

Antoni K. TOKARSKI *

O CZWARTORZĘDOWYM CIOSIE I USKOKU
W KOTLINIE SĄDECKIEJ
(ZACHODNIE KARPATY ZEWNĘTRZNE)

(Pl. I—II i 3 fig.)

*On Quaternary fault and jointing in Nowy Sącz Basin
(Outer Western Carpathians, Poland)*

(Pls. I—II and 3 Figs.)

Treść. W Kotlinie Sądeckiej cios subwertykalny występuje dosyć powszechnie w lessowatych glinach plejstocęńskich teras. Gliny te są w jednym odsłonięciu przecięte uskokiem. Wszystkie te deformacje powstały w grawitacyjnym układzie naprężeń. Uskok powstał niezależnie od sytuacji geomorfologicznej, która kontrolowała genezę ciosu.

WSTĘP

Opisane obserwacje wykonano w południowo-zachodnim obrzeżeniu Kotliny Sądeckiej, w dolnych partiach zboczy doliny Dunajca (fig. 1). Kotlina Sądecka, położona w obrębie najbardziej wewnętrznej jednostki tektonicznej Zachodnich Karpat Zewnętrznych — płaszczowiny magurskiej, zdaje się stanowić synorogeniczną neogeńską depresję (Tokarski, 1977), w której słabo zdeformowane osady dolnego badenianu leżą niezgodnie na silnie sfałdowanym paleogeńskim i kredowym fliszu (Oszczypko 1973). Występuje tutaj kilka akumulacyjnych teras rzecznych o wysokościach do 140 m powyżej poziomu Dunajca, najstarszej z nich można przypisać wiek plioceński (Oszczypko l.c.). Niższe terasy powstały w plejstocenie. Dno doliny Dunajca wyścielone jest terasą bałtycką (Würm) pogrzebaną w holocenie (Klimaszewski, 1961). Terasy zbudowane są ze żwirów, miejscami słabo scementowanych, które zawierają wkładki lessowatych glin.

* Zespół Pracowni Zakładu Nauk Geologicznych PAN 31-002 Kraków, ul. Senacka 3.

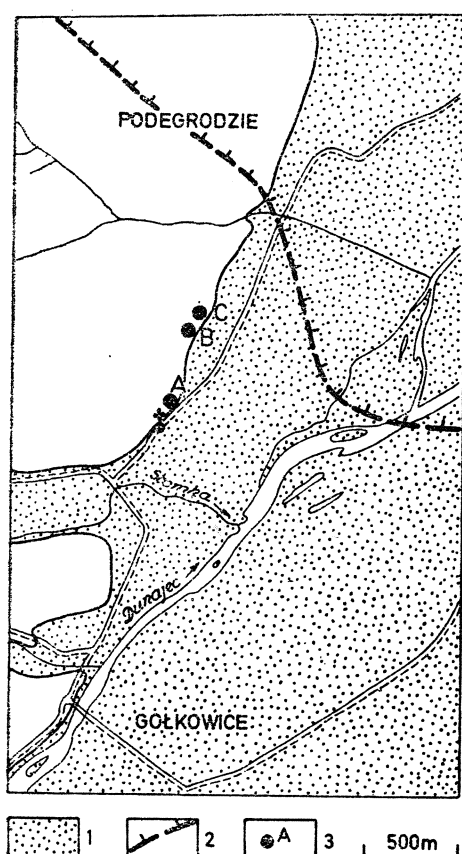
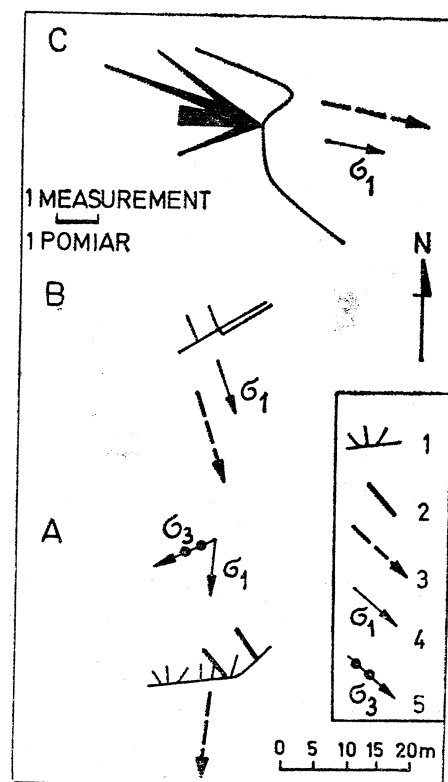


Fig. 1. Lokalizacja odsłoneń. 1 — Niskie terasy wypełniające dna dolin (wg Oszczypko 1973), 2 — Zasięg występowania osadów miocenu; 3 — badane odsłonecia

Fig. 1. Localization of outcrops. 1 — Low terraces covering bottom of valleys (after Oszczypko 1973); 2 — Boundary of Miocene deposits; 3 — Discussed outcrops

Fig. 2. Drobne struktury w utworach czwartorzędu. 1 — 3 Elementy pomierzone: 1 — Cios subwertykalny; dla odsłonecia C róża spekań kierunków 19 powierzchni; 2 — Uskok i towarzyszące mu pęknięcie; 3 — Kierunek spadku stoków; 4 — 5 Elementy wyinterpretowane: 4 — Kierunek osi największego naprężenia głównego, odpowiedzialnego za powstanie ciosu subwertykalnego; 5 — Kierunek osi najmniejszego naprężenia głównego odpowiedzialnego za powstanie uskoku. Podziałka dotyczy poszczególnych odsłoneń. A, B, C — badane odsłonecia

Fig. 2. Minor structures in Quaternary deposits. 1 — Subvertical joints, for outcrop C diagram of 19 surfaces; 2 — Fault and accompanying fracture; 3 — Down-slope direction; 4 — Main axis of stresses responsible for origin of subvertical joints; 5 — Main axis of stresses responsible for origin of fault. A, B, C — discussed outcrops



CIOS SUBWERTYKALNY

Gliny lessowate tworzące wkładki w plejstocenijskich terasach są dosyć powszechnie przecinane subwertykalnymi powierzchniami ciosu (Pl. I fig. 1), których orientacja została pomierzona w trzech niedaleko od siebie położonych odsłonięciach (fig. 1, 2). Zdecydowana większość po-

wierzchni ciosowych ma bieg zbliżony do kierunku spadku stoku. Maksymalne odchylenia wynoszą 30° (fig. 2C). Drugi zespół ciosu stwierdzono w jednym tylko odsłonięciu (fig. 2B) położonym w bardzo stromej skarpie. Powierzchnie tego zespołu przebiegają równoległe do kierunku rozcięcia erozyjnego (pl. I, fig. 2).

USKOK

W jednym z omawianych odsłonieć (fig. 2A i 3, Pl. I fig. 1), położonym w pobliżu spągu terasy uważanej za środkowopolską (Riss), występują dwie powierzchnie zorientowane N35W/65E i N40W/70E. Druga z tych powierzchni pokryta jest lustrem tektonicznym z dobrze rozwiniętymi rysami o kącie spadku 70° ku SE i zadziorami (Pl. II, fig. 1). Amplituda tego uskoku maleje ku górze odsłonięcia, gdzie na granicy pomiędzy glinami lessowatymi i wyżej leżącymi żwirami (Pl. I, fig. 1) uskok wygasa przechodząc w system szczelin tensyjnych (Pl. II, fig. 2). Ułożenie tych pęknięć świadczy o grawitacyjnym charakterze uskoku. Ruch wzdłuż uskoku przebiegał przeciwnie do „kryterium gładkości” (Pl. II, fig. 1), co zdaje się stanowić interesujący przyczynek do dyskusji nad kierunkiem ekspozycji zadziorów tektonicznych (por. Dzułyński 1953, Norris i Barron 1969, Jaroszewski 1972).

INTERPRETACJA

Orientacja ciosu subwertykalnego jest wyraźnie kontrolowana przez sytuację morfologiczną (fig. 2). Jeden zespół przedstawiają powierzchnie o biegach zbliżonych do kierunku spadku stoków z odchyleniami do 30° w obie strony (fig. 2A i C). Z takiego rozmieszczenia biegów można wnioskować, że powierzchnie te reprezentują cios ekstensyjny i ścięciowy, który utworzył się w polu naprężeń o osi σ_1 zorientowanej poziomo. Przy interpretacji (fig. 2) przyjęto jako kierunek σ_1 średni bieg pomierzonych powierzchni tego zespołu. Interpretowane kierunki σ_1 są w każdym z odsłonieć zgodne z kierunkami spadku stoków. Powierzchnie równoległe do przebiegu podcięć stanowią przypuszczalnie cios odprężeniowy uwarunkowany erozją. Za nietektonicznym charakterem czynników ciosotwórczych przemawia zdecydowanie chaotyczny obraz ciosu w omawianym fragmencie obrzeżenia Kotliny Sądeckiej w porównaniu z uporządkowanym rozmieszczeniem ciosu we fliszu jednostki magurskiej (Tokarski, 1975) oraz w osadach miocenkich (Tokarski, 1977).

Odmienne zdaje się przedstawiać geneza uskoku. Rekonstrukcja osi naprężeń głównych przeprowadzona metodą Ragana (1973), przy założeniu, że mamy do czynienia z uskokiem pierwotnym, wskazuje na orientację σ_3 w kierunku N66E. Należy się zastanowić, czy taka orientacja ekstensji może być wynikiem ruchów masowych. Wydaje się,

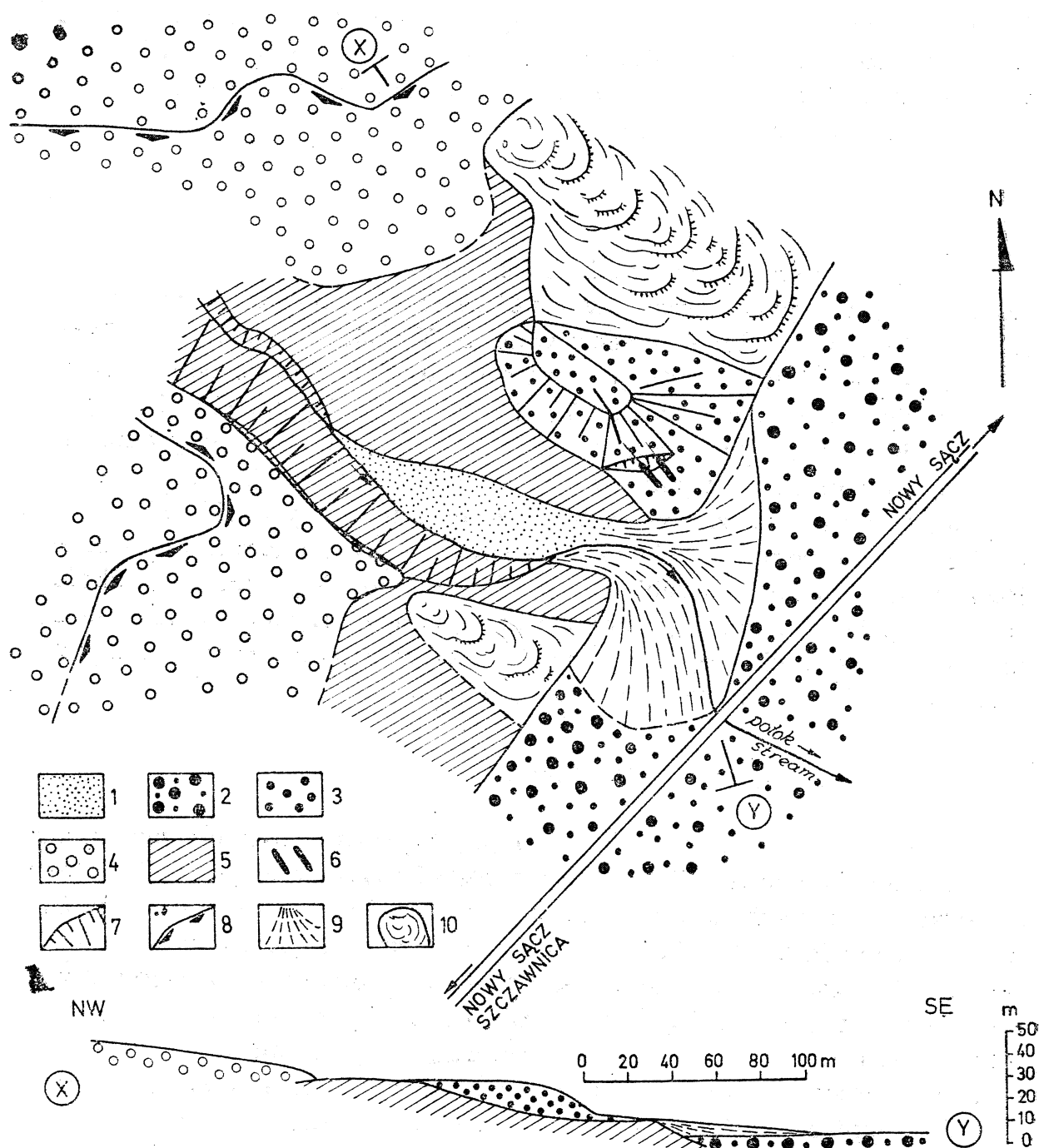


Fig. 3. Szkic geomorfologiczny oraz przekrój otoczenia odsłonięcia A. 1 — Terasa I małego potoku — holocen; 2 — Terasa II wyścielająca dno doliny Dunajca — bałtycka (Würm) z osadami holocenijskimi w stropowej części; 3 — Terasa III — środkowopolska (Riss); 4 — Terasa IV — środkowopolska (Riss) lub krakowska (Mindel); 5 — Flisz; 6 — Uskok i towarzyszące mu pęknięcie; 7 — Podcięcie erozyjne; 8 — Krawędź spłaszczenia; 9 — Stożek napływowy; 10 — Osuwisko

Fig. 3. Geomorphological sketch and cross-section of outcrop A and vicinity. 1 — Terrace I of a small stream — Holocene; 2 — Terrace II covering the bottom of Dunajec valley — Würm with Holocene deposits in upper part; 3 — Terrace III — Riss; 4 — Terrace IV — Riss or Mindel; 5 — Flysch; 6 — Fault and accompanying fracture; 7 — Erosional escarpment; 8 — Margin of flattening; 9 — Alluvial fan; 10 — Landslide

że mogą tu wejść w rachubę jedynie ruchy grawitacyjne skierowane ku SE, których przejawem są nieczynne obecnie osuwiska, oraz ruchy skierowane ku S i SW w kierunku niewielkiego potoku (fig. 3). Ewentualność pierwszą można łatwo wykluczyć z powodów geometrycznych. Również i druga możliwość wydaje się mało prawdopodobna, ponieważ w przypadku powiązania genetycznego uskoku z ruchami grawitacyjnymi ku SW należałoby się spodziewać uskoku zapadającego w tym kierunku, a nie ku NE. Ponadto kierunek osi największego naprężenia głównego odpowiedzialnego za utworzenie ciosu subwertykalnego, który można identyfikować z obecnym kierunkiem ruchów grawitacyjnych, przebiega ukośnie do kierunku rekonstruowanej dla uskoku ekstensji (fig. 2A). W omawianym odsłonięciu występuje tylko jeden zespół ciosu subwertykalnego, co zdaje się świadczyć, że kierunek ruchów masowych nie podlegał tu większym zmianom.

Podsumowując, wydaje się, że można wykluczyć zachodzenie powiązania genetycznego pomiędzy uskokiem a ruchami masowymi. Można więc sądzić, że mamy tutaj do czynienia z uskokiem grawitacyjnym wywołanym przez przyczyny tektoniczne.

Górna granica wieku omówionych deformacji nie wydaje się możliwa do sprecyzowania. Uskok jest oczywiście nie starszy od osadzenia się terasy III (Riss). Cios subwertykalny natomiast powstał nie wcześniej niż rozpoczęło się rozcinanie terasy III, czyli nie wcześniej niż w interglacjale eemskim.

DYSKUSJA

Obecność ruchów poszarżazowych (po najniższym sarmacie) w Zachodnich Karpatach Zewnętrznych przyjmuje się powszechnie od czasów Sawickiego (1909) dla wyjaśnienia genezy rozcięć powierzchni zrównań. Pierwotnie przypuszczano, że ruchy te miały charakter „en bloc”. Jednakże już Jaranoff (1934—5) dostarczył argumentów za ich zróżnicowanym charakterem w rejonie Kotliny Nowotarskiej. W tym rejonie ruchy zdają się kontynuować jeszcze w czwartorzędzie, za czym przemawia wychylenie osadów plioceńskich w okolicy Czorsztyna (Watycha 1963) oraz wyniki analizy rozmieszczenia akumulacyjnych pokryw czwartorzędu (Niedzielski 1971; Watycha 1973; Birkenmajer 1976). Obecność ruchów czwartorzędowych poza Kotliną Nowotarską była interpretowana na podstawie wyników analizy geomorfologicznej przez Starkla (1969) w dolach jasielsko-sanockich, Połtowicza (1975) w dolinie rzeki Białej oraz Henkla (1977) we wschodniej części polskich Karpat.

Bardziej precyzyjnych danych dostarczył Birkenmajer (1976), który zinterpretował zaburzenie utworów staroczwartorzędowych w Szaflarach jako wynik działalności strefy uskokowej obcinającej od północy pieniński pas skałkowy. Najciekawsze wydają się być obserwacje Hen-

kla (1974), który opisał kilka uskoków zaburzających cokół terasy holocenińskiej w dolinie Łodynki (wschodnia część polskich Karpat). Przynajmniej jeden z tych uskoków zaznacza się również w morfologii stropu terasy. Co prawda sam autor ma wątpliwości, czy są to uskoki holocenijskie czy też wypreparowane przez erozję starsze uskoki, jednakże niektóre z opisanych przez niego faktów (zwłaszcza brak śladów erozji na powierzchniach luster) zdają się przemawiać zdecydowanie za holocenijskim wiekiem.

Jak wynika z powyższego przeglądu, nie można mieć wątpliwości co do aktywności tektonicznej Zachodnich Karpat Zewnętrznych w czwartorzędzie. Z przedstawionych w niniejszym artykule obserwacji zdaje się wynikać, że przynajmniej w Kotlinie Sądeckiej, czwartorzędowe deformacje powstały w grawitacyjnym układzie naprężeń. Geneza niektórych deformacji była kontrolowana przez sytuację geomorfologiczną.

Praca została wykonana w ramach problemu MR I 16 PAN. Wojciechowi Jaroszewskiemu serdecznie dziękuję za stymulującą krytykę.

Maszynopis nadesłano II 1978
przyjęto do druku V 1978

WYKAZ LITERATURY — REFERENCES

- Birkenmajer K. (1976), Plejstocenijskie deformacje tektoniczne w Szaflarach na Podhalu (Pleistocene tectonic deformations at Szaflary, West Carpathians, Poland). *Rocznik Pol. Tow. Geol.* 46: 309—23.
- Dzuleński S. (1953), Tektonika pd. części Wyżyny Krakowskiej (Tectonics of the southern part of the Cracovian Upland). *Acta geol. pol.* 3: 325—440.
- Henkiel A. (1974), Zagadkowy „uskok” w holocenijskim tarasie Łodynki, Karpaty Wschodnie (Problematic „fault” in Holocene terrace of Łodynka stream, Eastern Carpathians). *Prz. geol.* 22: 110—2, Warszawa.
- Henkiel A. (1977), Zależność rzeźby Karpat Zewnętrznych od budowy geologicznej jednostek fliszowych i ich głębokiego podłoża (na przykładzie wschodniej części Karpat polskich). 100 p. UMCS, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Lublin.
- Jaranoff D. (1934—5), Das Becken von Nowy Targ als Beispiel eines intramontanen Beckens. *Prz. geogr.* 14: 153—9, Warszawa.
- Jaroszewski W. (1972), Drobnostukturalne kryteria tektoniki obszarów nieorogenicznych na przykładzie północno-wschodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (Mesoscopic structural criteria of tectonics of non-orogenic areas: an example from the north-eastern mesozoic margin of the Świętokrzyskie Mountains). *Studia geol. pol.* 38, 210 p.
- Klimaszewski M. (1961), Through the Dunajec-valley into the Tatras. *INQUA V Congr., Guide-book of exc. from the Baltic to the Tatras*, Pt. 3: South Poland: 107—68, Łódź.
- Niedzielski H. (1971), Tektoniczne pochodzenie wschodniej części Kotliny Nowotarskiej (Tectonic origin of the eastern part of the valley of Nowy Targ). *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 41: 397—408.

- Norris D. K., Barron K. (1969), Structural analysis of features on natural and artificial faults. *Geol. Surv. Canada, Paper*, 68—52; 136—74.
- Oszczypko N. (1973), Budowa geologiczna Kotliny Sądeckiej (The geology of the Nowy Sącz Basin, the Middle Carpathians). *Inst. Geol., Biul.* 271: 101—97, Warszawa.
- Polłowicz S. (1975), Wgłębna tektonika brzegu Karpat w okolicy Tarnowa i Pilzna (Tectonic structures of the Carpathian border in the Tarnów and Pilzno area, Polish Middle Carpathians. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 44 (1974): 491—514.
- Ragan D. M. (1973), Structural geology (An introduction to geometrical techniques). Sec. ed., 208 p., John Wiley and Sons.
- Sawicki L. (1909), O młodszych ruchach górotwórczych w Karpatach (Die jüngeren Krunstenbewegungen in den Karpathen). *Kosmos* 34: 361—400, Lwów.
- Starkel L. (1969), The age of the stages of development of the relief of the Polish Carpathians in the light of the most recent geological investigations. *Studia geomorph. Car.-Balk.* 3: 34—43, Kraków.
- Tokarski A. K. (1975), Structural analysis of the Magura Unit between Krościenko and Zabrzeż (Polish Flysch Carpathians). *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 45: 327—59.
- Tokarski A. K. (1977), Joints and minor faults in the Miocene deposits of the Nowy Sącz Basin. *Proc. 9 Congr. Carph.-Balc. Geol. Assoc.*: 153, Kiev, Naukova Dumka.
- Watycha L. (1963), Problem przepuszczalności w przekroju geologicznym Ciechorzyn—Zielone Skałki (Problem of permeability in the geological cross section Ciechorzyn—Zielone Skałki). *Prz. geol.* 11: 325—6, Warszawa.
- Watycha L. (1973), Utwory czwartorzędowe w otworze wiertniczym Wróblówka na Podhalu (Quaternary formations in the bore hole Wróblówka, Podhale region). *Kwart. geol.* 17: 335—47, Warszawa.

SUMMARY

Abstract. In Nowy Sącz Basin subvertical joints occur commonly in loams of Pleistocene terraces. In one outcrop these loams are cut by a fault. All these deformations were formed in gravitational field of stresses. Origin of fault was independent of relief which controlled origin of jointing.

The data presented here were collected in the margin of the Nowy Sącz Basin (Fig. 1). This basin is situated on the Magura nappe which is the innermost tectonic unit of the Outer Western Carpathians. The bottom and slopes of the basin are covered by Pleistocene river terraces composed of gravels with loess-like loams inlayers.

Two sets of subvertical joints occur in the loess-like loams (Fig. 2, Pl. I, Fig. 1). Joints of the first set are subparallel to the down slope direction. Joints of the second set were found only in one outcrop (Fig. 2B). They are parallel to erosional cutting (Pl. I, Fig. 2).

Two surfaces, N35W/65E and N40W/70E, were found in an outcrop near the bottom of the Riss terrace (Fig. 3, Pl. I, Fig. 1). The second one is covered by slickenside with steps and striae pitching at 70° to the SE (Pl. II, Fig. 1). The amplitude of this fault diminishes upwards.

At the boundary between loams and gravels the fault dies out changing to a set of tensional fractures (Pl. II, Fig. 2). The disposition of the fractures attests to the gravitational character of the fault. The slip along the fault was opposite to that indicated by „smoothness criterion” (Pl. II, Fig. 1). This seems to present an interesting contribution to the discussion on the orientation of slickenside steps (cf. Dżułyński, 1952, Norris and Barron 1969; Jaroszewski 1972).

Orientation of subvertical joints is clearly relief-controlled. It appears that joints subparallel to the down slope direction were formed by mass movements as shear and extensional surfaces. To the nontectonic origin of joints attest strongly their chaotic pattern in the discussed area (Fig. 2).

The origin of the fault seems to be different. Reconstructed direction of σ_3 is N66E. This direction of extension could not be caused by older south-eastward mass movements (Fig. 3). It appears that also the recent mass movements directed to the South as inferred from the subvertical jointing may not be responsible for the fault origin. In the case of such connection one should rather expect a fault dipping to the S than to the NE. Moreover the direction of extension reconstructed for the fault is oriented obliquely to the σ_1 inferred from joints (Fig. 2A). Thus it appears that the fault is of a tectonic origin.

The young tectonic movements in the Outer Western Carpathians are interpreted since beginning of the century on geomorphological analysis and geological mapping. However, it remained for Henkiel (1974) and Birkenmajer (1976) to furnish mesostructural arguments. It follows from the observations described in this paper that at least in the Nowy Sącz Basin Quaternary deformations are of gravitational origin. Some of these deformations were controlled by relief.

OBJAŚNIENIA PLANSZ — EXPLANATION OF PLATES

Plansza — Plate I

- Fig. 1. Uskok „a” i cios subwertykalny „b” w terasie III (Riss), odsłonięcie A
Fig. 1. Fault „a” and subvertical joints „b” in terrace III (Riss), outcrop A
Fig. 2. Cios ekstensyjny zespołu równoległego do podcięć erozyjnych, odsłonięcie B
Fig. 2. Extensional joints parallel to erosional escarpment, outcrop B

Plansza — Plate II

- Fig. 1. Lustro tektoniczne na powierzchni uskoku, powiększony fragment fig 1, pl. I.
Fig. 1. Slickensides on fault surface, enlargement from Fig. 1, Pl. I.
Fig. 2. Tensyjne szczeliny „a” przy zakończeniu uskoku „b”, powiększony fragment fig. 1, pl. I.
Fig. 2. Tensional fractures „a” near the end of fault „b”, enlargement from Fig. 1, Pl. I.



