the marker horizons (Fig. 1) were separated. Also, new cross sections were obtained by the use of resistivity methods and new boreholes were made, too. It was possible to perform the paleontologic, sedimentary and x-ray determinations of the core materials and the corresponding geophysical measurements in the boreholes.

The Quaternary sediments have selectively been well known from the former research works, especially their younger part. From the stratigraphical and neotectonic - structural point of view, the most important published works have been separated. They deal with the sedimentary facies analysis, paleontological treatment of the borehole samples of the waterbearing horizons (e.g. BABIĆ et al., 1978; KRANJEC et al., 1971; MALEZ, 1973; SOKAČ, 1976; SOKAČ et al., 1982; URUMOVIĆ, 1982; URUMOVIĆ et al., 1976). For better understanding of the relation between the Quaternary sediments and the older ones and the position of the explored area

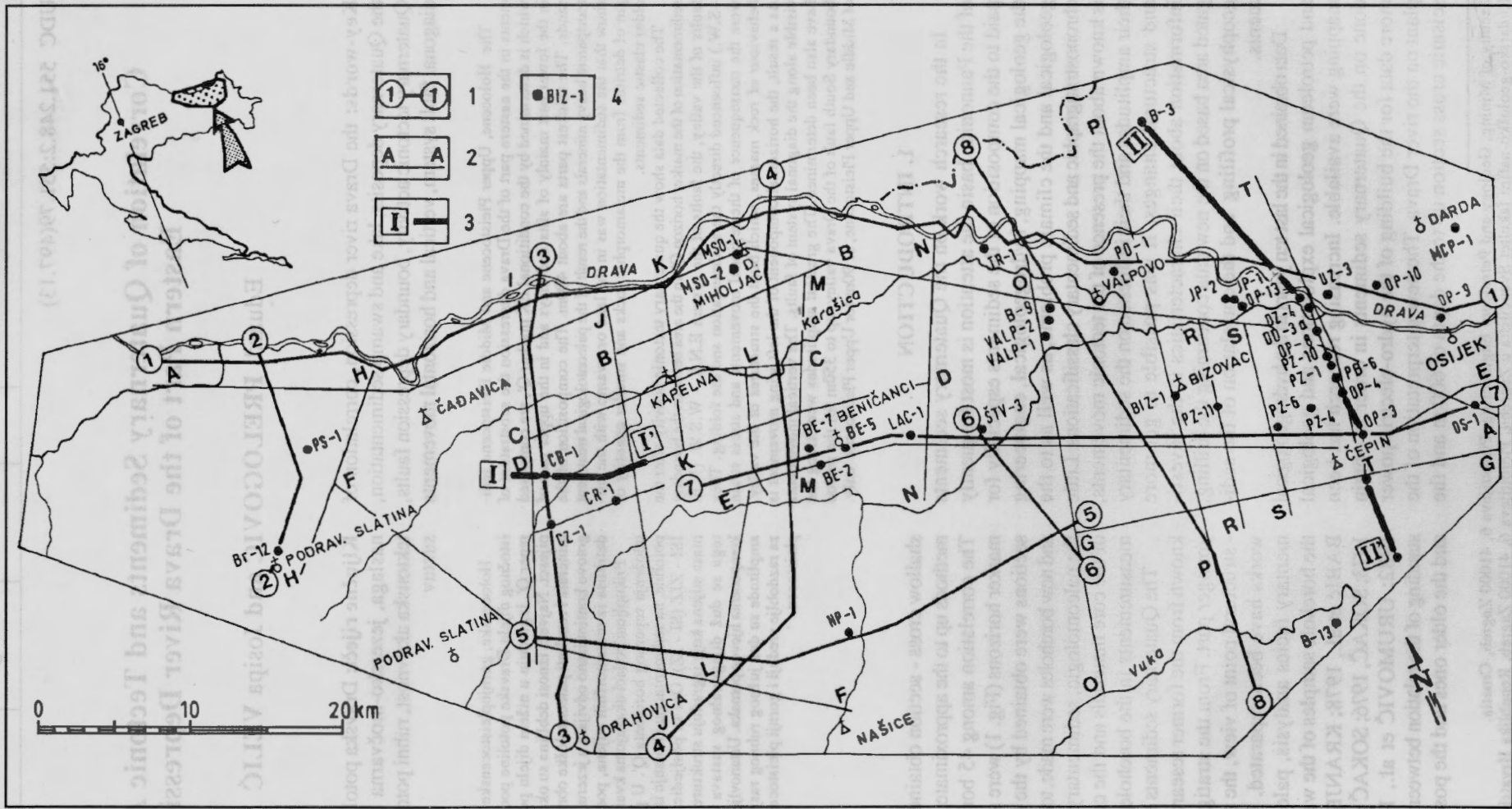


Fig. 1. Map of location of investigation works.

Legend: 1 - Resistivity cross-sections; 2 - Seismic cross-sections; 3 - Well logs cross-correlation I - I' and a part of seismic cross-section II-II' of surroundings of Kapelna; 4 - Boreholes.

Slika 1. Karta lokacija istraživačkih radova.

Legenda: 1 - Geoelektrični profili; 2 - Seizmički profili; 3 - Korelacijski profil i dio seizmičkog profila okolice Kapelne; 4 - Bušotine.

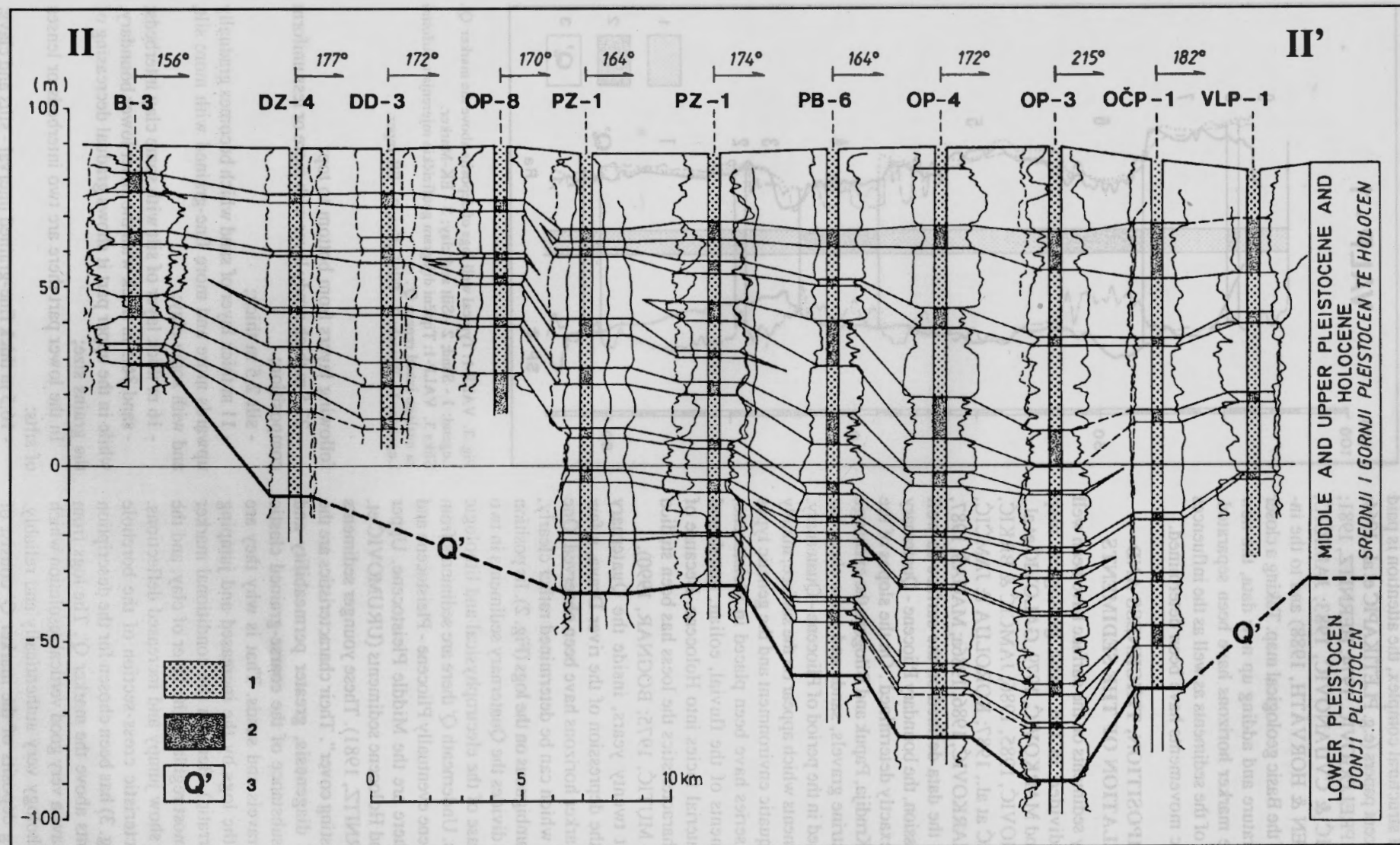


Fig. 2. Well logs cross - correlation I-I'. Legend: 1 - Permeable layers: sand, gravel; 2 - Unpermeable layers: silt, clay; 3 - EK marker.

Slika 2. Shematski korelacijski profil II-II'. Legenda: 1 - Propusne taložine: pijesak, šljunak; 2 - Npropusne taložine: silt, glina; 3 - EK reper.

in the regional structural complex, the attention is paid to relatively recent papers (e.g. PLETIKAPIĆ et al., 1964; KRANJEC & PRELOGOVIĆ, 1974; HERNITZ, 1981; PRELOGOVIĆ & CVIJANOVIĆ, 1983; JAMIČIĆ, 1988; ROYDEN & HORVÁTH, 1988) and to the interpretation of the Basic geological map. Taking a closer look into literature and adding up new data, the new facies and the marker horizons have been separated. The thickness of the sediments as well as the influences of the tectonic movements have been determined.

2. COMPOSITION, THICKNESS AND CORRELATION OF THE SEDIMENTS

Quaternary sediments on the surface have been well studied and divided in the Basic geological map (GALOVIĆ and MARKOVIĆ, 1979, GALOVIĆ et al., 1981; HEĆIMOVIĆ, 1985, 1986; JAMČIĆ & BRKIĆ, 1986; JAMČIĆ et al., 1987; KOROLIJA & JAMČIĆ, 1988, 1989; MARKOVIĆ, 1986, 1986a; MAGAŠ, 1987, 1987a). From the data defined on the surface as well as in the depression, the boundary Pliocene - Quaternary has not been exactly determined. On the slopes of the mountains of Krndija, Papuk and Bilogora the exchange of fluviolacustrine gravels, sands and some clays has been determined in the period of Pliocene - Quaternary. From the sediments which appear on the surface, mainly sands of the aquatic environment and the genetic types of the eolian series have been placed in Pleistocene, and the sediments of the fluvial, eolian, marsh and slopewash material facies into Holocene. Because of the specific characteristics the loess has been studied in detail (e.g. MUTIĆ, 1975; BOGNAR, 1990).

In the last twenty years, inside the Quaternary sediments in the depression of the river Drava, a few conditional marker horizons have been observed. One of them is Q', which can be determined rather clearly, simple and unambiguous on the logs (Fig. 2). Its position is such, that it divides the Quaternary sediments in two parts on the base of the electrophysical and lithologic characteristics. Underneath Q' there are sediments from lower Pleistocene eventually Pliocene - Pleistocene and above them there are the Middle Pleistocene, Upper Pleistocene and Holocene sediments (URUMOVIĆ et al., 1976; HERNITZ, 1981). These younger sediments are called "wasting cover". Their characteristics are the low grade of diagenesis, greater permeability and considerable substance of the coarse-grained clastic sediments - gravels and sands. That is why they are presented on the logs by the increased and jumping amplitudes (erratic). Beneath the conditional marker Q', there is almost regularly the layer of clay, and the curves do not show jumpy and increased deflections.

The characteristic cross-section of the borehole Valpovo 1 (Fig. 3) has been chosen for the description of the sediments above the marker Q'. The logs from this borehole have a very good vertical resolution which reflects the lithology very authentically and reliably. The overlaying deposits of the marker Q' consist of

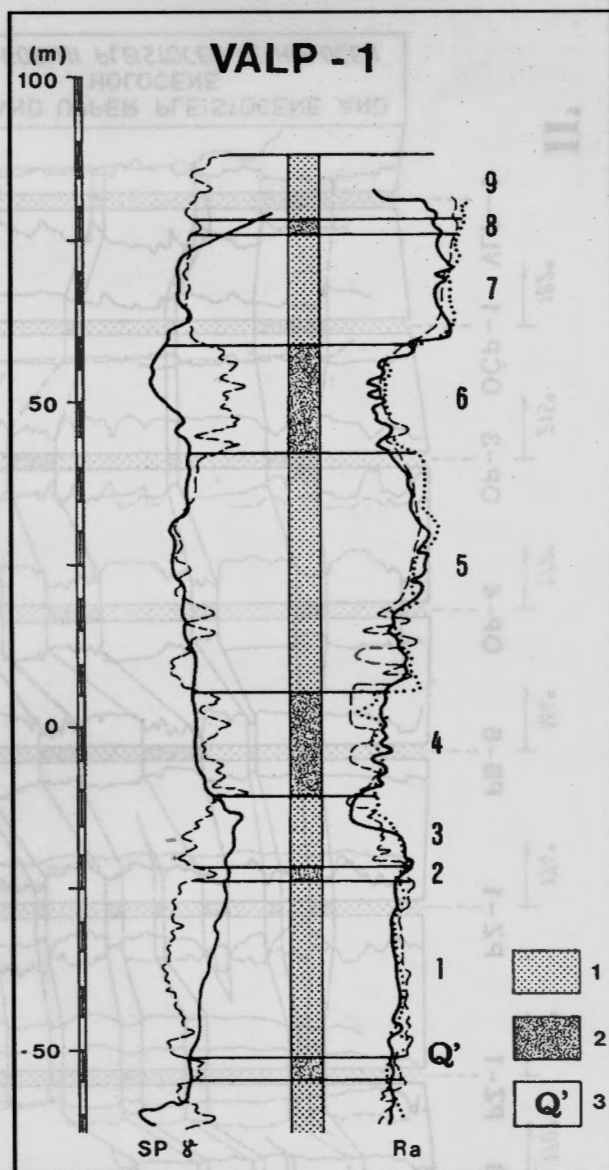


Fig. 3. VALP-1: Typical well logs of deposits above the marker Q'. Legend: 1 - Sand; 2 - Silt and clay; 3 - EK-Marker. Slika 3. VALP-1: Tipični dijagram geofizičkih mjerenja u bušotini za naslage iznad repera Q'. Legenda: 1 - Pijesak; 2 - Silt i glina; 3 - EK-reper.

following layers from bottom to top:

- 27.5 m thick sandy layer with more or less uniform composition;
- silt 2.5 m thick;
- 11 m thick layer of sand which becomes gradually upwards more and more fine-grained with more silt, and with some clay;
- 16 m thick layer of silt with some clay interbeds;
- sand 36.5 m thick with the strict lower boundary, while in the upper part it shows gradual decreasing of the grains size;
- In the lower part there are two interbeds or lenses of silts:
 - 16.5 m thick fine-grained interval - silts and clays;

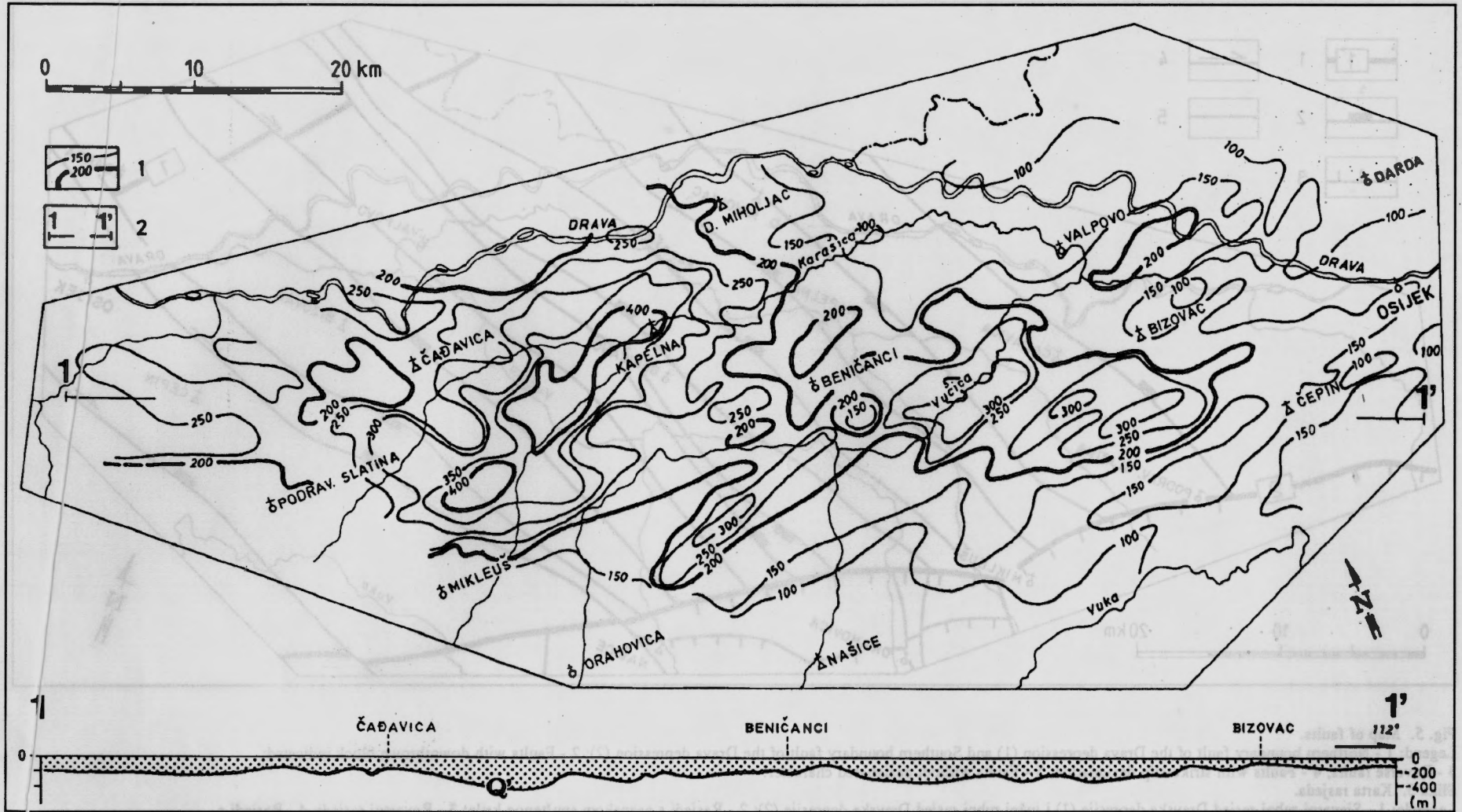


Fig. 4. Map of thickness of Middle and Upper Pleistocene and Holocene sediments. Legend: 1 - Isopach; 2 - Cross-section I-I'.

Sl. 4. Karta debljina srednjo-i gornjopleistocenskih te holocenskih naslaga. Legenda: 1 - Izopahe; 2 - Profil I-I'.

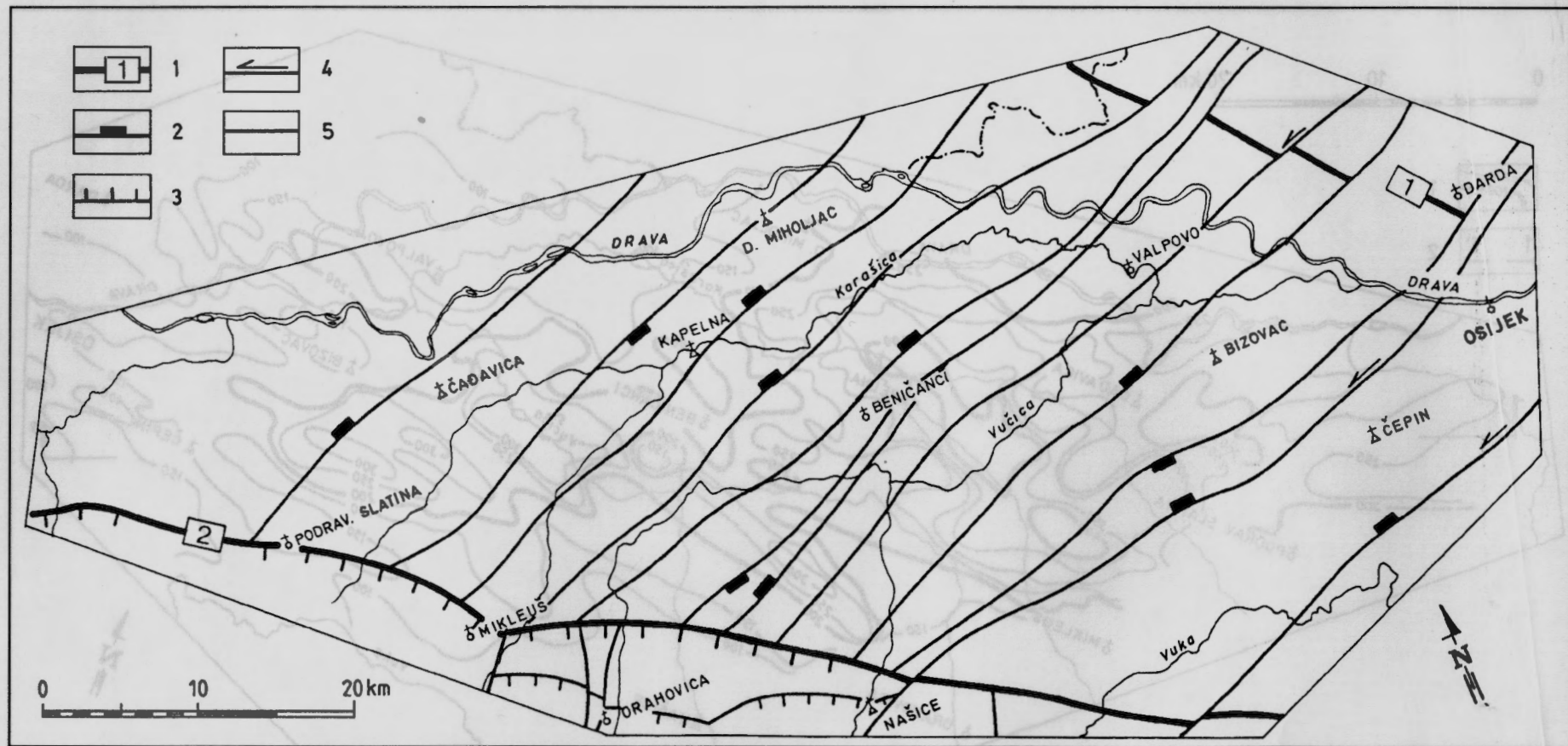


Fig. 5. Map of faults.

Legend: 1 - Northern boundary fault of the Drava depression (1) and Southern boundary fault of the Drava depression (2); 2 - Faults with downthrown block indicated; 3 - Reverse faults; 4 - Faults with strike-slip designation; 5 - Faults without designated character.

Slika 5. Karta rasjeda.

Legenda: 1 - Sjeverni rubni rasjed Dravske depresije (1) i južni rubni rasjed Dravske depresije (2); 2 - Rasjedi s naznakom spuštenog krila; 3 - Reversni rasjedi; 4 - Rasjedi s horizontalnim pomakom krila; 5 - Rasjedi neodređenog karaktera.

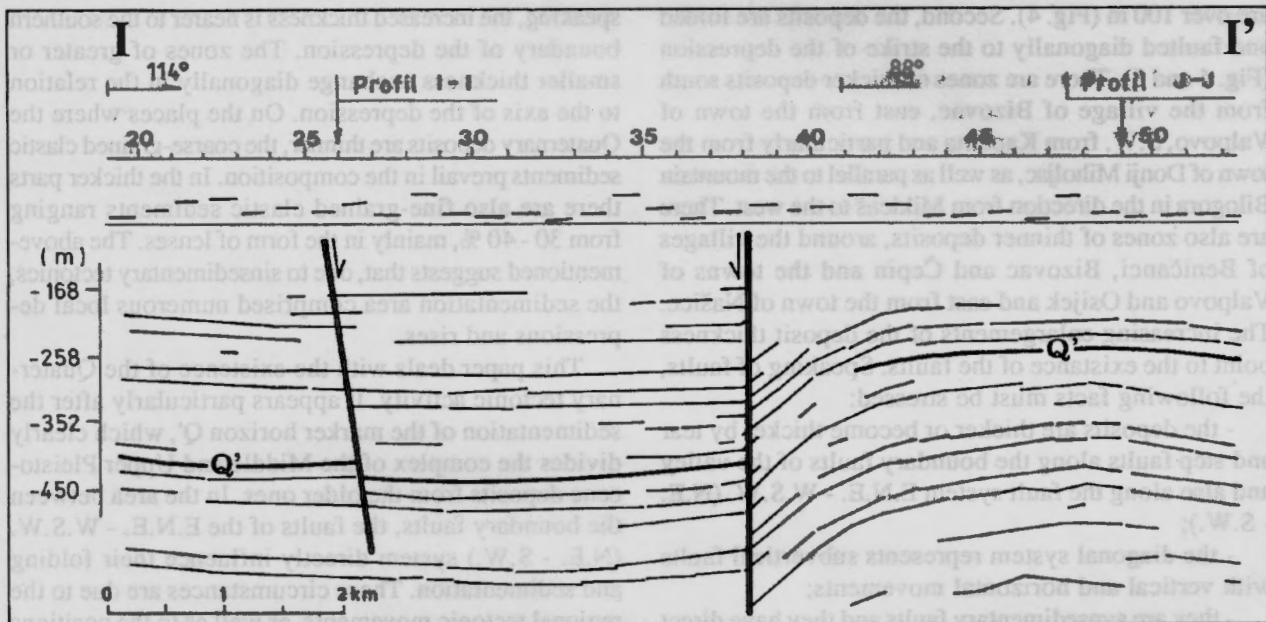


Fig. 6. Seismic cross-section I-I' showing reflection of faults.
Slika 6. Odras rasjeda na seizmičkom profilu I-I'.

- uniform sand with the thickness of 17 m;
- 10 m of sand with silts and humus on the surface.

Further details concerning the lithology and age, have been obtained with two core drilling boreholes, 100 m deep, placed about 10 km west from the town of Osijek, on the right bank of the river Drava (DZ - 4, DD - 3a, Fig. 2). The sediments have been determined by the field classification and the samples have been taken for the laboratory analysis. In the boreholes performed geophysical measurements included radioactivity logs.

Sands, silts and clays are interchanged up to the depth of 100 m. The sands prevail in the upper 50 m, with all the fractions of the grain size, from the fine-grained to the coarse-grained ones. They are mainly ash-coloured with the thin interbeds of brown-grey, yellow-grey and green-grey colour. On some places there are greater quantities of silts which appear in the form of lenses, and have black or dark brown colour, with a lot of carbonaceous organic matter. Coarser paleofloristic remains and lignite have also been observed.

In the lower part of the geologic column there are more fine-grained clastic materials - silts and clays. The colours are grey-greenish, greenish, dark grey, dark brown and bluish grey. These layers almost regularly contain concretions of several mm up to several cm in diameter and the fossil fauna and flora: Ostracodes, Micromollusca, charophyte oogonia and phytproducts. The layers of silts are laminated, which can be quickly and easily observed because of the millimetric exchange of the white and dark grey laminae.

The mineral composition of light and heavy fraction of the sand samples is generally uniform along the whole interval of 100 m. In the composition of the light fraction quartz dominates in the range of 54 - 76 %. Feldspars (10 - 22 %) and the rock fragments (6 - 16 %) follow,

while the rest to 100 % refers to muscovite. Among the transparent heavy minerals the garnet grains prevail, in the range from 42 - 77 %, and the minerals of the epidote - zoisite association (8 - 10 %) and the amphiboles (8 - 23 %) are present. The other minerals are present with only few percent; these are pyroxene, disthene, staurolite, tourmaline and apatite. Such composition points to a certain reconstruction of the paleogeographic relief (MUTIĆ, 1989), which becomes of a high-grade in combination with the results of micropaleontological treatment (SOKAČ, 1976). The conclusion is that the sedimentation happened in the aquatic environments - in the lake, occasionally in the swamp with the presence of vegetation. It would be justified to point to the possibility of periodical evaporation. The origin of detritus is from metamorphic rocks, not so often clastic sediments and very rare igneous rocks.

From the structural point of view it was very important to determine the thickness of the deposits above the marker horizon Q'. It was done in detail, thanks to the net of cross-sections obtained by the use of seismic and resistivity methods and rather convenient scheme of the boreholes. Taken globally, the depression of the river Drava has a general direction N.W. to S.E. (W.N.W. - E.S.E.). The Neogene deposits show the asymmetry of the depression. The main axis goes alongside Krndija and Bilogora Mts., and from the town of Podravska Slatina it goes towards west, directly alongside the zone of the South fault of the river Drava valley. The Quaternary deposits follow the basic structural elements of the depression only partially. Two facts are surprising. First, the deposits in the greater part of the depression are thicker than 200 m, on some parts they are over 300 m, and between the villages Kapelna and Mikleuš they

are over 100 m (Fig. 4). Second, the deposits are folded and faulted diagonally to the strike of the depression (Fig. 4 and 5). There are zones of thicker deposits south from the village of Bizovac, east from the town of Valpovo, S.W. from Kapelna and particularly from the town of Donji Miholjac, as well as parallel to the mountain Bilogora in the direction from Mikleuš to the west. There are also zones of thinner deposits, around the villages of Beničanci, Bizovac and Čepin and the towns of Valpovo and Osijek and east from the town of Našice. The increasing enlargements of the deposit thickness point to the existence of the faults. Speaking of faults, the following facts must be stressed:

- the deposits are thicker or become thicker by tear and step faults along the boundary faults of the valley and also along the fault system E.N.E. - W.S.W. (N.E. - S.W.);
- the diagonal system represents subvertical faults with vertical and horizontal movements;
- they are synsedimentary faults and they have direct influence on the changes of the composition and the thickness of the deposits;
- this influence is visible specially between the faults that stretch by Donji Miholjac and Čepin;
- Quaternary deposits are crossed by the faults presented in Fig. 5; according to the geomorphological characteristics of the relief (HEČIMOVIĆ & PRELOGOVIĆ, 1987) and on the grounds of the satellite scans analysis the routes of the boundary South fault of the Drava valley, partially of the boundary North fault of the Drava valley and the diagonal faults stretching alongside Donji Miholjac, Kapelna, Beničanci, Bizovac and Čepin (in fact parts of the changes in the increase of thickness, presented in Fig. 4) are marked specially on the surface.

To illustrate the existence of fault systems E.N.E. - W.S.W. (N.E. - S.W.) Fig. 6 shows a part of the seismic cross-section of the area of Kapelna. On the correlation profile (Fig. 2) the movements of the same layers among the neighbouring boreholes OP-8 and PZ-10, then PZ-1 and PB-6, PB-6 and OP-4, and OP-3 and OCP-1 are also visible. By the analysis of the same profile the plane of marker Q' is observed, which throws down gradually from north towards south from the depth of 30 m to 90 m under the sea-level. In this part of the area it is the difference of 120 m. The thickness and the composition of the deposits are changing accordingly. The number of permeable (mainly sandy materials) and impermeable (mainly silty-clayey materials) layers, interbeds and lenses has increased.

3. CONCLUSION

Thanks to a great number of boreholes with the geophysical measurements performed, the composition and the thickness of the Quaternary sediments on various parts of treated area have been determined. The zones of the increased thickness are divided and asymmetrically arranged in relation to the depression axis. Generally

speaking, the increased thickness is nearer to the southern boundary of the depression. The zones of greater or smaller thickness exchange diagonally in the relation to the axis of the depression. On the places where the Quaternary deposits are thinner, the coarse-grained clastic sediments prevail in the composition. In the thicker parts there are also fine-grained clastic sediments ranging from 30 - 40 %, mainly in the form of lenses. The above-mentioned suggests that, due to synsedimentary tectonics, the sedimentation area comprised numerous local depressions and rises.

This paper deals with the existence of the Quaternary tectonic activity. It appears particularly after the sedimentation of the marker horizon Q', which clearly divides the complex of the Middle and Upper Pleistocene deposits from the older ones. In the area between the boundary faults, the faults of the E.N.E. - W.S.W. (N.E. - S.W.) system directly influence their folding and sedimentation. These circumstances are due to the regional tectonic movements, as well as to the positions and movement of rock masses in the nucleus of the mountains of Bilogora, Papuk and Krndija on one side and Mecsek, Villány and the plateau of Baranja on the other side of the Drava depression. According to GRÜNTAL & STORMEYER (1983) the direction of the regional horizontal stress in the mentioned area is approximately N.E. - S.W. This speaks for the unfavourable position of the mentioned rock masses according to stress. Their possible movement in space is along reverse faults which are visible in the zone of the boundary South fault of the Drava valley. The movements of rock masses cause the folding of the Quaternary deposits. Because of the regional stress activity along the diagonal fault system, it is necessary to expect the movement to the left. It is visible in Fig. 4, mainly in the eastern part of the area with thick or thin zones of the deposits. From the geomorphologic elements, the completeness of the route of the boundary South fault of the Drava valley has been noticed. The crossing of the faults is possible only at Našice and further to the east.

Another detail is emphasized, i.e. the estimated vertical movements along the following faults:

- the boundary South fault of the Drava valley: 150 - 350 m (or 0,03 cm per year) for the period of Middle - Upper Pleistocene and up to 90 m (0,069 cm per year) only for Upper Pleistocene;
- the boundary North fault of the Drava valley; possible to 150 m (0,015 cm per year);
- the faults of the system E.N.E. - W.S.W. (N.E. - S.W.), specially stretching by Donji Miholjac, Beničanci, Bizovac and Čepin: 100 - 150 m (up to 0,015 cm per year).

4. REFERENCES

- BABIĆ, Ž., ČAKARUN, I., SOKAČ, A. & MRAZ, V. (1978): O geologiji kvartarnih naslaga područja rijeke Drave. - Geol. vjesnik, 30/1, 43-61, Zagreb.

- BOGNAR, A. (1990): Geomorfologija Baranje. Znanstvena monografija. - Ognjen Prica, 1- 312, Zagreb.
- GALOVIĆ, I. & MARKOVIĆ, S. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Virovitica, L 33-83. - Geol. zavod, Zagreb, 1971-1975, Sav. geol. zavod, Beograd.
- GALOVIĆ, I. MARKOVIĆ, S. & MAGDALENIĆ, Z. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, tumač za list Virovitica, L 33-83. - Inst. geol. istraž. Zagreb, 1976, Sav. geol. zavod, 1-44, Beograd.
- GRÜNTAL, G. & STORMEYER, D. (1983): Stress Pattern in Central Europe and Adjacent Areas. - Gerland Beitr. Geophysik, 95, 5, 443-452, Leipzig.
- HEĆIMOVIĆ, I. (1985): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Donji Miholjac, L 34-73. - Geol. zavod, Zagreb, 1981-1984, Sav. geol. zavod, Beograd.
- HEĆIMOVIĆ, I. (1986): Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000, tumač za list Donji Miholjac, L 34-73. - Geol. zavod, Zagreb, 1984, Sav. geol. zavod, 1-33, Beograd.
- HEĆIMOVIĆ, I. & PRELOGOVIĆ, E. (1987): Tumač za list Donji Miholjac. Geomorfološka analiza. - Geol. zavod, Zagreb.
- HERNITZ, Z. (1981): Dubinski strukturno-tektonski odnosi u području istočne Slavonije. Disertacija. - Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, (tiskano 1983, časopis Nafta, 1-221, Zagreb).
- JAMIČIĆ, D. & BRKIĆ, M. (1986): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Orahovica, L 33-96. - Geol. zavod, Zagreb, 1971-1986, Sav. geol. zavod, Beograd.
- JAMIČIĆ, D., BRKIĆ, M., CRNKO, J. & VRAGOVIĆ, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, tumač za list Orahovica, L 33-96. - Geol. zavod, Zagreb, 1986, Sav. geol. zavod, 1-72, Beograd.
- JAMIČIĆ, D. (1988): Strukturni sklop slavonskih planina (sjeverni Psunj, Papuk, Krndija). Disertacija. - Rud.-geol.-naftni fakultet, Zagreb.
- KOROLIJA, B. & JAMIČIĆ, D. (1988): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Našice, L 34-85. - Geol. zavod, Zagreb, 1988, Sav. geol. zavod, Beograd.
- KOROLIJA, B. & JAMIČIĆ, D. (1989): Osnovna geološka SFRJ 1:100 000, tumač za list Našice, L 34-85. - Geol. zavod, Zagreb, 1988, Sav. geol. zavod, 1-40, Beograd.
- KRANJEC, V., PRELOGOVIĆ, E., HERNITZ, Z. & BLAŠKOVIĆ, I. (1971): O litofacijelnim odnosima mladih neogenskih i kvartarnih sedimenata u širem području Bilogore. - Geol. vjesnik, 24, 47-55, Zagreb.
- KRANJEC, V. & PRELOGOVIĆ, E. (1974): O paleogeografskim i neotektonskim odnosima u tercijaru i kvartaru na teritoriju SR Hrvatske. - Geol. vjesnik, 27, 95-112, Zagreb.
- MAGAŠ, N. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Osijek, L 34-86. - Geol. zavod, Zagreb, 1981-1987, Sav. geol. zavod, Beograd.
- MAGAŠ, N. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, tumač za list Osijek, L 34-86. - Geol. zavod, Zagreb, 1986, Sav. geol. zavod, 1-54, Beograd.
- MALEZ, M. (1973): Kvartarne naslage šire okolice Podravske Slatine i Orahovice u Slavoniji. - Radovi centra za organizaciju naučnoistraž. rada u Vinkovcima, JAZU, 2, 5-55, Zagreb.
- MARKOVIĆ, S. (1986): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list Podravska Slatina, L 33-84. - Geol. zavod, Zagreb, 1981-1984, Sav. geol. zavod, Beograd.
- MARKOVIĆ, S. (1986a): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, tumač za list Podravska Slatina, L 33-84. - Geol. zavod, Zagreb, 1984, Sav. geol. zavod, 141, Beograd.
- MUTIĆ, R. (1975): Sedimentološka ispitivanja naslaga leša u okolici Vinkovaca, Našica i Valpova. - Geol. vjesnik, 28, 269-283, Zagreb.
- MUTIĆ, R. (1989): Korelacija kvartara istočne Slavonije na osnovi podataka mineraloško-petrografskih analiza (istočna Hrvatska, Jugoslavija). Dio I: Dravska potolina. - Acta geologica, Jugosl. akad. znan. umjet., 19, 1-60, Zagreb.
- PLETIKAPIĆ, Ž., GJETVAJ, I., JURKOVIĆ, M., UURBIHA, H. & HRNČIĆ, Lj. (1964): Geologija i naftoplinonosnost Dravske potoline. - Geol. vjesnik, 17, 49-78, Zagreb.
- PRELOGOVIĆ, E. & CVIJANOVIĆ, D. (1983): Prikaz neotektonske aktivnosti dijela Slavonije, Baranje i Bačke. - Geol. vjesnik, 36, 241-254, Zagreb.
- ROYDEN, L. H. & HORVATH, F., Eds. (1988): The Pannonian basin. A study in basin evolution. - AAPG, and Hungarian Geol. Soc. Memoir 45, 1-394, Tulsa, Budapest.
- SOKAČ, A. (1976): Pleistocenska fauna ostrakoda iz nekih bušotina u istočnoj Slavoniji (sjeverna Hrvatska). - Geol. vjesnik, 29, 159-172, Zagreb.
- SOKAČ, A., DRAGIČEVIĆ, I. & VELIĆ, J. (1982): Biostratigrafske i litološke odlike neogenskih i kvartarnih sedimenata nekih bušotina okolice Osijeka. - Geol. vjesnik, 35, 9 - 20, Zagreb.
- URUMOVIĆ, K., HERNITZ, Z., ŠIMON, J., & VELIĆ, J. (1976): O propusnom mediju kvartarnih te gornjo i srednjopliocenskih naslaga sjeverne Hrvatske. - Zb. radova 4. jugosl. simp. o hidrogeol. i inž. geol., 1, 395-410, Skopje.
- URUMOVIĆ, K. (1982): Hidrogeološke značajke istočnog dijela Dravske potoline. Disertacija. - Rud.-geol. fak., 1-138, Beograd.

Korelacija kvartarnih naslaga i tektonska aktivnost istočnog dijela Dravske potoline

E. Prelogović i J. Velić

1. Uvod

U proučavanju kvartarnih naslaga Panonskog bazena najčešće se pažnja obraća sastavu naslaga i to poglavito za potrebe geološkog kartiranja, hidrogeoloških, inženjersko - geoloških ili klimatskih problema, te kronostratigrafskih i sedimentoloških odredbi. Manje se zna o prisutnosti tektonskih pokreta, njihovim amplitudama i utjecaju u sedimentacijskim i strukturnim promjenama. O tim značajkama moglo se više doznati u razmatranom području zahvaljujući podacima bušenja, geofizičkom profiliranju i korelaciji naslaga. Na raspolaganju su prvenstveno bile spoznaje polučene zadnjih desetak godina u hidrogeološkim i naftno-geološkim istraživanjima, te geološkom kartiranju. Sveobuhvatnije su kvartarne naslage podvrgnute istraživanju u okviru prikupljanja podataka za gradnju hidroelektrana na Dravi. Tom prilikom posebno su geološki reinterpetirani seizmički profili do dubine od 600 m i plitki geoelektrični profili do približno 250 m dubine. Isto tako načinjena je korelacija između 45 bušotina izrađenih prigodom istraživanja ležišta nafte i podzemne vode i izdvojeni su reporni horizonti (sl. a 1). Bilo je i novih geoelektričnih profila i plitkih bušotina. Obavljena je determinacija jezgara iz bušotina, a u bušotinama odgovarajuća geofizička mjerenja, te paleontološke, sedimentološke i rentgenske analize.

Kvartarne naslage su, iz dosadašnjih proučavanja, selektivno dobro poznate, osobito njihov mlađi dio. Osim većeg broja stručnih postoje i objavljeni radovi. Sa stratigrafskog i neotektonsko - strukturnog stajališta izdvajaju se najvažniji objavljeni radovi koji tretiraju facijese naslaga, paleontološke obrade uzoraka iz bušotina ili vodonosne horizonte (npr. BABIĆ et al., 1978; KRANJEC et al., 1971; MALEZ, 1973; SOKAČ, 1976; SOKAČ et al., 1982; URUMOVIĆ, 1982; URUMOVIĆ et al., 1976). Za razumijevanje odnosa kvartarnih i starijih naslaga te položaja obuhvaćenog područja u regionalnom strukturnom sklopu, pozornost se obraća relativno novijim radovima (npr. PLETIKAPIĆ et al., 1964; KRANJEC & PRELOGOVIĆ, 1974; HERNITZ, 1981; PRELOGOVIĆ & CVIJANOVIĆ, 1983; JAMIČIĆ, 1988; ROYDEN & HORVATH, 1988) i tumačima Osnovne geološke karte. Uvažavajući literaturu i dopunjujući te podatke novima razlučeni su facijesi, ustanovljeni reporni horizonti i debljine naslaga te utjecaji tektonskih pokreta.

2. Sastav, debljine i korelacija naslaga

Kvartarne naslage na površini dobro su proučene i raščlanjene u Osnovnoj geološkoj karti (GALOVIĆ & MARKOVIĆ, 1979; GALOVIĆ et al., 1981; HEĆIMOVIĆ,

1985, 1986; JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1986; JAMIČIĆ et al., 1987; KOROLJA & JAMIČIĆ, 1988, 1989; MARKOVIĆ, 1986, 1986a; MAGAŠ, 1987; 1987a). Iz podataka s površine kao i unutar depresije u dubini nije sigurno utvrđena granica pliocen - kvartar. Na obroncima Krmdije, Papuka i Bilogore izdvojeni su fluvio - jezerski šljunci, pijesci i podređeno gline u izmjeni u razdoblju pliocen - kvartar. Od naslaga koje se pojavljuju na površini u pleistocen su uvršteni pretežito pijesci akvatičke sredine i genetski tipovi eolskog niza, a u holocen sedimenti fluvijalnog, eolskog, barskog i padinskog facijesa. Zbog specifičnih odlika les je posebno proučavan (npr. MUTIĆ, 1975; BOGNAR, 1990).

U zadnjih gotovo dvadesetak godina unutar kvartarnih sedimenata u Dravskoj depresiji uočeno je nekoliko uvjetnih repernih horizonata. Jedan od njih je Q' (URUMOVIĆ et al., 1976) koji se relativno jasno, jednostavno i jednoznačno može odrediti na karotažnim dijagramima (slika 2). Njegova je pozicija takva da dijeli kvartarne naslage na osnovi bitnih elektrofizikalnih i litoloških značajki na dva dijela. Ispod Q' leže donjopleistocenske, eventualno pliocenskopleistocenske taložine, a iznad srednjopleistocenske, gornjopleistocenske i holocenske (URUMOVIĆ et al., 1976; HERNITZ, 1981). Ove mlađe još se nazivaju i "rastresiti pokrivač". Obilježava ih niski stupanj dijageneze, povećani permeabilitet i znatniji sadržaj krupnoklastičnih sedimenata - šljunaka i pijesaka. Stoga se na karotažnim dijagramima iskazuju s povećanim i skokovitim amplitudama. Ispod uvjetnog repera Q' gotovo redovito leži glinoviti sloj, a krivulje više ne pokazuju skokovite i povećane otklone.

Za opis naslaga iznad repera Q' izabrana je kao karakteristična situacija kakva je u bušotini Valpovo-1 (slika 3). Karotažni dijagrami iz te bušotine imaju vrlo dobru vertikalnu rezoluciju, što vjerno i vjerodostojno odražava litološki sadržaj. Dakle, u krovini repera Q' leže odozdo prema gore:

- 27,5 m debeli pjeskoviti sloj, manje više jednoličnog sastava;
 - prah 2,5 m debljine;
 - 11 m debeli pijesak koji postupno prema gore sve više postaje sitnozrnast i sa sve više praha uz nešto gline;
 - 16 m debeli sloj praha s nekoliko glinovitih proslojaka;
 - pijesak 36,5 m debljine s oštrom donjom granicom, dok u gornjem dijelu pokazuje postupno smanjivanje veličine zrna u nižem nivou sadrži dva prašinstva proslojaka ili leće;
 - 16,5 m debeli sitnozrnasti interval - prah i glina;
 - jednoličan pijesak debljine 17 m;
 - 10 m pijesak s prahom i humusom na površini.
- Daljnje pojedinosti, pogotovo glede litološkog sastava

i starosti, otkrivene su pomoću dvije bušotine locirane desetak km zapadno od Osijeka na desnoj obali Drave koje su doprle do 100 m dubine uz kontinuirano vađenje jezgre (DZ-4, DD-3a, slika 2). Naslage su na terenu detaljno determinirane, a prikupljeni su i uzorci za laboratorijske analize. U bušotinama su sprovedena i geofizička mjerenja uz primjenu radioaktivnih metoda.

Do dubine od 100 m nalaze se u međusobnoj izmjeni pijesci, te prah i glina. Pijesci prevladavaju u gornjih 50 m, a prisutne su sve frakcije prema veličini zrna, od sitnozrnastih do krupnozrnastih. Pretežno su pepeljastosive boje uz tanje proslojke smeđastosive, žučkastosive i zelenkastosive nijanse. Mjestimice je povećan sadržaj praha koji se javlja u obliku leća crne ili tamnosmeđe boje uz obilje karboniziranog biljnog trunja. Zapaženi su i krupniji paleofloristični ostaci te ugljen niskog stupnja karbonizacije.

U nižem dijelu stupa sve je više sitnozrnastih klastita - praha i gline. Boje su sivozelenkaste, zelenkaste, tamnosive, tamnosmeđe ili plavkastosive. U njima se gotovo redovito javljaju kongregacije promjera od nekoliko mm do par cm, te fosilna fauna i flora: ostrakodi, mikromoluske, girogoniji hara i biljni plodovi. Slojevi praha su laminirani, što se brzo i jednostavno uočava, jer se radi o milimetarskoj izmjeni bijelih i tamnosivih lamina.

Mineralni sastav lake i teške frakcije uzoraka pijesaka generalno je ujednačen duž cijelog 100 m-skog intervala. U sastavu lake frakcije dominantan je kvarc s udjelom od 54 - 76 %. Slijede feldspati (10 - 22 %) i fragmenti stijena (6 - 16 %), dok se ostatak do 100 % odnosi na muskovit. Među prozirnim, teškim mineralima prevladavaju zrnca granata dosežući od 42 do 77 %, a značajno su prisutni minerali epidot - coisitske skupine (8 - 19 %) i amfibol (8 - 23 %). Sa samo nekoliko postotaka utvrđeni su: piroksen, disten, staurolit, turmalin i apatit. Ovakav sastav upućuje na stanovitu paleogeografsku rekonstrukciju (MUTIĆ, 1989.), koja u kombinaciji s rezultatima mikropaleontološke obrade postaje još cjelovitija (SOKAČ, 1976.). Zaključak je da se sedimentacija odvijala u vodenim sredinama - jezeru, povremeno močvari, uz prisutnost vegetacije. Opravdano je ukazati i na mogućnost periodičnog presušivanja. Izvorišno područje predstavljale su metamorfne stijene, rjeđe stariji klastiti, a vrlo rijetko magmatiti.

Iz strukturnog stajališta posebno je bilo važno utvrditi debljine naslaga iznad repnog horizonta Q'. To se relativno detaljno učinilo zahvaljujući mreži seizmičkih i geoelektričnih profila i dosta povoljnom rasporedu bušotina. Ako se promatra cjelovito, Dravska depresija je generalnog pravca pružanja SZ-JI (ZSZ-IJI). Neogenske naslage pokazuju asimetričnost depresije. Glavna os proteže se bliže Krndiji i Bilogori, a od Podravske Slatine prema zapadu čak neposredno uz zonu južnog rubnog rasjeda Dravske depresije. Kvartarne naslage samo djelomice prate trend uočen za neogenske taložine. Iznenađuju dvije činjenice. Prvo, u većem dijelu depresije naslage su deblje od 200 m, mjestimice iznad 300 m, a između Kapelne i Mikleuša čak iznad 400 m (slika 4). Drugo, naslage su borane i rasjednute dijagonalno na pružanje depresije (slika 4 i 5). Ističu se zone zadebljanja naslaga: južno od Bizovca,

istočno od Valpova, jugozapadno od Kapelne i osobito D. Miholjca, te paralelno Bilogori od Mikleuša prema zapadu. Također i zone zatanjenja naslaga: oko Beničanaca, Bizovca, Valpova, Čepina, Osijeka i istočno od Našica. Nagla zadebljanja naslaga ukazuju na aktivne rasjede. Što se rasjeda tiče naglašavaju se slijedeće činjenice:

- naslage su zadebljane ili skokovito pomaknute duž rubnih rasjeda depresije, ali i duž sustava rasjeda ISI-ZJZ (SI-JZ);

- dijagonalni sustav predstavljaju strmo nagnuti rasjedi duž kojih su, osim vertikalnih, zamijećeni i horizontalni pomaci;

- ti rasjedi su sinsedimentacijski, pa izravno utječu na promjene sastava i debljine naslaga;

- taj utjecaj naročito je vidljiv između rasjeda koji dotiču D. Miholjac i Čepin;

- rasjedi prikazani na slici 5 sijeku kvartarne naslage: prema geomorfološkim odlikama reljefa (HEĆIMOVIĆ & PRELOGOVIĆ, 1987) i na satelitskim snimcima osobito se na površini ističu trase južnog rubnog rasjeda Dravske potoline, djelomice sjevernog rubnog rasjeda Dravske potoline, te dijagonalnih rasjeda koji dotiču D. Miholjac, Kapelnu, Beničance, Bizovac i Čepin (zapravo dionice naglih promjena debljina vidljivih na slici 4).

Za ilustraciju postojanja sustava rasjeda ISI-ZJZ (SI-JZ) na slici 6 prikazuje se dio seizmičkog profila snimljenog 1958. godine okolice Kapelne. U istom smislu na korelacijskom profilu (slika 2) razabiru se pomaci istih slojeva između bliskih bušotina OP-8 i PZ-10, zatim PZ-1 i PB-6, PB-6 i OP-4, te OP-3 i OČP-1. Promatranjem istog profila prati se ploha repera Q' koja postupno tone od sjevera prema jugu, od dubine 30 m na -90 m. U ovom dijelu terena to je razlika od 120 m. Sukladno s tim mijenjaju se debljine i sastav naslaga. Povećava se broj slojeva, proslojaka i leća propusnih (pretežno pjeskovitih) i nepropusnih (pretežno glinovito - siltnih) taložina.

3. Zaključak

Zahvaljujući velikom broju bušotina u kojima je obavljeno geofizičko mjerenje, ustanovljen je sastav i debljina kvartarnih taložina u različitim dijelovima obrađivanoga terena. Zone povećanih debljina međusobno su razmaknute i u odnosu na geografsku os depresije nesimetrično raspoređene. Općenito, povećane debljine bliže su južnom dijelu potoline. Također zone većih ili manjih debljina izmjenjuju se dijagonalno. Nadalje, tamo gdje su kvartarne naslage tanje, u sastavu prevladavaju krupnozrnasti klastiti. U njihovom debljem slijedu javljaju se i sitnozrnasti klastiti s udjelom od 30 do 40 %, pretežito u obliku leća. To znači da je sedimentacijski prostor bio razveden na brojne lokalne uleknine ili izdignuća, ovisno o utjecaju sinsedimentacijskih tektonskih pokreta.

Iz navedenog proizlazi postojanje kvartarne tektonske aktivnosti. Osobito je ona naglašena nakon taloženja repnog horizonta Q' koji jasno odjeljuje kompleks srednje i gornjopleistocenskih naslaga od starijih. U prostoru između rubnih rasjeda na boranje i sedimentaciju ovih naslaga izravno utječu rasjedi sustava ISI-ZJZ (SI-

JZ). Te okolnosti posljedica su regionalnih tektonskih pokreta, te položaja i pomaka masa stijena u dubini Bilogore, Papuka i Krndije s jedne i Mecseka, Villánya i Baranje s druge strane Dravske depresije. Prema GRÜNTHALU & STORMEYERU (1983.) pravac djelovanja regionalnog horizontalnog stresa u obuhvaćenom području je približno SI-JZ. To ukazuje na nepovoljni položaj spomenutih masa stijena spram stresa. Mogući njihov pomak u prostoru je po reversnim rasjedima vidljivima u zoni južnog rubnog rasjeda Dravske depresije. Pomaci masa stijena uzrokuju boranje kvartarnih naslaga. Zbog djelovanja regionalnog stresa duž dijagonalnog sustava rasjeda mora doći i do lijevog pomaka krila. To je vidljivo na slici 4 pretežito u istočnom dijelu područja uz nizanje zona zadebljanja ili zatanjenja naslaga. Iz geomorfoloških podataka je još zapažena cjelovitost trase Južnog rubnog rasjeda Dravske

depresije. Presijecanje je moguće prisutno jedino kod Našica ili dalje istočno.

Ističe se još jedan detalj i to utvrđeni vertikalni pomaci duž slijedećih rasjeda:

- Južni rubni rasjed Dravske depresije: 150 - 350 m (ili 0,03 cm/god), za razdoblje srednji - gornji pleistocen i do 90 m (0,069 cm/god) samo za gornji pleistocen.
- Sjeverni rubni rasjed Dravske depresije: moguće do 150 m (0,015 cm/god);
- rasjedi sustava ISI-ZJZ (SI-JZ), osobito koji dotiču D. Miholjac, Beničance, Bizovac i Čepin: 100 - 150 m (do 0,015 cm/god).

Manuscript recived March, 31.1992.

Revised manuscript accepted July, 31.1992.

3. Zaključak

Zaključujući veliku brojnost u kojima je opadajuće geotektoničke strukture, ustanovljen je razvoj i dubljinu kvartarnih taložina u različitim dijelovima istočnog dijela. Zbog povećane dubljine mekšeg podzastupljenja i u odnosu na geotektoniku od depozicije, akumulacije i podzastupljenja. Općenito, povećana dubljina taložina u istočnom dijelu podzastupljenja. Također, znanje većih ili manjih dubljina taložina se dijagonalno. Nadalje, znanje je su kvartarni naslage tanje, u sustavu prevladavajući raznovrsnosti taložina. U njihovom debeljem slijedu javljaju se i stacionarni taložni s udjelom od 30 do 40% pretežno razvijene na brojne lokalne uškinje ili izdignute, ovisno o utjecaju sincedimentacijskih tektoničkih pokreta.

Iz navedenog proizlazi postojanje kvartarne tektonike aktivnosti. Općenito je ona naglašena nakon zločina razvoja horizonta Q koji jasno odjeljuje kompleks starije i geomorfoloških naslaga od starijih. U istom razdoblju taložni rasjeda na kojima i sedimentacija ovih naslaga izvorno utječu rasjedi sustava ISI-ZJZ (SI-

južni rubni rasjed Dravske depresije) i rasjedi sustava ISI-ZJZ (SI-JZ) koji su nastali u vrijeme pleistocena. U istočnom dijelu područja uz nizanje zona zadebljanja ili zatanjenja naslaga, to je vidljivo na slici 4 pretežito u istočnom dijelu područja uz nizanje zona zadebljanja ili zatanjenja naslaga. Iz geomorfoloških podataka je još zapažena cjelovitost trase Južnog rubnog rasjeda Dravske depresije. Presijecanje je moguće prisutno jedino kod Našica ili dalje istočno.

Ističe se još jedan detalj i to utvrđeni vertikalni pomaci duž slijedećih rasjeda:

- Južni rubni rasjed Dravske depresije: 150 - 350 m (ili 0,03 cm/god), za razdoblje srednji - gornji pleistocen i do 90 m (0,069 cm/god) samo za gornji pleistocen.
- Sjeverni rubni rasjed Dravske depresije: moguće do 150 m (0,015 cm/god);
- rasjedi sustava ISI-ZJZ (SI-JZ), osobito koji dotiču D. Miholjac, Beničance, Bizovac i Čepin: 100 - 150 m (do 0,015 cm/god).

Manuscript recived March, 31.1992.
Revised manuscript accepted July, 31.1992.