

Tadeusz SOKOŁOWSKI

## UWAGI O TERASACH DOLINY DUNAJCA KOŁO TARNOWA

(3 fig.)

### *Remarks on the terraces of Dunajec valley near Tarnów (Southern Poland)*

(3 Figs.)

Tadeusz Sokołowski: Remarks on the terraces of Dunajec valley near Tarnów (Southern Poland). Summary. Ann. Soc. Geol. Poloniae, 51—3/4: 577—592, 1981 Kraków.

**Abstract:** The radiocarbon dating of a trunk (*Larix* sp.) found in the middle terrace in the Dunajec valley estimated the age of the terrace at  $31\,425 \pm 530$  years BP (Hv — 9708) — i.e. Vistulian Glaciation (Denekamp Interstadial). The lower, superinundation terrace is intersected by three or even four generations of abandoned loops. The Pleistocene and Holocene deposits are discussed.

**Key words:** Quaternary, Vistulian glaciation, radiocarbon dating, Dunajec valley. Poland.

Tadeusz Sokołowski: Instytut Geologii i Surowców Mineralnych Akademii Górniczo-Hutniczej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

manuscript received: May, 1980

accepted: October 1980

**Treść:** W pracy omówiono budowę teras rzecznych, a przede wszystkim Równiny Radłowskiej (terasa średnia). Datowana metodą radiowęgla, prawdopodobnie młodsza, część osadów terasy ma wiek  $31\,425 \pm 530$  lat BP (Hv — 9708), reprezentuje więc zlodowacenie Wisły (interstadiał Denekamp). Niskie terasy w dnie doliny wyścielają głównie osady holocenne. W podłożu występują ropy miocenu o bardzo urozmaiconej rzeźbie.

WSTĘP

Tematem pracy jest budowa geologiczna terasy średniej oraz teras niskich doliny Dunajca w rejonie Tarnowa pomiędzy Olszynami a ujściem do Wisły. Podłożem osadów czwartorzędowych są w części południowej badanego terenu utwory fliszowe jednostek śląskiej, podśląskiej i skolskiej budujących brzeżną część Karpat. Brzeg nasunięcia przebiega wzdłuż linii Wielka Wieś—Szczepanowice (fig. 1). Na przedpolu Karpat w Kotlinie Sandomierskiej, w podłożu występują przeważnie ilaste osady miocenu, które w południowej części są silnie sfałdowane, a dalej ku północy zalegają prawie poziomo. Odslonięcia ich są nieliczne, a do najbardziej znanych należą odsłaniające się w zboczu doliny oraz w korycie Dunajca w pobliżu Zgłobic i Zbylitowskiej Góry piaskowce, które miejscami tworzą niskie, twarde proggi.

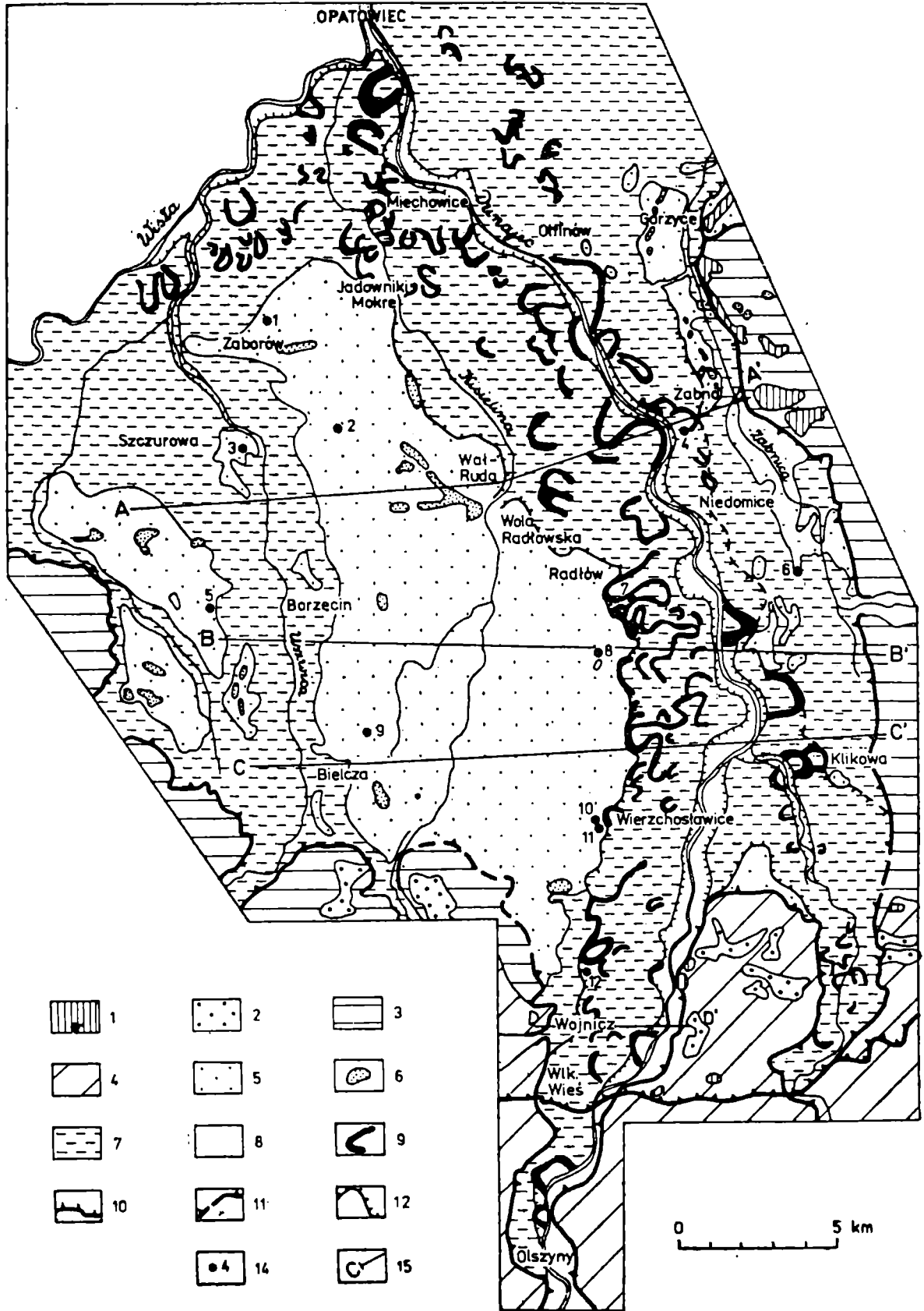
Obrzeżające dolinę wysoczyzny przykryte są najczęściej piaszczystymi osadami rzeczno-lodowcowymi, lodowcowymi i rzeczno-pochodzącymi głównie z okresu zlodowacenia krakowskiego. Jedynie na Wysoczyźnie Wojnickiej koło Zbylitowskiej Góry, Błoń, Zgłobic i Biadolin oraz na Wysoczyźnie Szczepanowskiej pomiędzy Brzeskiem a Sterkowcem zachowały się resztki wysokich teras wznoszących się około 40 metrów ponad koryto Dunajca, które nie będą tu omawiane.

W pobliżu brzegu Karpat znaczny obszar zajmują lessy, gliny lessowate i zwietrzelinowe osiągające często kilkanaście metrów miąższości.

---

Fig. 1. Szkic geologiczno-morfologiczny doliny Dunajca koło Tarnowa. 1 — Miocen, 2 — żwiry wysokich teras (zlodowacenie krakowskie), 3 — osady czwartorzędowe w obszarach pozadolinnych, 4 — lessy, gliny lessowate i zwietrzelinowe, 5 — osady piaszczyste Równiny Radłowskiej, 6 — wydmy, 7 — mady (przeważnie w zasięgu terasy rędzinnej), 8 — mady i żwiry terasy łęgowej, 9 — starorzecza, 10 — granica nasunięcia karpackiego, 11 — granica den dolin, 12 — krawędzie teras: a — wyraźne, b — zinterpretowane w części wschodniej Równiny Radłowskiej, 14 — lokalizacja ważniejszych odsłonień, 15 — linie przekrojów geologicznych

Fig. 1. Geologic-morphological sketch of Dunajec valley near Tarnów. 1 — Miocene deposits, 2 — gravels of high terraces (Mindel glaciation), 3 — Quaternary deposits on the plateau areas, 4 — loess, loess-like deposits and loamy weathering products, 5 — sandy deposits of the Radłów Plain (middle terrace), 6 — dunes, 7 — muds (mostly within super the inundational terrace), 8 — muds and gravels of the flood-plain, 9 — oxbows, 10 — Carpathian overthrust, 11 — limits of valley-floors, 12 — terrace edges: a — distinct, b — interpreted in the eastern part of the Radłów Plain, 14 — localities of more important outcrops, 15 — geological cross-sections



## BUDOWA GEOLOGICZNA DOLINY DUNAJCA

W obrębie Karpat dolina jest wąska (1—2 km). Najniższą wartość stwierdza się w przełomie koło Olszyn, gdzie w przewężeniu doliny występują gruboławicowe piaszkowce istebniańskie i lgockie jednostki śląskiej.

Dno doliny wyścielają tutaj niskie terasy łęgowa i rędzinna o wysokościach 2—4 i 3—6 metrów ponad koryto Dunajca zbudowane z grubokruchowych żwirów o miąższości nie przekraczającej 5 metrów. Są one przykryte madami o grubości do 4 metrów. Średnio mogą zawierać 20—30% frakcji piaszczystej, tzn. ziarn o średnicach mniejszych od 2 mm. Spoczywają one na podłożu fliszowym, którego rzeźba nie pokrywa się z przebiegiem obecnego koryta. Oś maksymalnego przegłębienia kopalnego dna doliny przesunięta jest w pobliżu Olszyn w kierunku wschodnim, nieco zaś na północ w zachodnim.

W Kotlinie Sandomierskiej szerokość doliny przekracza poniżej Tarnowa 20 kilometrów. W obecnie obserwowanej morfologii, wg Starkla (1972), wyróżnić tutaj można Równinę Radłowską odpowiadającą terasie o wysokości 8—15 metrów (Klimaszewski, 1937) oraz niższe terasy rędziną i łęgową. W pracy przyjęto ten podział rozszerzając zasięg Równiny Radłowskiej także na wschodni brzeg Dunajca.

Równina Radłowska tworzy niezwykle rozległą formę wypełniającą znaczną część doliny (fig. 1). Na zdjęciach lotniczych obejmujących swym zasięgiem jedynie jej fragment w kilkukilometrowym pasie wokół koryta Dunajca, charakteryzuje się dość jednolitym, jasnym fototonem, co wskazuje na przewagę piasków w jej stropie. Po wschodniej stronie koryta miejscami przeważa lekko plamisty fototon, co za Wrońskim (1974) można interpretować jako ciekawą pokrywą gliniastą nad piaskami. Obserwacje zdjęć lotniczych znalazły pełne potwierdzenie w badaniach terenowych i materiałach wiertniczych. Współcześnie Równina Radłowska tworzy płaską, piaszczystą, miejscami zwydmioną powierzchnię akumulacyjną. Większe pola wydmowe znajdują się koło Wału-Rudy, Bielczy, i Przyborowa. Przynależą tu też nieznaczne wzniesienia na północ od Żabna i koło Gorzyc (garby Żabna i Gorzyc), które w przeważającej swej części są nadbudowane eolicznie przez liczne, niewielkie wydmy tworzące najczęściej wydłużone wały o kierunku N—S.

W pobliżu wysoczyzn powierzchnia równiny Radłowskiej nieznacznie wznosi się, szczególnie u wylotu strumieni, co niewątpliwie związane jest z nadbudową jej powierzchni przez stożki bocznych dopływów. Na większą skalę rozwinęły się one w pobliżu Wysoczyzny Tarnowskiej, gdzie sądząc z obserwacji z Łęgu Tarnowskiego, budują je rytmicznie warstwowane, zapyłone piaski i mułki. Duży stożek zbudowany z osadów gliniastych i żwirowych nałożony na żwiry dunajcowe znajduje się w Wojniczu. Ku północy, w kierunku doliny Wisły, Równina Radłow-

ska zanurza się stopniowo pod holocenijskie mady, na co w odniesieniu do fragmentów teras średnich w Kotlinie Sandomierskiej zwraca uwagę Starkel (1972).

Granice Równiny Radłowskiej z rozcinającą je terasą rędzinną mają różny charakter. Na zachodnim brzegu Dunajca, tam gdzie podcinają ją meandry Dunajca, znaczona jest wyraźną, miejscami 5-metrową krawędzią kolistych starorzeczy. Natomiast po wschodniej stronie koryta krawędź jest często niewyraźna, mająca charakter łagodnie nachylonego, niskiego stoku. Stwarza to trudności w jednoznacznym jej określeniu. Stąd też terasy rozdzielono tutaj w oparciu o zdjęcia lotnicze, przyjmując granice wedle zasięgu starorzeczy oraz częściowo na podstawie różnic litologii (mady na terasie rędzinnej — piaski na Równinie Radłowskiej). W tym ujęciu zasięg Równiny Radłowskiej jest nieco szerszy niż przyjmował to Klimaszewski (1937). Zdaniem autora granica przebiega w okolicach Żabna (gdzie jest najwyraźniejsza), Niedomic, Ilkowic, Bobrownik-Partyni, gdzie skręca na południowy wschód w kierunku Klikowej. Na północ od Klikowej oraz pomiędzy Niedomicami i Żabnem cienka pokrywa mad zalega przekraczającą, co jest wynikiem zalewania tej części Równiny Radłowskiej w czasie dużych powodzi, jeszcze z początkiem XX wieku (np. w roku 1934 — Lewakowski 1935). Podobnie koło Gorzyc i Otfinowa widoczne są niewielkie, izolowane płyty piasków o charakterze ostańców terasy średniej, często wyraźnie wznoszące się ponad powierzchnię otulających je mad. Wspomnieć należy, że również znacznie większy zasięg Równiny Radłowskiej przyjmował tutaj Simche (1930), nie precyzując go jednak dokładnie.

Włożona w Równinę Radłowską terasa rędzinną wznosi się 5—8 metrów ponad koryto Dunajca. Jej powierzchnia pocięta jest licznymi śladami krętych starorzeczy, szczególnie wyraźnie widocznych na zachodnim brzegu Dunajca. Na zdjęciach lotniczych znaczą się one jako wklęsłe zakolowe formy posiadające najczęściej dość jednolity, szary fototon zawsze jednak ciemniejszy od otoczenia, co jest zgodne z obserwacjami Trafasa (1968). W ich obrębie brak jest zwykle pól uprawnych, a występująca roślinność jest trawiasta, czasem pojawiają się kępy krzewów. Są to najczęściej formy suche, na północ od Radłowa sporadycznie wypełnione wodą.

Ślady starorzeczy pojawiają się na całej długości omawianego odcinka Dunajca. Z biegiem rzeki obserwuje się pewne zróżnicowanie wielkości i gęstości rozmieszczenia meandrów, przy czym od Wierzchosławic po Radłów są one rozwinięte najsilniej.

Począwszy od Wielkiej Wsi po Wierzchosławic występują pojedyncze i dość rzadkie starorzecza (fig. 1) o promieniach rzędu 300—500 metrów, dostosowane do przepływów kształtujących 54—145 m<sup>3</sup>/s. Na północ od Wierzchosławic, w pobliżu krawędzi z Równiną Radłowską, pojawiają się ślady meandrów szerokopromiennych, o promieniach rze-

du 500—700 metrów (przepływy kształtujące 145—369 m<sup>3</sup>/s), które można określić mianem najstarszej generacji. Zakola młodszych generacji meandrów, o mniejszych promieniach łuków, rzędu 100—200, czasem 300 metrów (przepływy kształtujące 6—54 m<sup>3</sup>/s) leżą w wielu miejscach przekraczając, podcinając nie tylko starsze meandry, ale nawet krawędź Równiny Radłowskiej (fig. 1).

Na północ od Radłowa ślady, zwłaszcza tych wąskopromiennych meandrów, ponownie zanikają i dopiero w okolicach Miechowic obserwuje się ich znaczniejszy rozwój. Przy czym tutaj, prawdopodobnie ze względu na ich bardzo wąskopromienny charakter, jak też wyraźny związek z korytem Kisieliny, zdecydowaną większość z nich należałoby wiązać właśnie z tą rzeką, a nie z Dunajcem. Podobne wątpliwości budzą również niektóre ślady na północ od Równiny Radłowskiej, które zdają się być efektem działalności Uszwicy, a nie Wisły.

Na całym omawianym odcinku Dunajca spotyka się ponownie w bezpośrednim sąsiedztwie koryta ślady szerokopromiennych starorzeczy o promieniach 500—700 metrów i przepływach kształtujących 1427—2760 m<sup>3</sup>/s. Są to niewątpliwie formy bardzo młode, niekiedy jeszcze częściowo czynne w XIX wieku, jak np. „Stare Dunajczysko” koło Biskupic Radłowskich widoczne na mapach austriackich z lat 1874—1886.

Zatem również w dolinie Dunajca można wyróżnić trzy, a nawet cztery generacje meandrów, podobnie jak to czynią Szumański (1972) oraz Trafas (1975) i Mycielska-Dowgiałło (1978) w dolinach Wisły i Sanu.

Należy podkreślić, że niemal wszystkie z omawianych form występują na zachód od koryta Dunajca. Po jego wschodniej stronie ślady meandrów spotyka się jedynie w okolicach Niedomic, Żabna, Otfinowa i Bobrownik.

Odsłonięcia w cegielniach w Radłowie i Żabnie (nr 4 i 7) oraz profile wierceń wskazują, że koryta meandrów wypełniają osady mułkowe, czasem ilaste lub piaszczyste. Jedynie Drzewicka-Kozłowska (1956) wspomina o występowaniu w starorzeczu koło Łętowic (punkt nr 12) profilu holocenijskiego torfowiska.

Obecnie obserwowana morfologia maskuje wiele starszych, często skomplikowanych i trudnych w szerszej interpretacji, form zarówno erozyjnych, jak i akumulacyjnych. Ich budowa stosunkowo najlepiej rozpoznana została wierceniami na zachód od koryta Dunajca pomiędzy Wielką Wsią a Biskupicami Radłowskimi, słabiej po wschodniej stronie pomiędzy Klikową a Żabnem oraz na północ od Żabna i Biskupic. Budowa zachodniej części terenu, w rejonie Bielczy, Szczurowej i Zaborowa jest praktycznie nie rozpoznana.

Miocięńskie podłoże osadów czwartorzędowych odznacza się bardzo urozmaiconą rzeźbą. Występujące tu formy rzeźby, niekiedy w znacznym stopniu odbiegają od opisywanych przez Kozikowskiego (1963), Bożym-Rogalską (1964) oraz Jawora i in. (1974), co może się wiązać z wy-

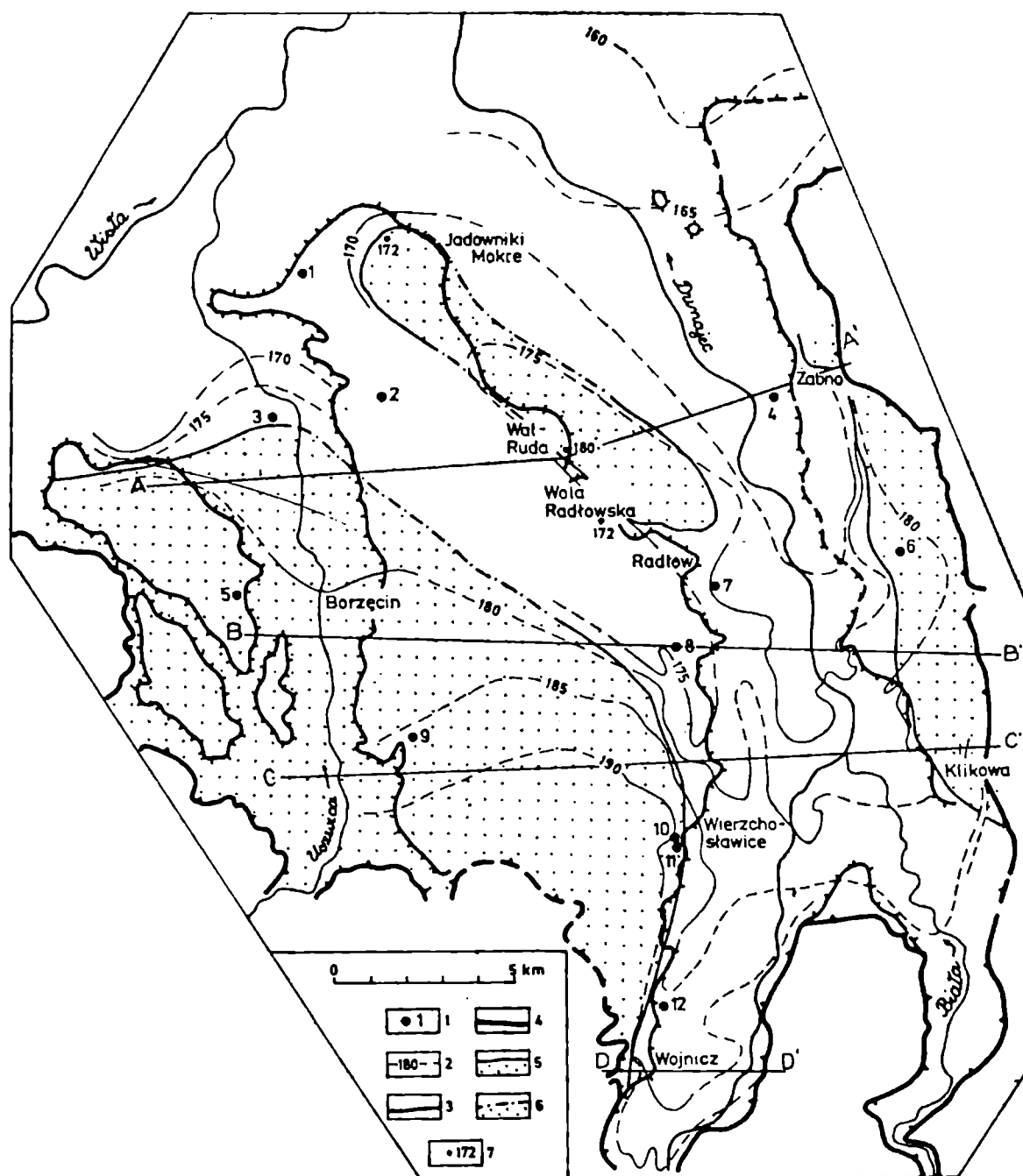


Fig. 2. Rzeźba stropu miocenu doliny Dunajca. 1 — lokalizacja ważniejszych odsłoneń, 2 — izoliny stropu miocenu: a — pewne, b — przypuszczalne, 3 — granice Równiny Radłowskiej, 4 — granice den dolinnych, 5, 6 — zasięg cokołu erozyjnego Równiny Radłowskiej, 7 — wybrane wiercenia wskazujące wysokość stropu miocenu

Fig. 2. Relief of Miocene top surface in the Dunajec valley. 1 — localities of more important outcrops, 2 — isolines of Miocene top surfaces (m.a.s.l.), 3 — limits of Radłów Plain, 4 — limits of valley floors, 5, 6 — range of cut and fill terrace of the Radłów Plain, 7 — selected boreholes indicating attitudes of the Miocene top surface

korzystywaniem nieco innych materiałów wiertniczych oraz różnymi skalami opracowań.

Spośród erozyjnych form leżących w zasięgu Równiny Radłowskiej najważniejszą jest rozległe spłaszczenie rozciągające się od Wojnicza po Jadowniki Mokre (fig. 2, 3) leżące na wysokości 196—173 m n.p.m., tj. w przybliżeniu na poziomie dzisiejszego koryta. Ciągnie się ono daleko w kierunku zachodnim i północno-zachodnim aż po okolice Bielczy, Borzęcina i Zaborowa. Jego fragmenty występują też po wschodniej stronie koryta pomiędzy Klikową a Żabnem.

Cokół ten, wraz z zalegającą na nim stosunkowo cienką pokrywą osadów piaszczysto-żwirowych lub piaszczystych pojawia się również w dolinie Wisły koło Szczucina i Olesna. Na północ od koryta Wisły, przykryty jest on kilkunastometrową pokrywą lessów. W lessach, w Opатовcu, Jersak (1976) stwierdził występowanie poziomych gleb kopalnych typu Komorniki, który zdaniem tego autora utworzył się w interpleni-glacjale ostatniego zlodowacenia (interstadiały Hengelo i Denekamp).

Na wspomnianym, rozległym cokole ilów mioceńskich, w dolinie Dunajca występuje kilkumetrowa warstwa żwirów (fig. 3) zawierająca początkowo w pobliżu Szujca 20% frakcji piaszczystej. Ku zachodowi i północnemu-zachodowi koło Zaborowa, Borzęcina i Bielczy — odsłonięcia 1, 2, 4, 5 — przechodzi ona w osady piaszczysto-żwirowe, a nawet piaszczyste, zawierające ponad 40 lub nawet 70% frakcji piaszczystej. Miejscami występują w nich wkładki utworów drobnoziarnistych mułków, ilów, zapylnych piasków o grubości zwykle nie przekraczającej 0,5 metra.

W żwirowni w Szujcu (odsłonięcie nr 10), na zachód od Wierzchosławic, autor napotykał wśród żwirów bardzo rzadko występujące niewielkie pnie drzew wyciągnięte za pomocą koparki w trakcie eksploatacji pochodzące, wedle relacji pracowników, z głębokości około 5—6 metrów. Dzięki uprzejmości prof. L. Starkla, prof. M. A. Geyh z <sup>14</sup>C und <sup>3</sup>H Laboratorium Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung w Hannoverze określił wiek jednego z pni (*Larix* sp. — oznaczenie p. mgr Z. Tomczyńskiej z Instytutu Botaniki PAN w Krakowie). Wiek  $31\,425 \pm \pm 530$  lat BP (Hv — 9708) w powszechnie stosowanej nomenklaturze holenderskiej (van der Hammen i in. 1967) odpowiada dolnej części interstadiału Denekamp.

Ponadto z wkładki ilastej o grubości 20 cm, oddalonej około 600 metrów w kierunku południowym od miejsca znalezienia pni (odsłonięcie nr 11) i pochodzącej z głębokości 2 metrów p. dr M. Sobolewska z Instytutu Botaniki PAN w Krakowie stwierdziła pyłki: *Pinus*, *Picea*, *Betula*, *Quercus*, *Salix*, *Alnus*, *Corylus*, *Hippophae* oraz *Chenopodiaceae*, *Filipendula*, *Thalictrum*, Gramineae, Polycopodiaceae, *Sphagnum*, Umbellifereae, a ponadto znajdujące się na wtórnym złożu Araliaceae, *Engelhardtia*, Hystrichosphaerideae, *Quercus* typ trzeciorzędowy oraz inne



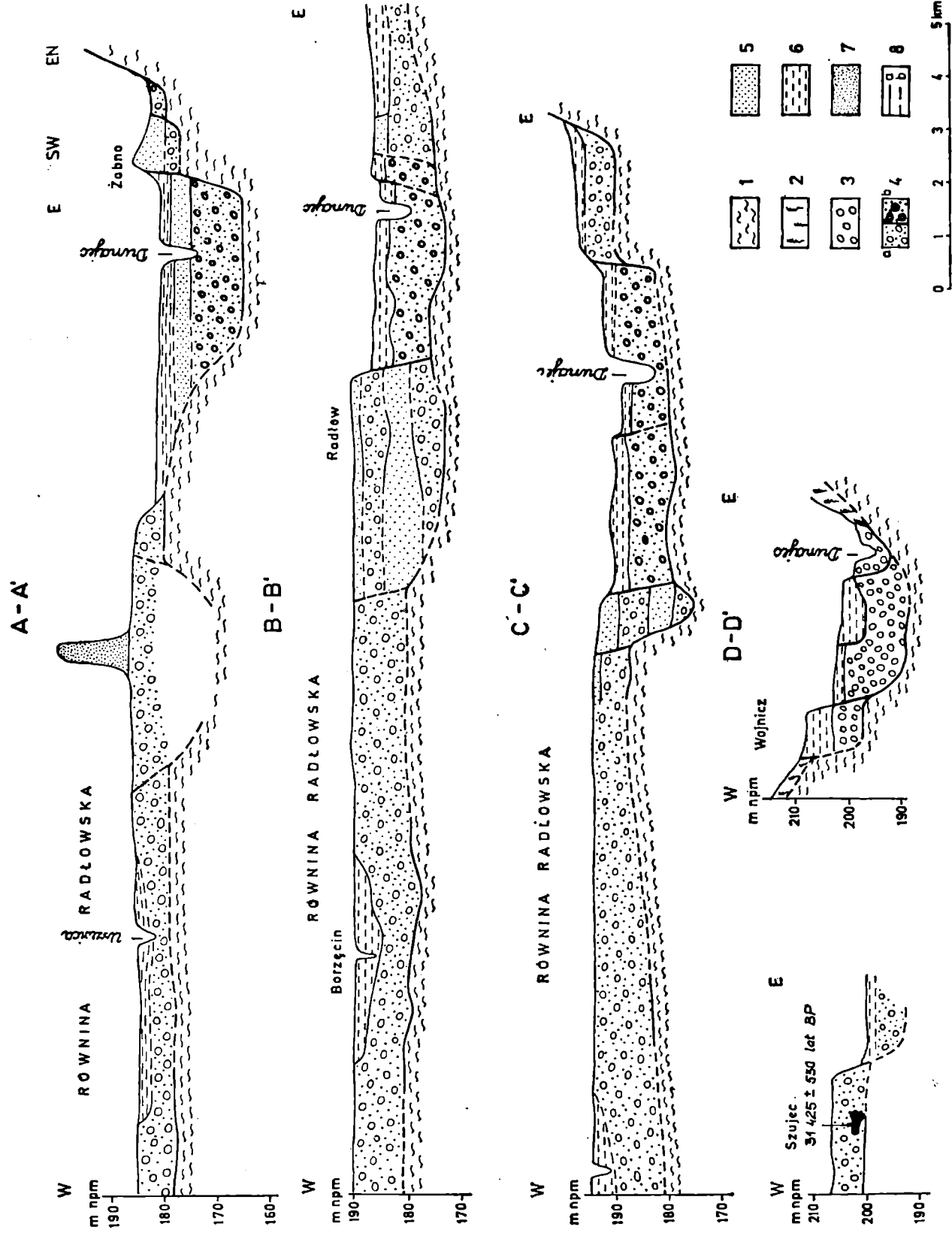


Fig. 3. Przekroje geologiczne doliny Dunajca koło Tarnowa. 1 — miocen, 2 — lessy, 3 — żwir, 4 — piaski ze żwirami, 5 — piaski, 6 — mady, 7 — wydmy, 8 granice litologiczne: a — stwierdzone, b — przypuszczalne  
 Fig. 3. Geological cross-sections of Dunajec valley near Tarnów, 1 — Miocene, 2 — loesses, 3 — gravels, 4 — sands with gravels, 5 — sands, 6 — muds, 7 — dunes, 8 — lithologic limits: — certain, b — supposed

stare spory. Taki skład pyłkowy świadczy raczej o chłodnym i bezleśnym klimacie. Interesujący jest brak pyłków modrzewia. Mając jednak na uwadze nie najlepszy stan zachowania wszystkich pyłków prawdopodobne wydaje się, że uległy one zniszczeniu.

Opisane powyżej żwiry, jak również znajdujący się w ich spągu cokół iłów miocenijskich, od Wierzchosławic, a być może już od Wojnicza, rozcina wyraźna, choć płytka, rynna erozyjna o szerokości zwykle nie przekraczającej 3 kilometrów. Dno jej pomiędzy Wierzchosławicami a Radłowem znajduje się na wysokości 186—172 m n.p.m., jest zatem wcięta do 10 metrów w stosunku do cokołu, kilka metrów poniżej obecnego koryta Dunajca i do 20 metrów poniżej powierzchni terenu. W pobliżu Woli Radłowskiej skręca na północny zachód (fig. 2). Dalszy jej przebieg nie jest znany. W każdym razie nie przebiega ona w pobliżu Borzęcina, gdzie w świetle ostatnio wykonanych wierceń, strop miocenu leży na wysokości 180 m n.p.m., a więc brak jest tutaj równoleżnikowego zagłębienia wspomnianego przez Jawora i in. (1974). Podobna rynna istniała prawdopodobnie również koło Niedomic.

W rynnach w rejonie Niwki i Radłowa (fig. 3 B-B, C-C) budowa znacznie się komplikuje. Ogólnie można powiedzieć, że w ich spągu występują piaski ze żwirami przykryte warstwą piasków o łącznej miąższości kilku, czasem kilkunastu, metrów. Ponad nimi występują ponownie piaski ze żwirami o średniej miąższości kilku metrów przykryte cieńszą (2—3 m) warstwą piasków, czasem zaglinionych i mułków. Występujący tu materiał jest zdecydowanie bardziej drobnoziarnisty w porównaniu z osadami zalegającymi cokół erozyjny. W dolnej warstwie piaszczysto-żwirowej średnia zawartość frakcji piaszczystej w Radłowie wynosi 46%, zaś w górnej 57%. Zbliżony profil obserwuje się w wierceniach koło Niedomic.

Żwiry posiadają charakterystyczny dla Dunajca skład petrograficzny, gdzie obok fliszowych piaskowców występuje materiał tatrzański (granity i kwarcyty). Na Równinie Radłowskiej (odsłonięcia nr 1—3, 5, 8—11) mają one charakter piaskowcowo-kwarcytowo-granitowy z niewielką, nie przekraczającą kilku procent, domieszką krystalicznego materiału skandynawskiego i krzemieni (Sokołowski 1977). Jedynie w północnej części (okolice Zaborowa — punkt 1) obserwuje się zwiększenie ilości fliszowych piaskowców i krzemieni kosztem materiału tatrzańskiego, co świadczy o mieszanii się tutaj wód Dunajca i Wisły. Można też wspomnieć, że w Łęgu Tarnowskim doc. H. Niedzielski (materiały nie publikowane), profilujący wiercenia, wyróżniał poziomy zawierające bądź to żwiry fliszowe, bądź to typowe dla Dunajca, z materiałem tatrzańskim.

Oprócz Dunajca i Białej, Równinę Radłowską rozcinają koryta Uszwicy, Uszwi, Kisieliny, Żabnicy i kilku innych niewielkich strumieni. Jak się wydaje, rozcięcia te są dość płytke, a włożone w nie osady piaszczy-

ste i mułkowe nie przekraczają w Borzęcinie 5—6 metrów miąższości (fig. 3).

Włożona w równinę Radłowską terasa rędzina posiada znacznie prostszą budowę. Strop miocenu jest na ogół dość płaski. Jedynie koło Bogumiłowic oraz na wschód od Radłowa zaznacza się niewielkie wzniesienie rozdzielające opisywane wyżej rynny i wznoszące się do 5 metrów ponad ich dna (fig. 2, 3). Koło Wału-Rudy przechodzi ono w cokół erozyjny Równiny Radłowskiej. Lokalnie mogą się też znaczyć dość wąskie przegłębienia w pobliżu dzisiejszego koryta Dunajca, czasem w obrębie terasy łęgowej, świadczące o późniejszej — holocenijskiej — erozji Dunajca.

Bezpośrednio na północ od granicy nasunięcia osadów fliszowych Karpat obserwuje się raptowny wzrost miąższości żwirów do około 10 metrów, co wiąże się prawdopodobnie z mniejszą odpornością występujących w ich podłożu skał miocenu. Ku północy przechodzą one w piaski ze żwirami o miąższości kilku, czasem kilkunastu metrów, średnio około 10. Począwszy od Bobrownik żwiry przykryte są piaskami o miąższości początkowo 2—3 metrów (fig. 3 A-A), wzrastającej ku północy, tak że w pobliżu doliny Wisły często bardzo wyraźnie przeważają one w profilu nad osadami piaszczysto-żwirowymi. Osady żwirowe i piaszczysto-żwirowe terasy rędzinnej są nieco bardziej gruboziarniste od osadów Równiny Radłowskiej i np. pomiędzy Bogumiłowicami a Żabnem zawierają średnio 23—41% frakcji piaszczystej. Żwiry terasy rędzinnej w porównaniu ze żwirami Równiny Radłowskiej wykazują większą zawartość granitów tatrzańskich (Klimaszewski 1937, Kucharska-Słupikowa 1964, Sokołowski 1977).

Wspomniane osady przykryte są zwartą pokrywą pylastych, czasem piaszczystych lub ilastych mad, zwykle rytmicznie warstwowanych. Ich średnie miąższości, w części południowej wynoszą niespełna 1 metr, wzrastając ku północy do ponad 3 metrów. Sporadycznie, w rejonie wyrobiska cegielni w Radłowie (punkt nr 7) maksymalnie może ona wzrastać do około 10 metrów.

Terazę rędzinną Uszwicy budują piaski, zawierające czasem nieznaną domieszkę drobnych żwirów, przykryte najczęściej pylastymi madami (fig. 3). Jak się wydaje, w odróżnieniu od Dunajca, erozja nie osiągnęła tutaj stropu miocenu. Jej zasięg (fig. 1), przyjęty na podstawie różnic w litologii osadów należy uznać za umowny. Brak krawędzi morfologicznych wskazuje, że mady leżą tutaj przekraczająco.

Przyjmując kryteria Falkowskiego (1967) oraz Szumańskiego (1977), wyróżniające terasę łęgową za pomocą zdjęć lotniczych należy stwierdzić, że występuje ona w pobliżu koryta Dunajca, czasem naprzemianległymi płacami, nie przekraczając przy tym 1 km szerokości. Wprawdzie, wspomniane przez tych autorów, odsypy korytowe znaczą się tutaj bardzo rzadko, to jednak terasa łęgowa daje na zdjęciach lotniczych wyraźnie inny fototon, podkreślony dodatkowo zmianą roślinności

i w przewodzie brakiem pól uprawnych. Jest to efektem młodości tej formy, bo duża jej część była do niedawna w znacznym stopniu podmokła oraz ulegała częstym zalewom w czasie powodzi. Budują ją osady najczęściej gruboziarniste, a więc żwir, piasek ze żwirami, czasem piasek przykryte dość cienką (do 3 metrów), czasem nieciągłą warstwą mułu.

Współcześnie Dunajec płynie jednym korytem wcinając się 2—4 metrów poniżej terasy łęgowej oraz 5—8 metrów poniżej terasy rędzinnej. Żwirowo-piaszczyste łachy korytowe występują rzadko i pojawiają się przy brzegach, najczęściej na wewnętrznych stronach zakoli, mimo że jeszcze kilkanaście lat temu znaczyły się w kilku miejscach śródkorytowe łachy, typowe dla rzek roztokowych. Zmian charakteru koryta należy upatrywać w budowie zapór w Czchowie, i Rożnowie, które doprowadziły do wyrównania przepływów, a także pracach regulacyjnych polegających na prostowaniu koryta i budowie ostróg. W ostatnim przypadku obserwuje się intensywną akumulację wokół nich materiału niesionego przez rzekę, a wywołanego wkraczaniem roślinności. W wyniku materiału ulega stabilizacji i w wielu miejscach można mówić o powstawaniu najmłodszych „ostrogowych” teras. Inną przyczyną była też eksploatacja kruszywa naturalnego z koryta i powierzchni łach. Obecnie zdarza się to sporadycznie, najczęściej w przypadku, gdy towarzyszy pracom regulacyjnym.

#### UWAGI O ROZWOJU DOLINY DUNAJCA

Najciekawszą formą badanego terenu jest Równina Radłowska będąca efektem działalności głównie Dunajca a także Białej, Uszwicy i w północnej części Wisły. Rozprzestrzenienie żwirowego materiału tatrzańskiego wskazuje, że Dunajec w czasie Vistulianu płynął daleko na zachód, mając swe ujście do Wisły pomiędzy Szczurową a Ujściem Solnym. Wschodnia część doliny była w tym czasie modelowana przez Białą, za czym przemawia przeławianie się żwirów fliszowych z tatrzańskimi, stwierdzone w Łęgu Tarnowskim.

Równina Radłowska była wiązana ze zlodowaczeniem środkowopolskim (Klimaszewski 1937) lub bałtyckim (Drzewicka-Kozłowska 1956, Pulit 1975). Przeprowadzone badania wykazały, że w jej obrębie można wyróżnić starszą pokrywę żwirową, zalegającą na stosunkowo wyrównanym cokole erozyjnym oraz rozcinającą je rynną wypełnioną dwudzielną serią osadów piaszczysto-żwirowych, przedzielonych piaskami.

Bałtycki (Vistulian) wiek osadów w Szujcu ( $31\,425 \pm 530$  lat BP) wskazuje na pewne podobieństwo tej części Równiny Radłowskiej z profilem w Brzeźnicy (Mamakowa, Starkel 1974) potwierdzając wybitną fazę akumulacji, w tym przypadku żwirów, w interpleniglacie. Wy-

stępowanie w Opatowcu, w lessach, gleb kopalnych poziomu Komórnik przemawia za włożeniem osadów z Szujca w utwory starsze, być może nawet ze zlodowacenia środkowopolskiego. Wreszcie wskazuje to na podobny wiek Garbu Szczucińskiego w dolinie Wisły.

Rynny erozyjne są młodsze od osadów z Szujca, a ich wycięcie i późniejszą akumulację można chyba wiązać, podobnie jak w dolinie Wisłoki (Mamakowa, Starkel l.c.), z młodszym pleniglacjałem. Bardziej drobnoziarnisty charakter osadów wypełniających je wskazuje na osłabienie energii rzeki. Potwierdzałoby to wyniki badań Mycielskiej-Dowgiałło (1978) stwierdzającej podobne zjawisko. Podkreślenia wymaga wybitna dwudzielność tych osadów, przemawiająca za znacznymi wahaniami przepływów wywołanych, być może, czynnikami natury klimatycznej.

W odróżnieniu od dolin Wisły i Wisłoki, gdzie w spągu terasy rędzinnej stwierdzono występowanie osadów z pełni Vistulianu (Mycielska-Dowgiałło 1972, Mamakowa, Starkel 1974), dolina Dunajca wykazuje prawdopodobnie inny rozwój. Odmienny skład petrograficzny i ziarnowy osadów terasy rędzinnej wskazuje, że została ona włożona w wycięcia sięgające stropu miocenu. Wiek erozji można prawdopodobnie, za Starklem (1977), wiązać z późnym Vistulianem, a główny etap ich wypełniania z holocenem.

#### WYKAZ LITERATURY — REFERENCES

- Bożym-Rogalska A. (1964), Rzeźba podczwartorzędowa Kotliny Sandomierskiej. The sub-Quaternary relief of the Sandomierz Basin. *Zesz. nauk. UJ.* 88: 7—10. Kraków.
- Drzewicka-Kozłowska J. (1956), Sprawozdanie z badań geologicznych czwartorzędu wykonanych w roku 1956 na ark. Wojnicz. *Arch. Oddz. Karp. Inst. Geol.* Kraków.
- Falkowski E. (1967), Ewolucja holocenijskiej Wisły na odcinku Zawichost—Solec i inżyniersko-geologiczna prognoza jej dalszego rozwoju. Evolution of the Holocene Vistula from Zawichost to Solec with an Engineering-Geological Prediction of Further Development. *Inst. Geol. Biul.* 198: 57—150. Warszawa.
- Hammen van der T., Maarleveld G. C., Vogel J. C., Zagwijn W. H. (1967), Stratigraphy, climatic succession and radiocarbon dating of the last glacial in the Netherlands. *Geol. en Mijn.* 46: 3: 79—95. Gravenhage.
- Jawor E., Jucha S., Sas-Korczyński S., Kruczek J., Wdowiarz S. (1974), Możliwości uzyskania wód pitnych z utworów miocenu w zapadlisku przedkarpackim. Possibilities of obtaining of drinking water from the miocene formations in the carpathian foredeep. *Zesz. nauk. AGH. Geologia*, 22: 97—108. Kraków.
- Jersak J. (1976), Związek akumulacji lessu z rozwojem procesów rzecznych w dolinach przedpola Karpat i na wyżynach południowej Polski. Interrelation between the loess accumulation and development of fluvial processes in the

- foreland of the Carpathian Mountains and on the Southern Polish Upplands. *Acta geogr. lodz.* 37: 25—52. Łódź.
- Klimaszewski M. (1937), Morfologia i dyluwium doliny Dunajca od Pienin po ujście. Morphologie und Diluvium des Dunajctales von den Pieninen bis zur Mündung. *Pr. Inst. Geogr. UJ.* 18. Kraków.
- Kozikowski H. (1963), Utwory czwartorzędowe Przedgórze Karpat między Brzeźnicą a Dunajcem. Quaternary deposits of the Carpathian Foreland between the Brzeźnica and the Dunajec Rivers. *Przeegl. geol.* 9: 414—418. Warszawa.
- Kucharska-Słupikowa M. (1964), Analizy żwirów z pokryw czwartorzędowych w dolinie Dunajca. Analyses of gravels from Quaternary Covers in the Dunajec valley. *Zesz. nauk. UJ.* 88: 13—43. Kraków.
- Lewakowski J. (1935), Mapa terenów powodzi lipcowej 1934 r. Carte terrains d'inondation de Juillet 1934. *Wiadomości Służby Geogr.* 9: 288—294. Warszawa.
- Mamakowa K., Starkel L. (1974), New data about the profile of young Quaternary deposits at Brzeźnica on the Wisłoka river. The Carpathian Foreland. *Stud. geomorph. Carpatho-Balcan.* 8: 47—59. Kraków.
- Mycielska-Dowgiałło E. (1972), Rozwój doliny środkowej Wisły w holocenie w świetle badań z okolic Tarnobrzega. Holocene Evolution of the Middle Vistula Valley in the light of Examination made near Tarnobrzeg. *Przeegl. geogr.* 44, 1: 73—83. Warszawa.
- Mycielska-Dowgiałło E. (1978), Rozwój rzeźby fluwialnej północnej części Kotliny Sandomierskiej w świetle badań sedimentologicznych. Development of the fluvial relief in the northern part of the Sandomierz Basin in the light of the sedimentological examination. *Dissert. Univ. Varsoviensis*, 120. Warszawa.
- Pulit F. (1975), Paleogeomorfologia i paleohydrografia Pradoliny Podkarpackiej w okolicy Tarnowa. The paleogeomorphology and paleohydrography of the Sub-Carpathian pradolina near Tarnów. *Przeegl. geogr.* 47, 2: 346—359. Warszawa.
- Simche Z. (1930), Tarnów i jego okolice. Nakł. gm. miasta Tarnowa.
- Sokołowski T. (1977), Charakterystyka petrograficzna niektórych czwartorzędowych żwirów okolic Tarnowa. *Spr. z pos. Kom. Nauk. PAN. Oddz. w Krakowie.* 21, 1: 166—168. Kraków.
- Starkel L. (1972), Kotlina Sandomierska. *Geomorfologia Polski.* 1: 138—166. Warszawa.
- Starkel L. (1977), The Last Glacial and Holocene Fluvial Chronology in the Carpathian Valleys. *Stud. geomorph. Carpatho-Balcan.* 11: 33—50. Kraków.
- Szumański A. (1972), The valley of Lower San channel in the Sandomierz Basin. *Exc. Guide — book of Symp. Holocene, 2, The Polish Lowland.* Warszawa.
- Szumański A. (1977), Zmiany układu koryta dolnego Sanu w XIX i XX wieku oraz ich wpływ na morfogenezę tarasu łęgowego. Changes in the Course of Lower San Channel River in XIX and XX Centuries and their Influence on the Morphogenesis of its Floodplain. *Stud. geomorph. Carpatho-Balcan.* 11: 139—153. Kraków.
- Trafas K. (1968), Rekonstrukcja starych koryt rzecznych na podstawie zdjęć lotniczych. *Fotointerpr. w geogr.* 6: 34—38.
- Trafas K. (1975), Zmiany biegu koryta Wisły na wschód od Krakowa w świetle map archiwalnych i fotointerpretacji. Changes of the Vistula river bed east

of Cracow in the light of archival maps and photointerpretation. *Zesz. Nauk. UJ.* 400. Kraków.

Wroński J. (1974), Rozwój przedsudeckiego odcinka Nysy Kłodzkiej w świetle fotointerpretacji zdjęcia lotniczego. Development of the Fore-Sudetic Part of the Nysa Kłodzka River Valley in the light of Airborne Survey Photointerpretation. *Kwart. geol.* 18, 1: 209—221. Warszawa.

#### SUMMARY

The present study concerns the geological structure of Quaternary terraces of the Dunajec river valley in the Tarnów region (Fig. 1). In this area the river flows out from Carpathian Flysch Mts. in to the Sandomierz Basin which is filled with clay sediments of Miocene age.

The vast middle Terrace (Radłów Plain), formed in the Vistulian glaciation age, is developed on nearly the full width of the valley and rises to seventeen meters above the Dunajec channel. The Holocene inundation and super inundation terraces are 5—8 and 2—4 meters high respectively and 1 to 8 km wide.

Within the Radłów Plain the top of the Miocene clay has a rich diversified morphology (Fig. 2, 3). Cut and fill terrace is developed on the major part of the Radłów Plain (Fig. 2) and between Wojnicz and Jadowniki Mokre. Miocene bedrock is 196—172 meters high above sea level, which is close to the present river level. It is covered with sandy-gravel sediments several meters thick (Fig. 3). The tree trunk (*Larix* sp.) found in gravels at Szujec (outcrop No 10) is  $31\,425 \pm 530$  years BP old (Hv — 9708) dating the gravels as coming from the Vistulian glaciation age (Denekamp interstadial after van der Hammen et al. 1967 nomenclature).

Between Wierzchosławice and Radłów the cut and fill terrace is cut by a relatively narrow and shallow erosion trough. Sedimentary infill probably of Younger Pleniglacial Vistulian age forms two sandy — gravel series separated by sands. It is suggested that there were marked fluctuations of climate at the time of their accumulation.

In late Vistulian time, the Radłów Plain had been cut again by the Dunajec River in the Eastern part and by the Uszwica river in the Western part. The cuts were filled with muds and gravels mainly of Holocene age, building a super inundation terrace. Towards the north they change into sandy-gravel sediments and further north there are sometimes overlain by sands. They are covered with muds of varying thickness reaching sometimes 10 m in thickness. All this indicates that the super inundation terrace comes from Holocene age or at the earliest

from the Late Vistulian, in contrast to the Wisła and Wisłoka valley, in which their floor sediments come from the Last Glaciation (Mycielska-Dowgiałło 1972, Mamakowa, Starkel, 1974).

On the surface of the super inundation terrace there are numerous traces of meanders (Fig. 1) with radius of curves changing from 100 to 700 meters. This indicates that the discharge of the river forming these meanders were 6—369 m<sup>3</sup>/s. Meanders of biggest radius and largest discharge currents are near the edge of Radłów Plain and located near the Dunajec river bed. Between them meanders of smaller radius are formed. It indicates that they belong to different generations, analogically as in the San river valley (Szumański 1972). Meandering channel beds are filled with silt sediments sometimes containing insertions of Holocene peat.

Presently due to human activity, the discharge has become uniform mainly as result of the dam construction and river regulation. This has led to change in the river regime, now the river flows in a single channel whereas no more than 20 years ago it was a partly braided river with characteristic central channel bars.