

Bolesław KOWALSKI, Eugeniusz GROMADA, Michał SWALDEK *

GRANULOMETRYCZNA I LITOLOGICZNO-
-PETROGRAFICZNA CHARAKTERYSTYKA GLINY
ZWAŁOWEJ Z DOLINY WILKOWSKIEJ
W GÓRACH ŚWIĘTOKRZYSKICH

(8 fig.)

*Granulometric and litho-petrographic characteristics of boulder
clay from the Wilkowska Valley in the Świętokrzyskie Mountains*

(8 Figs.)

Treść: W profilu pionowym odsłonięcia wyodrębniono poziom bruku głazowego (poziom I) i trzy poziomy gliny (II—IV). Poziom bruku uznano za odpowiednik rezyduum gliny zwałowej fazy przedmaksymalnej stadiału maksymalnego zlodowacenia krakowskiego. Gлина poziomu II i IV reprezentuje ablacyjny typ osadu, natomiast poziom III jest dennym osadem gromadzonym pod stopą aktywnego lodowca. Dokumentują one w Dolinie Wilkowskiej obecność lądolodu fazy maksymalnej stadiału maksymalnego zlodowacenia krakowskiego.

WSTĘP

W badaniach glin zwałowych coraz częściej stosuje się kompleksową analizę litologiczno-petrograficzną. Dostarcza ona szeregu parametrów i wskaźników liczbowych, ułatwiających określanie ich typów genetycznych oraz dynamiki środowiska i procesów, dzięki którym powstały. Takie podejście daje możliwość poznania regionalnej i stratygraficznej zmienności badanych osadów oraz stwarza podstawę do ich paralelizacji. W regionie świętokrzyskim takich badań glin zwałowych na większą skalę nie prowadzono.

W niniejszej pracy, autorzy dokonują próby kompleksowej analizy litologiczno-petrograficznej typowej dla regionu świętokrzyskiego gliny zwałowej, stwierdzonej w południowej części Doliny Wilkowskiej. Gлина ta odsłania się koło wsi Ciekoty w głębokim na 3 m i długim na 200 m przekopie drogowym w poprzek czoła erozyjno-denudacyjnej ostrogi międzyrzecza Lubrzanki i jej lewego dopływu, mniej więcej 400 m na północny wschód od przełomu Lubrzanki przez pasmo główne Gór Świę-

* Instytut Geografii, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, 25-020 Kielce, ul. Chęcińska 5.

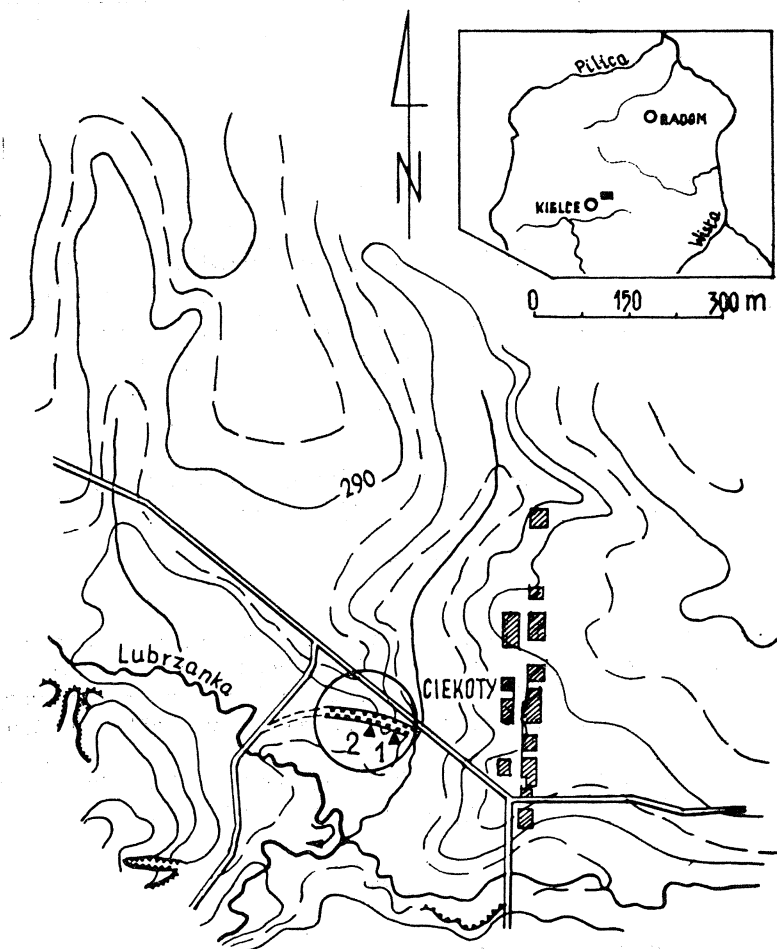


Fig. 1. Lokalizacja badanego odsłonięcia i miejsc wykonanych profili. 1—2 — rozmieszczenie profili w ścianie przekopu

Fig. 1. Localization of the examined outcrop and sites of the executed profiles. 1—2 — distribution of profiles in the cross-cut wall

tokrzyskich (fig. 1). Gлина ta należy do izolowanego i niezbyt rozległego płata morenowego, który tworzy wierzchowinę wspomnianej ostrogi. Jej powierzchnia stropowa wykazuje ślady silnego zdenudowania, zalega około 5 m ponad terasą holoceniską rzeki Lubrzanki i stanowi na wysokości 283—284 m n.p.m. niemal jeden poziom z zachowaną tu fragmentarycznie bałtycką terasą nadzalewową. W profilu pionowym odsłoniętych osadów rysują się trzy wyraźne poziomy gliny zwałowej oraz w ich spągu jeden poziom bruku głazowego, oddzielony od gliny serią piaszczysto-żwirową (fig. 2).

W obrębie każdego poziomu przeprowadzono analizę uziarnienia, składu petrograficznego głazików i żwirów, składu mineralno-petrograficznego frakcji piaszczystej, a w tym analizę zespołu minerałów cięż-

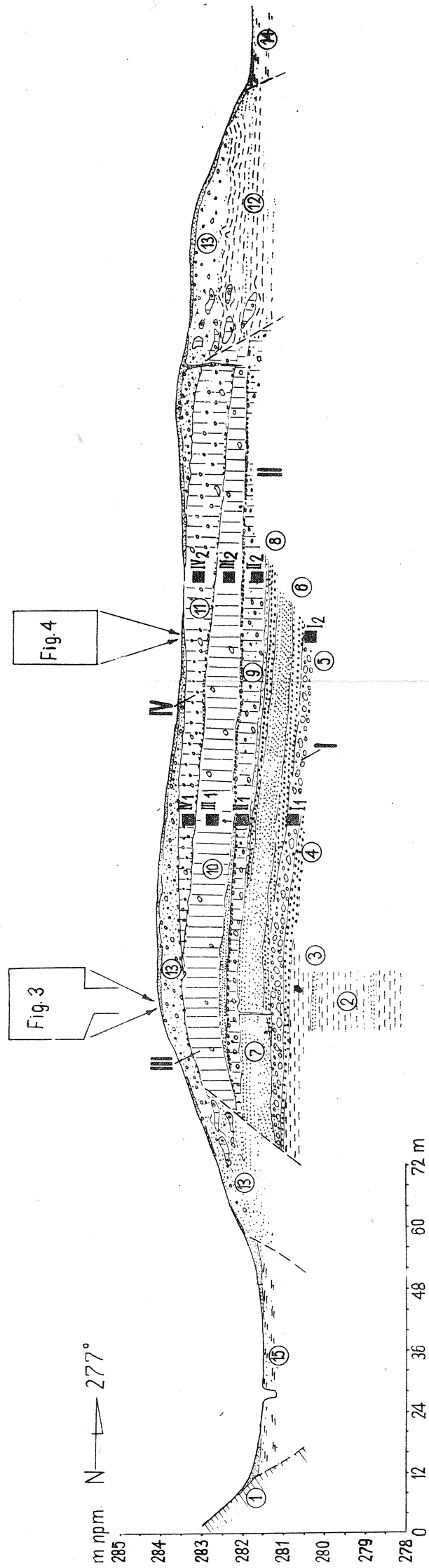


Fig. 2. Przekrój geologiczny przez osady czwartorzędowe w Ciekotach. 1 — łupki ordowicko-sylurskie stanowiące podłoże czwartorzędu; 2 — mułki piaszczyste, szarofiolowe, laminowane poziomo; 3 — pasek drobnoziarnisty, jasnoszary, warstwowy poziomo; 4 — żwir drobno- i gruboziarnisty, ostrokrzewisty, warstwowy poziomo; 5 — bruk głazów północnych i miejscowych, dobrze i bardzo dobrze obrobionych z domieszką żwiru i piasku; 6 — piasek średnio- i gruboziarnisty z domieszką żwiru ostrokrzewistego, warstwowy horyzontalnie; 7 — piasek drobnoziarnisty, jasnobrązowy, skośnie i poziomo warstwowy z wkładkami brązowych lamin ilastych; 8 — żwir średnio- i gruboziarnisty, ostrokrzewisty, warstwowy poziomo; 9 — glina zwalowa, beżowo-zielona z materiałem północnym i lokalnym, w stropie warstwa bruczu głazowo-żwirowego; 10 — glina zwalowa, szarofiolowa z materiałem północnym i lokalnym; 11 — glina zwalowa, szarofiolowa z wkładkami piasku, laminowane poziomo, w stropie ślady spłyniętej gliny zwalowej; 13 — piasek drobnoziarnisty lekko rdzawy, bezstrukturalny, w dole warstwowy skośnie i poziomo, duży udział ostrokrzewistych okruchów skał miejscowych; 14 — piasek i namuły organiczne terasy zalewowej w stropie zatofione; 15 — piasek i namuły organiczne terasy zalewowej; I — poziom bruku głazowego; II—IV — kolejne poziomy gliny zwalowej; IV₁—I₁ i IV₂—I₂ — miejsce i numery prób pobranych do analizy (cyfry rzymskie oznaczają poziom, cyfry arabskie — numer próby)

Fig. 2. Geological section across Quaternary deposits in Ciekoty. 1 — Ordovician-Silurian shales constituting the Quaternary base; 2 — sandy silt, grey-yellow in colour, horizontally laminated; 3 — fine-grained sand, light-grey in colour, horizontally laminated; 4 — fine- and coarse-grained gravel, sharp-edged, horizontally laminated; 5 — pavement of erratic and local boulders, well- and very well-rounded, with an admixture of gravel and sand; 6 — medium- and coarse-grained sand with admixture of sharp-edged gravel, horizontally laminated; 7 — fine-grained sand, light-brown in colour, obliquely and horizontally laminated, with intercalations of brown argillaceous laminae; 8 — medium- and coarse-grained gravel, sharp-edged, horizontally laminated; 9 — boulder clay, beige-green in colour, with erratic and local material; a layer of pebbly-gravelly pavement at the top; 10 — boulder clay, cherry-red in colour, with pebbles of erratic and local rocks; boulder clay, grey-yellow in colour, with sand intercalations, horizontally laminated; 12 — silts, grey-yellow in colour, loessic, with fine-grained sand, light-rusty-coloured; traces of boulder clay flow; 13 — fine-grained sand, light-rusty-coloured, structureless, obliquely and horizontally laminated at the bottom, with a large admixture of sharp-edged local rock detritus; 14 — sand and silt with organic aggradation of the flood-land terrace, converted into a peat-bog at the top; 15 — sand and silt with organic aggradation of the flood-land terrace; I — boulder pavement horizon, II—IV — consecutive horizons of boulder clay, IV₁—I₁ and IV₂—I₂ — site and number of samples collected for analysis (Roman numerals indicate horizons, Arabic ones — samples numbers)

kich oraz ilastych. Ponadto określono właściwości geochemiczne oraz koncentrację mikroelementów. Określono także stopień obróbki ziarn kwarcu i składników głązowo-żwirowych. Uzyskane wyniki, opracowane statystycznie i graficznie, stały się podstawą do sformułowania ostatecznych wniosków.

Celem tak zaplanowanych badań było ustalenie ilościowych i jakościowych cech litologiczno-petrograficznych i wskazanie, w jakim stopniu różnicują się między sobą tymi cechami poszczególne poziomy omawianej gliny. Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do korelacji gliny z Doliny Wilkowskiej z podobnymi glinami sąsiednich regionów Gór Świętokrzyskich. Cechy te stanowią ponadto doskonałe kryterium do określania charakteru środowiska, w jakim były akumulowane omawiane osady, przebiegu procesów egzaracji, transportu i depozycji. Uzyskane wyniki w miarę dobrze ilustrują odrębności między poszczególnymi poziomami badanej gliny. Metoda taka może być zatem jedną z dróg prowadzących do rozwiązania nadal otwartego problemu zlodowaceń plejstocенских i ich osadów w Górach Świętokrzyskich.

Zagadnienie zlodowaceń plejstocенских i ich osadów w Górach Świętokrzyskich stanowi co najmniej od 60 lat przedmiot żywych dyskusji geologów i geografów. W bogatej już literaturze na ten temat wypowiedzane są kontrowersyjne poglądy nie tylko co do ilości zlodowaceń, ale także w odniesieniu do ich zasięgów, kierunku i dynamiki transportu, miąższości oraz sposobu deglacjacji obszaru, a w konsekwencji — wykształcenia i stratygrafii osadów glacialnych (Łyczewska, 1959, 1971, 1972; Klatka, 1965; Różycki, 1972a; Lindner, 1971, 1977; Kosmowska-Suffczyńska, 1972 oraz inni).

Dotychczasowe poglądy o trzykrotnym (ładolód przedkrakowski, krakowski i środkowopolski) lub jednokrotnym (ładolód krakowski) pokryciu badanego regionu ładolodem plejstocенским zostały zweryfikowane w oparciu o bogaty materiał dowodowy przez Lindnera (1977). Autor ten dowiódł pięciokrotnego wkroczenia ładolodu plejstocенского na obszar Gór Świętokrzyskich — trzykrotnie podczas zlodowacenia krakowskiego i dwukrotnie podczas zlodowacenia środkowopolskiego.

CHARAKTERYSTYKA ODSŁONIĘCIA

Odsłonięte w ścianie przekopu drogowego osady ukazują trzy poziomy gliny zwałowej (fig. 2, warstwa 9, 10 i 11) oraz poniżej — poziom bruku głązowego (warstwa 5). Oznaczono je cyframi rzymskimi od I w spągu (bruk głązowy) do IV w stropie (głina zwałowa). Różnią się one między sobą makroskopowo, głównie zwieźłością, barwą i cechami teksturalnymi. Poziomy gliny są rozdzielone wyraźnymi powierzchniami niezgodności erozyjnej ze znaczną nieraz koncentracją bruku żwirowo-głązowego, stanowiącego zapewne efekt przemycia stropowych warstw poszczególnych poziomów gliny. Wyjaśniałoby to również nieznaczną

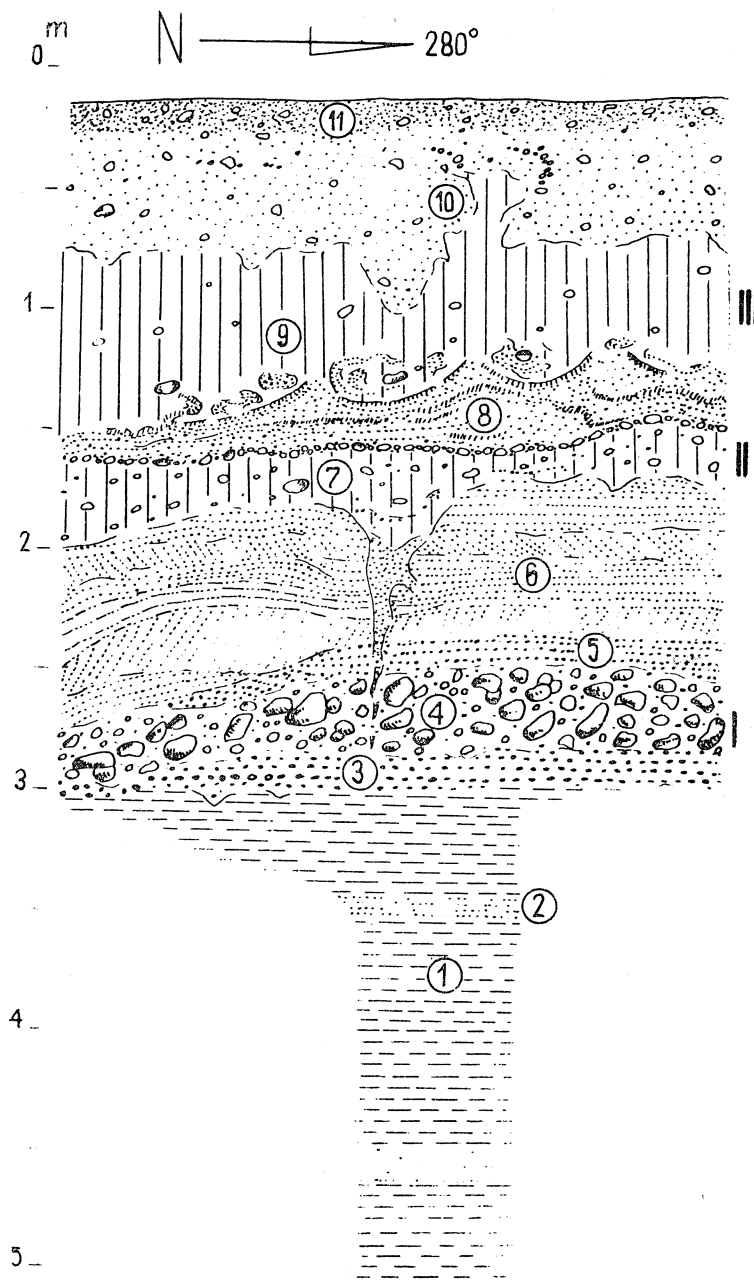
miąższość poszczególnych poziomów tych glin, które mogły ulec w ten sposób znacznej degradacji, oraz obecność soczewek piaszczystych włożonych między II i III poziomem gliny (fig. 2).

Poziomy gliny zwałowej i poziom bruku głazowego występują pośród innych osadów. Są to w spągu odsłonięcia laminowane horyzontalnie mułki, barwy szarozółtej z wkładkami piasku drobnoziarnistego (fig. 2, warstwa 2, fig. 3 warstwa 1), które zostały stwierdzone w wierceniu ręcznym. Miąższość tej serii wynosi ponad 2 m. Jej kontakt z wyżej leżącymi żwirami drobno- i gruboziarnistymi jest erozyjny, co uwidaczniają głębokie do 10 cm bruzdki erozyjne (fig. 3). Żwiry te tworzą warstwę miąższości 10—30 cm, przeważa w nich ziarno ostrokrawędziste z udziałem okruchów skał północnych oraz skaleni i kwarcu. Jest to niewątpliwie produkt dezintegracji ziarnistej skał północnych, przetransportowanych w ośrodku wodnym z niedalekiej odległości. Ponad żwirem rozciąga się, pozbawiony warstwowania horyzont bruku głazo-

Fig. 3. Ciekoty — profil osadów czwartorzędowych nr 1. 1 — mułek piaszczysty, szarozółty, laminowany poziomo; 2 — piasek drobnoziarnisty, jasnoszary, warstwowany poziomo; 3 — żwir drobno- i gruboziarnisty z okruchami skał północnych i miejscowych, ostrokrawędzisty, warstwowany poziomo; 4 — bruk głazów północnych i miejscowych z domieszką żwiru i piasku, średnica otoczków do 25 i więcej cm; 5 — piasek grubo- i drobno ziarnisty z domieszką żwiru, jasnobrązowy, warstwowany poziomo, w stropie nagromadzenie zwązków limonitowo-manganowych; 6 — piasek drobnoziarnisty, jasnobrązowy, poziomo i skośnie warstwowany z wkładkami piasku pylastego i mułku, w środkowej i dolnej części warstwy czarne smugi limonitowo-manganowe, ciągłość warstwy przzerwana klinem mrozowym wypełnionym bezstrukturalnym piaskiem średnioziarnistym silnie zorsztynizowanym i gliną zwałową w stropie; 7 — glina zwałowa piaszczysto-żwirowa, beżowo-zielona z materiałem północnym i lokalnym; 8 — piasek drobno- i średnioziarnisty, ciemnobrązowy, warstwowany z poziomymi smugami limonitowo-manganowymi, w stropie ślady zaburzeń przez nadległą glinę; 9 — glina zwałowa wiśniowa z materiałem północnym i lokalnym, w spągu soczewki, języki i przemazy piaszczyste z jądrami gliny sinozielonej, liczne smugi limonitowo-manganowe; 10 — piasek drobnoziarnisty bezstrukturalny, lekko rdzawy z ostrokrawędzistymi głazikami skał miejscowych; 11 — poziom humusowy gleby współczesnej; I — poziom bruku głazowego; II—III — kolejne poziomy gliny

Fig. 3. Ciekoty — profile no. 1 of Quaternary deposits. 1 — sandy silt, light-yellow in colour, horizontally laminated; 2 — fine-grained sand, light-grey in colour, horizontally laminated; 3 — fine- and coarse-grained gravel, with detritus of northern and local rocks, sharp-edged, horizontally laminated; 4 — pavement of northern and local boulders, with and admixture of gravel and sand; pebble diameter up to 25 and more cm; 5 — fine- and coarse-grained sand with an admixture of gravel, light-brown in colour, horizontally laminated; accumulation of limonitic-manganous compounds at the top; 6 — fine-grained sand, light-grey in colour, horizontally and obliquely laminated, with intercalations of sand and silt; black limonitic-manganous streaks in the central and bottom part of the layer; layer continuity disrupted by a frost-crack filled with structureless, medium-grained sand with a considerable amount of orstein and boulder clay at the top; 7 — boulder clay, sandy-gravelly, beige-green in colour, with northern and local material; 8 — fine- and medium grained sand, dark-brown, laminated with horizontal limonitic-manganous streaks; traces of dislocation caused by the overlying clay at the top; 9 — boulder clay, cherry-red in colour, with northern and local material; lenticles, tongues and streaks of sand with cores of blue-green clay; numerous limonitic-manganous streaks; 10 — fine-grained, structureless sand, slightly rusty-coloured, with sharp-edged pebbles of local rocks; 11 — humus horizon of modern soil: I — boulder pavement horizon, II—III consecutive clay horizons

wego o miąższości nie przekraczającej 60 cm (fig. 2, warstwa 5, fig. 3, warstwa 4, fig. 4, warstwa 1). Składa się on z bezładnie ułożonych i dobrze obrobionych głazów północnych oraz miejscowych o średnicy do 30 i więcej cm. Przeważają otoczaki o kształcie elipsoidalnym i dyskcoidalnym, rzadziej wrzecionowatym. Stanowią one niewątpliwie reziduum z rozmycia najniższego (I) poziomu gliny zwałowej. Na powierzch-



ni tych okazów nie stwierdzono rys ani żłobków, natomiast obecne są naskorupienia uwodnionych tlenków manganu oraz manganu i żelaza o barwie ciemnoszarej do żelazistoczarnej.

Następna warstwa ponad brukiem (fig. 2, warstwa 6 i 7, fig. 3, warstwa 5 i 6, fig. 4, warstwa 2 i 3) wskazuje na kolejne różnicowanie się środowiska akumulacyjnego. Składa się z warstwowanych horyzontalnie soczew piasku drobno- i gruboziarnistego, zabarwionego związkami żelazisto-manganowymi oraz z około 1,5-metrowej serii jasnobrązowych piasków drobnoziarnistych, płasko i skośnie warstwowanych o różnym kierunku upadu lamin. Laminację podkreślają brązowe smugi żelaziste oraz soczewki piasku pylastego i mułku o miąższości od kilku milimetrów do kilkunastu centymetrów, obserwowane szczególnie wyraźnie w zachodniej części odkrywki. Warstwa ta o zniszczonym erozyjnie stropie przzerwana jest klinem mrozowym (fig. 3). Wypełnienie klina stanowi silnie zorsztynizowany i bezstrukturalny piasek średnioziarnisty, w jego stropie widoczne są ślady wciągnięcia gliny, tworzącej nadległą warstwę.

Nadległa glina (poziom II) tworzy warstwę o miąższości od 0,5 do 1,0 m (fig. 2, warstwa 9, fig. 3, warstwa 7, fig. 4, warstwa 5). Składa się ona głównie z silnie zapiaszczonego materiału ilastego o zabarwieniu beżowozielonym i słabo związłego, z udziałem ziarn żwiru i pojedynczych głazików północnych oraz miejscowych. Gdziekolwiek występują tu wkładki, rzadziej przewarstwienia piaszczyste.

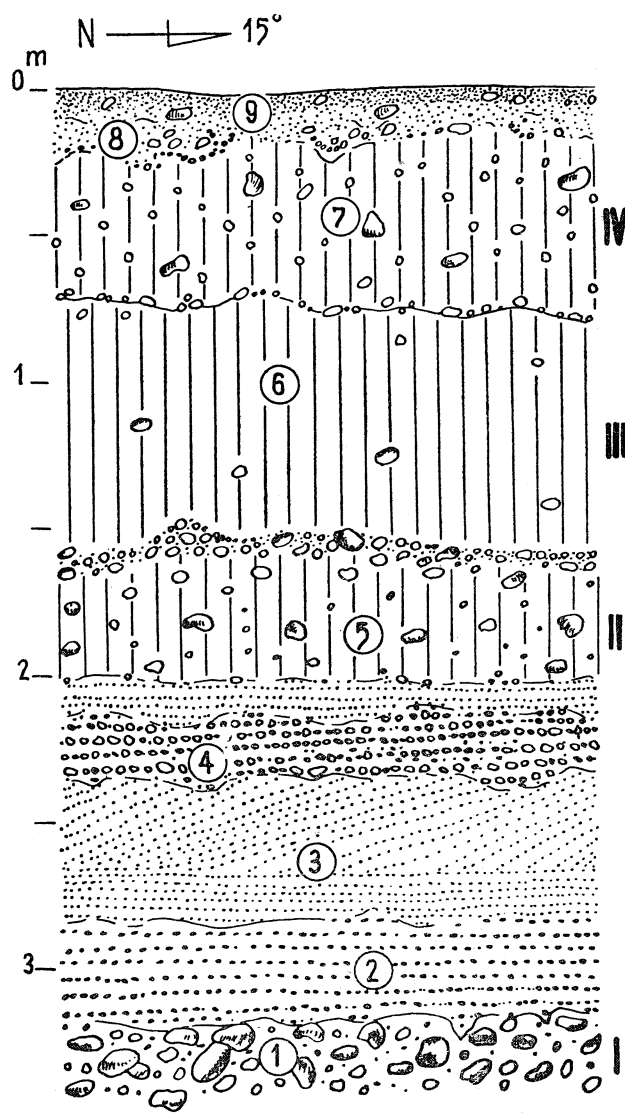
Powyżej, oddzielona tylko powierzchnią nieciągłości erozyjnej z drobnoziarnistym brukiem głazikowo-żwirowym, zalega glina pozioma III

Fig. 4. Ciekoty — profil osadów czwartorzędowych nr 2. 1 — bruk głazów północnych i miejscowych, dobrze i bardzo dobrze obtoczonych z domieszką piasku i żwiru; 2 — piasek średnio- i gruboziarnisty ze żwirem, jasnobrązowy, ostrokrawędzisty, warstwowany horyzontalnie, liczne czarne smugi limonitowo-manganowe; 3 — piasek drobnoziarnisty, jasnobrązowy, w stropie skośnie a w spągu poziomo warstwowany; 4 — żwir średnio- i gruboziarnisty z okruciami skał północnych, ostrokrawędzisty, warstwowany poziomo; 5 — glina zwałowa ze znaczną domieszką żwiru i piasku, beżowo-zielona, obecność materiału północnego i miejscowego, w stropie bruczek żwirowo-głazowy; 6 — glina zwałowa wiśniowa z materiałem północnym i lokalnym; 7 — glina zwałowa, szarżółta z licznymi głazikami skał północnych i lokalnych; 8 — piasek drobnoziarnisty, bezstrukturalny, lekko rdzawy z ostrokrawędzistymi głazikami skał lokalnych; 9 — poziom humusowy gleby współczesnej; I — poziom bruku głazowego; II—IV — kolejne poziomy gliny

Fig. 4. Ciekoty — profile no. 2 of Quaternary deposits. 1 — pavement of northern and local boulders, well- and very well rounded, with an admixture of sand and gravel; 2 — medium- and coarse-grained sand with gravel, light-brown in colour, sharp-edged, horizontally laminated; numerous black limonitic-manganous streaks; 3 — fine-grained sand, light-brown in colour, laminated obliquely at the top and horizontally at the bottom; 4 — medium- and coarse-grained gravel with detritus of northern rocks, sharp-edged, horizontally laminated; 5 — boulder clay with a considerable admixture of gravel and sand, beige-green in colour, with northern and local material: gravelly-pebbly pavement at the top; 6 — boulder clay, chery-red in colour, with northern and local material; 7 — boulder clay, grey-yellow in colour, with numerous pebbles of northern and local rocks; 8 — fine-grained, structureless sand, slightly rusty-coloured, with sharp edged pebbles of local rocks; 9 — humus horizon of modern soil: I — boulder pavement horizon, II—IV — consecutive clay horizons

o maksymalnej miąższości 1,5 m. Gлина ta o zabarwieniu wiśniowym jest wybitnie ilasta, silnie zwięzła z rzadko rozmieszczonymi gładzikami skał miejscowych i skandynawskich. W wielu miejscach odsłonięcia zaobserwować można w tej glinie poziomą oddzielność.

We wschodniej części przekopu, pomiędzy gliną poziomą II i gliną poziomą III, widoczna jest wkładka drobno-i średnioziarnistego piasku o charakterystycznym zaburzeniu (fig. 3, warstwa 8). Podobne zaburzenia mają miejsce również w innych częściach odsłonięcia w przypadku bezpośredniego kontaktu tych dwóch poziomów gliny. Utworzone zostały one zapewne wskutek procesów wleczenia gliny poziomu III w spąg lądolodu po wkładce piasku i glinie poziomu II.



Stropową partię odsłonięcia buduje przeważnie bezstrukturalna glina poziomu IV (fig. 2, warstwa 11, fig. 4, warstwa 7). Zalega ona bezpośrednio na erozyjnej powierzchni gliny poziomu III. Różni się ona od gliny niżej leżącej małym stopniem zwięzłości, szarozółtym zabarwieniem oraz większym udziałem gorzej obtoczonego materiału gładzowego i żwirowego o nieuporządkowanym ułożeniu. Trafiają się tutaj drobne wkładki i soczewki piasku drobno- i średnioziarnistego. Strop tego poziomu, odsłonięty częściowo na powierzchni, ma ślady niszczenia w postaci bruzd erozyjnych (fig. 4). Poza tym powleka go małej miąższości pokrywa piasków bezstrukturalnych, lekko rdzawych, ze znaczną frekwencją gładzików skał miejscowych (fig. 2 i 4). Piaski te ku wschodnim i zachodnim peryferiom ostrogi denudacyjnej przechodzą w terasę bałtycką Lubrzanki, dającą jeden poziom morfologiczny z wierzchowiną ostrogi. Kontakt w profilu pionowym piasków, a głębiej mułków budujących tę terasę, z kopalnym stokiem ostrogi jest erozyjny (fig. 2, warstwa 12 i 13). Fragmenty gliny tkwiące w tym materiale w pobliżu kontaktu wskazują na nasilenie się procesów degradacyjnych gliny zwałowej podczas sypania terasy bałtyckiej.

Przeprowadzony opis pozwala już wstępnie wydzielić w omawianym odsłonięciu trzy bardzo wyraźne poziomy gliny zwałowej i jeden poziom residuum zwałowego. Argumenty, pozwalające uznać te poziomy za odrębne genetycznie i czasowo jednostki sedymentacyjne, zostaną przedstawione na dalszych stronicach pracy.

METODA BADAŃ

Próby do kompleksowej analizy pobierano punktowo na linii pionowej po dwie ze środkowej części poszczególnych poziomów gliny i z bruku gładzowego, co stanowi łącznie 8 prób. Z każdej próby o objętości około 0,25 m³ wydzielono 1,5 kg materiału w celu wykonania analiz laboratoryjnych. Pozostały materiał przemywano na miejscu wodą na sicie o średnicy oczek 2 mm w celu oddzielenia składników gładzowo-żwirowych, które stały się przedmiotem analizy petrograficznej. Większość analiz dla poszczególnych poziomów wykonano zatem w dwóch próbach. Skład chemiczny, udział pierwiastków śladowych oraz obtoczenie zespołu gładzowo-żwirowego analizowano w jednej próbie dla każdego poziomu gliny i bruku morenowego. Na podstawie jednej próby ustalono również skład mineralny frakcji iłowej poziomów glin.

Skład granulometryczny frakcji powyżej 0,1 mm (4,0 phi) ustalono metodą sitową (fig. 5). W przypadku ziarna o średnicy mniejszej od 0,1 mm do jego rozfrakcjonowania zastosowano metodę areometryczną Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego (1949). Graficzną średnią średnicę (M_z), graficzne standardowe odchylenie (σ_I), graficzną skośność (Sk_I) oraz graficzne spłaszczenie (K_G) obliczono wzorami Folka

i Warda (1957). Ponadto wyliczono według Krygowskiego (1956) wskaźniki uziarnienia (U) a według Karczewskiego (1963) wskaźniki ilastości (I).

Skład petrograficzny gładzików i żwirów określono w próbach o liczebności 300 okazów w dwóch frakcjach: 10—4 mm i 4—2 mm. Wydzielono i przedstawiono w procentach ilościowych następujące główne grupy petrograficzne: północne skały krystaliczne, paleozoiczne skały osadowe oraz mezozoiczne skały osadowe. W obrębie tych grup wydzielono z kolei pokazane w tabeli 2 gatunki skał. Uzyskane wartości były podstawą do obliczenia wskaźników gładzowych (tab. 3). Ze względu na specyficzny charakter badanych osadów, przyjęte wskaźniki gładzowe są nieco inne niż w klasycznych pracach Rzechowskiego (1971, 1974), Trembaczowskiego (1967) oraz Gronkowskiej i Kenig (1974).

Analizę składu mineralno-petrograficznego przeprowadzono przy użyciu mikroskopu stereoskopowego we frakcji 1—1,5 mm w preparatach liczących po 300 ziarn. Wydzielono w ten sposób następujące składniki petrograficzne: kwarc, kwarcytowe piaskowce paleozoiczne, czerwone piaskowce mezozoiczne, łupki ordowicko-sylurskie, skalenie, północne skały krystaliczne oraz piaskowce syderytowe. Wyliczono zgodnie z zasadą Racinowskiego (1969), przy uwzględnieniu warunków miejscowych, wskaźniki kwarcowe (K_1 i K_2), wskaźniki okruchów skał krystalicznych (K_r) oraz wskaźniki okruchów łupków ordowicko-sylurskich (Łos).

Minerały ciężkie wydzielono w bromoformie o ciężarze właściwym $2,89 \text{ G/cm}^3$ z frakcji 1—0,05 i 0,25—0,1 mm. Ciężar naważki do tych badań wynosił 10 g. Z uzyskanej frakcji ciężkiej sporządzono preparaty mikroskopowe, w których skład mineralny określono pod mikroskopem polaryzacyjnym. W dalszej kolejności wyliczono współczynniki zwietrzenia według zasady opisanej przez Koptiewa (1960).

Skład mineralny frakcji ilowej ($< 0,002 \text{ mm}$), która stanowi dominującą masę skalną w badanych glinach, wykonano metodą opisaną przez Kuleszę-Wiewiórę (1975) na dyfraktometrze rentgenowskim DRON-1 produkcji radzieckiej. Materiał użyty do tych badań był orientowany w płaskich preparatach proszkowych, z którego usunięto substancję organiczną i węglanową oraz wolne tlenki żelaza.

Pełną analizę chemiczną składników badanych glin wykonano w laboratorium Instytutu Geologicznego w Kielcach z próbek uprzednio rozdrobionych w moździerzu agatowym i pomniejszych do około 10 g. Na podstawie składu chemicznego obliczono stosunki molarne SiO_2 : Al_2O_3 , SiO_2 : Fe_2O_3 , SiO_2 : R_2O_3 oraz CaO : MgO .

Niezależnie od składu chemicznego określono także w poszczególnych poziomach gliny pierwiastki śladowe (mikroelementy) zgodnie z metodą, podaną przez Kembulę i Hulanickiego (1956). Badania przeprowadzono na spektrografie kwarcowym średniej dyspersji firmy Zeiss typu Q-24. Jako źródła wzbudzania używano łuku prądu zmiennego o natężeniu

7 A uzyskiwanego przez użycie generatora ABR-3. Czas ekspozycji 60 sek, klisze Blau Hart, elektrody produkcji czeskiej o ϕ 5 mm. Dla celów porównawczych wyliczono z uzyskanych wartości wskaźniki między pierwiastkami: V : Ni, Cr : Ni, Cu : Ni oraz Ba : Cu.

Obtarczenie gładzików we frakcji 10—4 mm i 4—2 mm ustalono metodą Wadela (1932), (vide Krumbein 1939). Obtarczenie ziarn kwarcu frakcji 1—0,75 i 0,75—0,5 mm wykonano metodą Krygowskiego (1964) na spychaczowym granifrometrze mechanicznym. W tym przypadku z uzyskanych wartości wyliczono wskaźniki obróbki (Wo) oraz wskaźnik niejednorodności obróbki materiału (Nm).

UZIARNIENIE BRUKU GŁAZOWEGO I GLINY ZWAŁOWEJ

Otrzymane wyniki składu ziarnowego dla poszczególnych poziomów gliny zwałowej i bruku gładzowego zdecydowanie wykazały ich zróżnicowanie (fig. 5). Najbardziej skrajne wartości, co jest oczywiste, zanotowano dla poziomu bruku gładzowego. Dominującym materiałem tego poziomu jest frakcja 5—15 cm, której udział w masie badanych próbek wynosi 62,4—58,8% (fig. 5). Udział gładzików o średnicy powyżej 15 cm wynosi 19,8—23,7%, gdy tymczasem materiału o średnicy poniżej 5 cm jest przeciętnie 17,5—17,8%, a w tym frakcji piaszczystej i pyłowej zaledwie 0,5%. Jedynie w próbce pochodzącej ze stropowej części warstwy udział frakcji piaszczysto-pyłowej kształtuje się w granicach 2—3%, co może sugerować przeniknięcie tego materiału z nadległej warstwy piaszczystej. Parametry uziarnienia zestawione w tabeli 1 wskazują, że wartość średnia M_z dla tego materiału jest znaczna. Jest to jednak osad słabo wysortowany o rozkładzie, którego krzywe są bardzo lepkurtyczne i dodatnio oraz bardzo dodatnio skośne.

Podstawową masą ziarnistą leżących wyżej trzech poziomów gliny jest frakcja pylasta i spławialna (fig. 5, II—IV). Zdecydowanie dominuje ona w poziomie III (79,7—80,9%). Jest jej znacznie mniej w poziomie IV (61,9—64,5%), a w poziomie II nie stanowi nawet połowy masy badanego materiału (około 40%). Zróżnicowanie to podkreśla także udział materiału grubszego. W poziomie III znajduje się zaledwie 12,7—14,1% piasków drobno- i średnioziarnistych i 6,4—6,2% piasków gruboziarnistych oraz żwirów. Natomiast w poziomie II udział analogicznych frakcji określają wartości: 41,6—42,6% i 17,5—18,9%, a w poziomie IV—28,4—30,0% i 8,1—7,4%.

Pokazane na fig. 5 histogramy uziarnienia poszczególnych poziomów gliny dokumentują szczególnie wyraźnie to zróżnicowanie. Zaznacza się ono znacznym przesunięciem kulminacji na histogramach poziomu III ku frakcjom drobnym, kiedy na histogramach poziomu IV przesunięcie to jest nieznaczne. Natomiast na histogramach poziomu II rozkład frekwencji poszczególnych frakcji jest mniej więcej symetryczny wokół

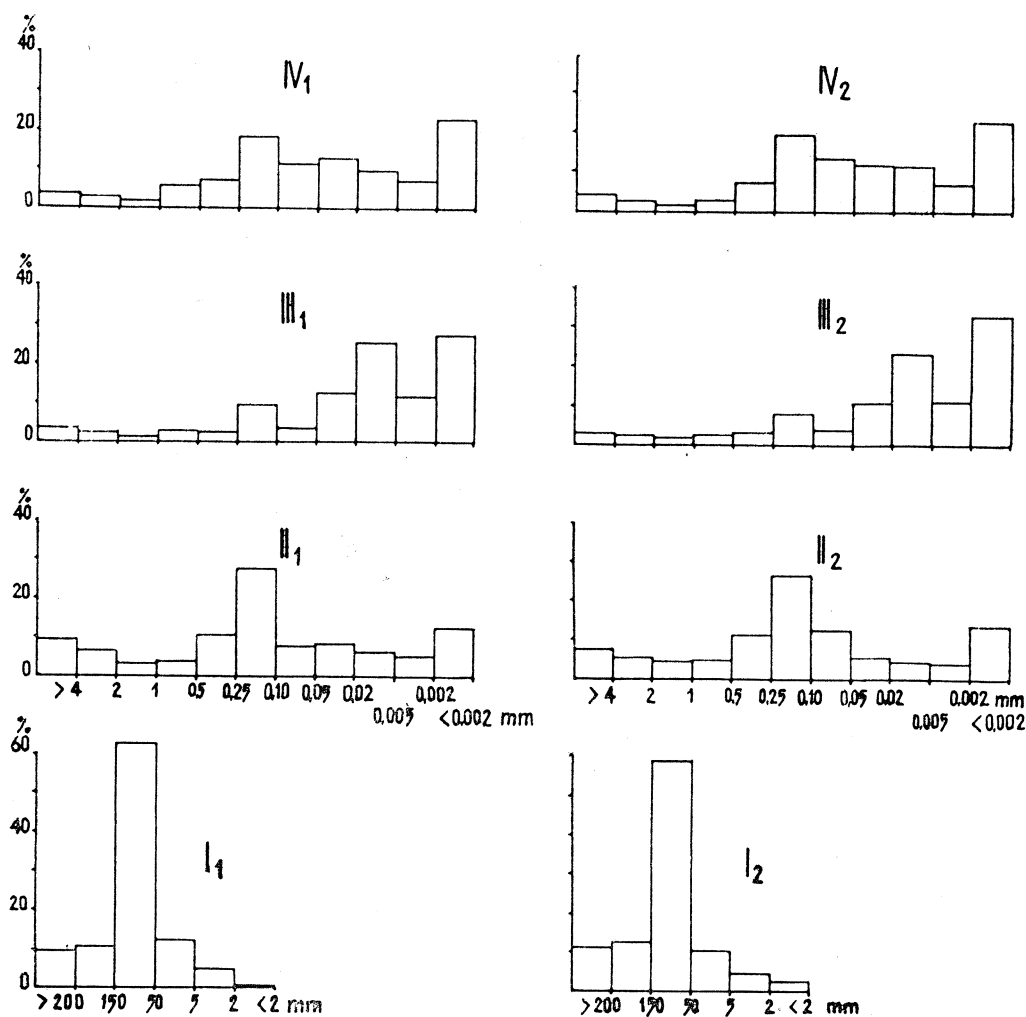


Fig. 5. Histogramy uziarnienia gliny (II—IV) i bruku głazowego (I) z Doliny Wilkowskiej (cyfry rzymskie oznaczają kolejne poziomy, cyfry arabskie — numery prób)

Fig. 5. Granulation histograms of clay (II—IV) and boulder (I) pavement from the Wilkowska Valley (Roman numerals denote consecutive horizons, Arabic ones — sample numbers)

przedziału 0,25—0,1 mm. W związku z tym wskaźnik ilastości (I) dla poziomów II i IV jest mniejszy (0,14—0,16 i 0,28—0,29) niż w poziomie III (0,38—0,49). W tej sytuacji wskaźnik uziarnienia (U) jest z kolei proporcjonalnie większy w poziomach II i IV.

Porównanie wyników uziarnienia trzech poziomów gliny zwałowej pozwala stwierdzić pewne podobieństwo granulometryczne poziomu II i IV, wynikające ze znacznego stopnia ich homogeniczności. Oba te poziomy mają dominantę we frakcji 0,25—0,10 mm. Natomiast poziom III, pod względem granulometrycznym wykazuje odrębność wynikającą

Tabela 1

Parametry uziarnienia gliny zwalowej /II - IV/ i bruku glazowego
z Doliny Wilkowskiej

Nr pozio- mu /IV-I/ i pró- by /1-2/	Głębokość pobranej próby w m.	Wartości procentyli w skali phi								Statystyczne wskaźniki uziarnienia				U	I
		Ø 5	Ø 16	Ø 25	Ø 50	Ø 75	Ø 84	Ø 95	Mz/phi	σ _I /phi/	Sk _I	K _G			
IV	1	0,60-0,8	-1,42	1,40	2,35	4,47	8,50	9,14	9,56	5,00	3,60	0,067	0,732	0,15	0,28
	2	0,40-0,65	-1,38	2,10	2,81	4,83	8,80	9,34	9,76	5,42	3,50	0,066	0,762	0,10	0,29
III	1	1,20-1,45	-1,10	2,75	4,56	6,80	9,10	9,28	9,55	6,28	3,25	-0,362	0,961	0,10	0,38
	2	1,00-1,25	-0,94	3,05	4,74	7,20	9,16	9,40	9,85	6,55	3,21	-0,408	1,000	0,09	0,49
II	1	2,00-2,25	-2,68	-0,90	1,25	2,86	5,55	8,00	9,36	3,32	4,05	0,117	1,148	0,29	0,14
	2	1,75-2,00	-2,48	-0,10	1,25	2,84	5,05	8,16	9,44	3,64	3,89	0,198	1,286	0,29	0,16
I	1	3,20-3,45	-7,75	-7,25	-7,05	-6,40	-5,75	-5,40	-2,95	-6,28	1,31	0,259	1,513	-	-
	2	3,30-3,55	-8,25	-7,47	-7,11	-6,40	-5,65	-4,40	-0,79	-6,16	1,93	0,403	2,094	-	-

z przewagi materiału we frakcji poniżej 0,002 mm. W związku z tym i średnia średnica (M_z) materiału w poziomie II i IV jest mniejsza (tab. 1) aniżeli jej wartość dla materiału w poziomie III. Zestawione w tabeli 1 wskaźniki uziarnienia dają dodatkowo podstawę do zaliczenia opisywanych trzech poziomów gliny do genetycznie odrębnych jednostek. Odrębność ta zaznacza się szczególnie wyraźnie w graficznej skośności (Sk_I), której wskaźnik dla gliny poziomów II i IV obrazuje rozkład prawie symetryczny (poziom IV) i dodatnio skośny (poziom II), a w przypadku gliny poziomu III — rozkład ten jest bardzo ujemnie skośny oraz w graficznym spłaszczeniu krzywych (K_G). Spłaszczenie to dla gliny poziomu II i IV odzwierciedla krzywa platykurtyczna (poziom IV) i leptokurtyczna (poziom II), a dla gliny poziomu III — mezkurtyczna. Jeśli chodzi o stopień wysortowania, które opisuje wskaźnik graficznego standardowego odchylenia (σ_I), we wszystkich przypadkach mamy do czynienia z materiałem bardzo słabo wysortowanym, co jest zresztą typowe dla gliny zwałowej (Krygowski, 1956; Rzechowski, 1974 i inni). Niemniej bardziej słabym wysortowaniem niż osady poziomu III odznaczają się osady poziomu II i IV.

Różnice w uziarnieniu i wykształceniu strukturalnym omawianych poziomów gliny mogą sugerować ich podział na trzy niezależne od siebie jednostki sedymentacyjne. Niemniej jednak pewne podobieństwo w tym zakresie cech poziomu II i IV wskazywać może, że budująca je glina reprezentuje ten sam typ genetyczny osadu. Różnice między tymi jednostkami (poziomami) mogą być zatem rezultatem odmiennego mechanizmu, dynamiki i czasu akumulacji osadów, ale również o ich odrębności zdecydować mogło odmienne rozłożenie materiału skalnego w masie lodowej. Na problem ten zwrócili uwagę Lindner i Ruszczyńska-Szenajch (1977). Znaczna zmienność osadów w dokumentowanym przez nas odsłonięciu wskazywać może na niejednorodny charakter glacialnego środowiska transportowego, a szczególnie warunków wytapiania materiału i jego depozycji podczas kolejnych transgresji i zanikania lądolodu plejstocénskiego.

SKŁAD PETROGRAFICZNY GŁAZIKÓW I ŻWIRÓW

Udział poszczególnych grup i gatunków petrograficznych w kolejnych poziomach gliny i bruku gładzowego, jak również w analizowanych dwóch frakcjach (10—4 i 4—2 mm), jest zmienny (tab. 2). Skały krystaliczne we frakcji 10—4 mm największy odsetek stanowią w poziomie IV. Natomiast w poziomie III udział ich spada, aby w poziomie I osiągnąć wartość najmniejszą. Bez względu na największy odsetek tych skał, co jest oczywiste, ma miejsce jednak w bruku gładzowym. We frakcji 4—2 mm zawartość okruchów krystalicznych w poszczególnych poziomach gliny i bruku gładzowego, wykazuje podobną prawidłowość, ale jest z reguły większa niż we frakcji 10—4 mm.

Tabela 2

**Skład petrograficzny zespołu gwałowo-żwirowego gliny zwalowej /II-IV/ i bruku gwałowego /I/
z Doliny Wilkowskiej**

Grupy petrograficzne	Frakcja 10-4 mm, udział w % ilościowych								Frakcja 4-2 mm, udział w % ilościowych							
	IV		III		II		I		IV		III		II		I	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Skaly krystaliczne północne:	23,1	29,3	24,0	25,4	10,0	8,0	35,5	40,9	30,8	36,6	31,0	33,4	21,0	17,0	42,6	47,2
granit różowo-czerwony	13,6	17,4	6,0	6,4	2,3	1,7	26,5	30,7	10,8	12,4	3,0	2,0	1,0	1,0	18,5	22,7
granity szare	2,5	2,7	3,5	3,9	1,0	1,0	5,2	6,2	2,0	2,0	2,5	2,5	-	-	2,7	2,9
migmatyty	1,0	1,6	4,6	5,2	1,0	1,0	-	-	0,5	0,9	-	-	-	-	-	-
gnejsy	0,5	0,9	5,8	6,6	0,5	-	0,3	-	-	-	1,4	1,0	-	-	-	-
skalenie	0,7	0,7	-	-	0,8	1,2	1,0	1,0	5,7	6,1	8,5	11,3	8,0	6,0	4,8	6,4
kwarc	3,6	4,6	2,8	2,2	2,9	3,1	1,0	1,0	10,8	14,2	12,6	14,6	10,0	8,0	12,7	13,5
inne skaly północne	1,2	1,4	1,3	1,1	1,5	-	1,5	2,0	1,0	4,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,9	1,7
Skaly osadowe miejscowe - paleozoiczne:	48,8	46,8	47,3	49,1	58,0	64,0	40,2	38,0	39,2	35,2	35,5	33,5	51,0	57,0	37,3	33,7
kwarcyty	5,0	4,2	4,2	5,6	10,5	13,5	5,2	4,4	10,0	7,2	9,5	7,7	15,0	17,0	10,2	6,6
piaskowce	7,0	8,6	25,5	21,5	39,8	42,2	27,5	25,6	6,2	5,6	15,3	14,3	31,0	33,0	22,6	20,4
łupki	31,8	29,6	8,4	11,4	4,4	5,6	5,3	6,0	20,0	19,0	6,0	6,4	2,0	4,0	2,5	3,1
wapienie	3,6	3,0	3,4	4,0	-	-	0,2	-	2,0	2,4	1,0	1,4	1,0	1,0	-	-
dolomity	0,6	0,8	2,6	2,4	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	0,8
inne	0,8	0,6	3,2	4,2	2,3	1,7	1,0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,5	1,0	1,0	1,0	2,8
Skaly osadowe miejscowe - mezozoiczne:	28,1	23,9	28,7	25,5	32,0	28,0	24,3	21,1	30,0	28,2	33,5	33,1	28,0	26,0	20,1	19,1
piaskowce	4,2	3,8	14,1	10,5	24,7	21,3	15,5	11,1	2,5	2,1	9,5	10,3	14,0	12,0	8,8	6,2
łupki ilaste	1,0	1,6	-	0,5	1,0	1,0	3,2	2,6	0,7	0,7	1,5	0,9	-	-	-	-
wapienie i margle	3,6	3,0	4,5	4,8	1,0	1,0	-	-	2,3	1,7	3,0	4,4	1,0	1,0	7,8	9,0
rogowce i litydy	15,5	12,7	5,8	6,6	3,5	2,5	1,0	1,0	22,5	21,1	15,0	14,6	9,0	11,0	1,0	0,8
limonity	2,3	1,7	2,8	2,2	-	0,2	3,2	4,4	1,0	1,6	-	-	-	-	2,5	3,1
inne	1,5	1,1	1,5	0,9	1,8	2,0	1,4	2,0	1,0	1,0	4,5	2,9	4,0	2,0	2,5	3,1

Uwaga: głębokość pobrania prób jak w tab. 1.

Północne skały krystaliczne reprezentowane są przede wszystkim przez granity, których spośród frakcji 10—4 mm najwięcej jest w bruku gładowym. Natomiast w poziomach gliny, idąc od poziomu IV do II, udział ich sukcesywnie maleje. Pośród tych granitów decydującą większość stanowią granity różowoczerwone. Mniejszy udział mają inne odmiany granitu, gnejsy, migmatyty, skalenie oraz kwarc z rozpadu skał północnych. W analogicznych poziomach frakcji 4—2 mm granity występują w znacznie mniejszych ilościach. Zwiększa się natomiast w tej frakcji udział kwarcu i skalenia.

Osadowe skały miejscowe wieku paleozoicznego występują w nieco większych ilościach, aniżeli północne skały krystaliczne. Ich udział w próbach poszczególnych poziomów jest nieco większy we frakcji grubszej niż we frakcji drobniejszej. Zarówno we frakcji grubszej, jak i drobniejszej udział procentowy tej grupy petrograficznej w poziomie III i IV oraz w bruku gładowym ma podobne wielkości, natomiast w poziomie II dostrzega się znaczny jej wzrost.

Podstawową masę skalną w tej grupie petrograficznej stanowią we frakcji grubszej okruchy piaskowców i kwarcytów oraz łupki. We frakcji drobniejszej dominują nad innymi skałami piaskowce i kwarcyty. Poza tym rzadziej są spotykane wapienie i dolomity, których udział w osadach poziomu II znacznie maleje, a w wielu przypadkach nawet zupełnie zanika. W bruku gładowym (poziom I) zdecydowanie dominują w tej frakcji piaskowce oraz kwarcyty. Inne składniki paleozoiczne stanowią tu nieznaczny odsetek.

Zawartość w poszczególnych poziomach osadowych skał miejscowych wieku mezozoicznego jest nieco większa we frakcji 4—2 mm (do 33,5% w próbie 1 poziomu III) od ich udziału we frakcji 10—4 mm. Wśród tych skał przeważają okruchy piaskowców oraz rogowce. Piaskowców jest najwięcej we frakcji 10—4 mm (do 24,7% w próbie poziomu II), rogowce i lidyty zaś mają największą frekwencję we frakcji 4—2 mm (do 22,5% w próbie 1 poziomu IV). Znikomy odsetek, tak w grubszej jak i drobniejszej frakcji, stanowią wapienie i margle oraz łupki.

Omówiony i pokazany w tabeli 2 skład petrograficzny materiału gładowo-żwirowego charakteryzuje podobna frekwencja w dwóch górnych poziomach gliny (III i IV), zarówno we frakcji drobniejszej, jak i grubszej. Natomiast skład ten w poziomie dolnym (II) znacznie odbiega od poziomów górnych. Obserwuje się tu, w obydwu analizowanych frakcjach, większy udział miejscowych skał paleozoicznych niż w poziomach III i IV. W poziomie bruku morenowego dominują krystaliczne skały północne i miejscowe skały paleozoiczne.

Cechę tę, wynikającą ze składu petrograficznego, oddają doskonale wyliczone wskaźniki gładowe (tab. 3). Wielkość tych wskaźników głównie O/K, K/Op, K/Om oraz A/B, dla obydwu frakcji w próbkach poziomu III i IV są w miarę podobne, ale różnią się znacznie od tych

Tabela 3
Wskaźniki giazowe gliny zwalowej /II - IV/ i bruku giazowego /I/ z Doliny Wilkowskiej

Podstawowe wskaźniki giazowe	Frakcja 10-4 mm												Frakcja 4-2 mm					
	IV				III				II				I				I	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
O/K	3,33	2,41	3,17	2,94	9,00	11,50	1,82	1,44	2,25	1,73	2,23	1,99	3,76	4,88	1,35	1,12		
K/Op	0,47	0,63	0,51	0,52	0,17	0,13	0,88	1,08	0,79	1,04	0,87	0,99	0,41	0,30	1,14	1,40		
K/Om	0,82	1,23	0,84	0,99	0,31	0,29	1,46	1,94	1,03	1,30	0,93	1,01	0,75	0,65	2,12	2,47		
Op/Om	1,74	1,96	1,65	1,93	1,81	2,29	1,65	1,80	1,31	1,25	1,06	1,01	1,82	2,19	1,86	1,78		
K/Pp	1,93	2,29	0,81	0,94	0,20	0,14	1,09	1,36	1,90	2,86	1,25	1,52	0,46	0,34	1,30	1,75		
K/Łp	0,73	0,99	2,86	2,23	2,27	1,43	6,70	6,82	1,54	1,93	5,17	5,22	10,50	4,25	17,04	15,23		
Kws/Kp	0,21	0,22	0,13	0,09	0,59	1,16	0,06	0,05	1,15	1,25	2,20	3,45	6,00	4,67	0,70	0,73		
A/B	0,82	0,71	0,53	0,53	0,54	0,51	0,42	0,37	0,40	0,37	0,37	0,38	0,28	0,25	0,19	0,19		

O/K - stosunek skał osadowych /O/ do skał krystalicznych /K/
K/Op - stosunek skał krystalicznych /K/ do skał osadowych paleozoicznych /Op/
K/Om - stosunek skał krystalicznych /K/ do skał osadowych mezozoicznych /Om/
Op/Om - stosunek skał osadowych paleozoicznych /Op/ do skał osadowych mezozoicznych /Om/
K/Pp - stosunek skał krystalicznych /K/ do kwarcytów i piaskowców paleozoicznych /Pp/
K/Łp - stosunek skał krystalicznych /K/ do łupków paleozoicznych /Łp/
Kws/Kp - stosunek kwarcu i skaleni /Kws/ do pozostałych skał krystalicznych /Kp/
A/B - stosunek skał nieodpornych na niszczenie /A/ do skał odpornych i bardzo odpornych na niszczenie /B/

Uwaga: głębokość pobrania prób jak w tab. 1.

Tabela 4

Skład mineralno-petrograficzny frakcji 1-1,5 mm gliny zwałowej /II - IV/ i bruku
głazowego /I/ z Doliny Wilkowskiej

Nr pozio- mu /IV- -I/ i próby /1-2/	Kwarc %	Skale- nie %	Skały krystal. %	Piasł. kwarcyt. paleoz. %	Łupki ordów.- sylur. %	Piasł. mezoz. %	Syde- ryt %	Inne %	Wskaźniki kwarcowe				
									K ₁	K ₂	K _r	Ł _{os}	
IV	1	47,5	12,5	2,2	10,5	16,8	1,6	8,9	-	0,90	0,94	0,22	0,20
	2	48,9	12,9	0,8	8,3	18,0	2,4	8,7	-	0,96	0,97	0,01	0,22
III	1	40,2	13,6	7,3	8,0	16,2	1,0	13,7	-	0,67	0,76	0,08	0,19
	2	39,2	17,8	9,1	6,6	14,4	1,0	11,9	-	0,64	0,76	0,10	0,17
II	1	12,5	7,0	24,4	12,5	27,7	-	13,0	3,3	0,14	0,20	0,32	0,38
	2	13,5	5,0	25,0	10,5	28,9	-	13,4	3,7	0,16	0,19	0,33	0,41
I	1	22,3	10,5	34,4	14,5	13,5	-	4,6	0,2	0,29	0,52	0,52	0,16
	2	19,9	12,1	35,6	13,3	13,5	-	5,4	0,2	0,25	0,45	0,55	0,16

K₁ - stosunek kwarcu do wszystkich minerałów pozostałych

K₂ - stosunek kwarcu do pozostałych minerałów bez skał krystalicznych

K_r - stosunek skał krystalicznych do wszystkich minerałów pozostałych

Ł_{os} - stosunek łupków ordowicko-sylurskich do wszystkich minerałów

Uwaga: głębokość pobrania prób jak w tab. 1.

samych wskaźników w przypadku analogicznych frakcji prób poziomu II. Podobieństwo w tym zakresie poziomów III i IV nie jest równoznaczne z ich pokrewieństwem genetycznym. Podobieństwo to może wynikać z rozmieszczenia materiału w masie lodowej, a nie z miejsca i sposobu akumulacji. Bruk gładowy, jako produkt przemycia gliny zwałowej w ośrodku wodnym, został zubożony głównie w składniki mezozoiczne i paleozoiczne, charakteryzują go zatem wskaźniki gładowe, których wielkości nie mogą być porównywane z podobnymi wskaźnikami uzyskanymi dla poziomów gliny.

SKŁAD MINERALNO-PETROGRAFICZNY

Skład mineralno-petrograficzny utworów morenowych cechuje z reguły znaczne zróżnicowanie ilościowe oraz jakościowe (Raukas, 1974, Rukhina, 1974). W analizowanym przypadku frakcji 1—1,5 mm dominuje kwarc o różnym stopniu zabarwienia i spękania. Najwięcej stwierdzono go w glinie poziomu IV (tab. 4). W przypadku gliny poziomu III obserwuje się zmniejszenie jego zawartości. W glinie poziomu II udział kwarcu jest najmniejszy, wzrasta natomiast ilość okruchów skał krystalicznych i łupków ordowicko-sylurskich. W bruku gładowym ziarn kwarcu jest około 21%.

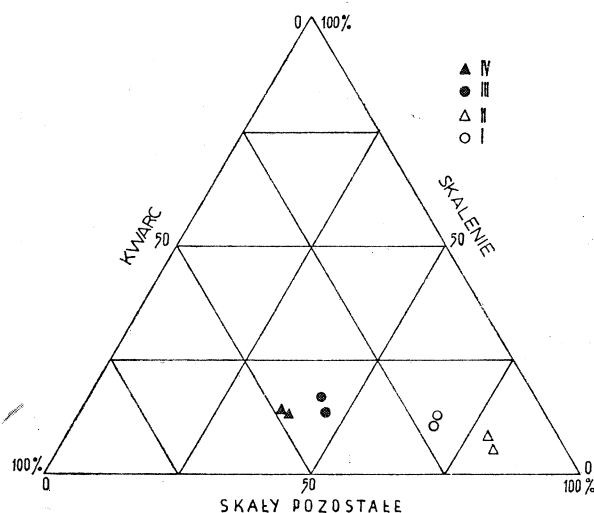


Fig. 6. Skład mineralno-petrograficzny frakcji 1—1,5 mm w projekcji trójkąta równobocznego. II—IV — poziomy gliny zwałowej; I — poziom bruku gładowego

Fig. 6. Mineral-petrographic composition of the 1—1,5 mm fraction in the equilateral triangle projection. II—IV — boulder clay horizons, I boulder pavement horizon

Tak jak w przypadku kwarcu również pozostałe grupy mineralno-petrograficzne dokumentują odrębność wyróżnionych poziomów gliny. Mają one udział różny, niemniej nieco podobny w dwóch górnych po-

ziomach, ale różniący się od takiego udziału w poziomie II. Fakt ten dokumentują doskonale wzajemne stosunki kwarcu, skaleni i okruchów skał pozostałych, przedstawione w projekcji trójkąta równobocznego (fig. 6).

Generalnym zjawiskiem analizowanego zespołu mineralno-petrograficznego jest zmniejszanie się w kolejnych poziomach gliny, wraz z głębokością ich zalegania, kwarcu i skaleni, a zwiększanie się udziału okruchów skał krystalicznych i piaskowców. Spostrzeżenie to potwierdzają uśrednione wskaźniki kwarcowe (tab. 4). Wartości tych wskaźników w przypadku K_1 i K_2 maleją z głębokością, w przypadku K_r — wzrastają. Mogą być zatem, obok wcześniej podanych cech, podstawą do podziału profilu pionowego gliny z Doliny Wilkowskiej co najmniej na trzy różniące się sposobem powstania glacialne jednostki sedimentacyjne i jednostkę reprezentowaną przez bruk gładowy.

Minerały ciężkie

Największym udziałem minerałów ciężkich odznacza się bruk gładowy (poziom I), gdzie we frakcji 0,25—0,1 mm stanowią one ponad 1,6% wagowych, a we frakcji 1,0—0,05 mm — 1,1%. W poziomach IV—II w obydwu analizowanych frakcjach udział minerałów ciężkich jest znacznie mniejszy i waha się w granicach 0,39—0,1% (tab. 5).

We frakcji 0,25—0,1 mm wszystkich poziomów daje się zauważyć wzrost udziału minerałów nieprzezroczystych (do 52,1% w próbie 2 poziomu II) względem ich udziału we frakcji 1,0—0,05 mm (do 37,0% w próbie 1 poziomu II). Reprezentowane są one głównie przez różne tlenki żelaza i piryt. Natomiast w przypadku minerałów przezroczystych jest odwrotnie. We frakcji 1,0—0,05 mm poszczególnych poziomów jest ich więcej niż we frakcji 0,25—0,1 mm. Jednocześnie udział pierwszych konsekwentnie wzrasta w coraz to niższych poziomach, drugich zaś maleje. Od tej prawidłowości odbiega jedynie bruk gładowy (poziom I), gdzie minerałów nieprzezroczystych jest dwukrotnie mniej niż w glinie poziomu II, natomiast minerałów przezroczystych o $\frac{1}{3}$ więcej. Zjawisko to ma ścisły związek z przemyciem osadów poziomu I przez wody. Dlatego też w tych utworach zdecydowanie dominują minerały przezroczyste jako bardziej odporne na niszczenie.

W grupie minerałów przezroczystych zdecydowanie największą frekwencję mają amfibole, cyrkonie, granaty i turmaliny. Udział amfiboli z reguły maleje w coraz to niższych poziomach od 27,4—25,4% w poziomie IV do 15,4—12,5% w poziomie bruku gładowego. Pozostałe zaś z wymienionych minerałów, poza turmalinem, reprezentowane są w trzech poziomach gliny (IV—II), niezależnie od badanej frakcji, przez podobne wielkości procentowego udziału (tab. 5). Jedynie w poziomie bruku gładowego (poziom I) ich udział w obydwu badanych frakcjach znacznie przekracza wielkości dla poszczególnych poziomów gliny. Z innych minerałów znacznie większą frekwencją odznaczają się jedynie biotyt i rutyl.

Tabela 5
Średni udział minerałów ciężkich w glinie szalowej /II-IV/ i bruku gładzonym /I/
z Doliny Wilkowskiej

Nr poziomu /IV- -I/ i próby /1-2/	Ilość minerałów ciężkich w % wagowych	Minerały nie- przezroczyste w % ilościowych	Glaukonit w % ilościowych	Minerały przez- roczyste w % ilościowych	Minerały przezroczyste w % ilościowych												Współczynnik zwietrzania		
					amfibole	apatyt	biotyt	cyrkon	chloryt	dysten	epidot	granat	piroksen	rutyl	staurolit	turmalin		inne	
Frakcja 1,0 - 0,05 mm																			
IV	1	0,310	25,8	4,6	69,6	26,0	1,8	4,9	18,5	-	1,6	0,7	23,5	2,7	4,5	3,0	12,8	-	1,92
	2	0,390	28,8	3,6	67,6	27,4	0,8	4,5	16,5	-	1,6	0,3	25,7	1,9	3,9	3,4	14,0	-	1,93
III	1	0,100	26,3	3,2	70,5	26,2	1,0	3,8	15,7	-	1,8	1,0	26,5	2,2	3,8	4,0	13,5	0,5	1,97
	2	0,124	28,1	4,0	67,9	24,6	1,0	4,6	17,5	-	1,0	0,6	24,5	2,6	4,2	3,6	15,3	0,5	2,04
II	1	0,290	37,0	10,2	52,8	21,5	0,2	6,0	16,6	-	1,5	3,0	27,0	0,4	5,6	4,8	13,4	-	2,24
	2	0,340	34,8	13,4	51,8	23,5	0,4	6,4	17,8	-	0,5	1,8	28,0	0,4	5,8	4,2	12,0	-	2,12
I	1	1,120	16,2	2,5	81,3	14,8	0,1	6,2	21,3	0,4	2,2	3,2	32,4	0,2	6,7	3,8	8,7	-	3,03
	2	1,068	18,0	1,1	80,9	15,4	0,1	4,8	22,3	1,2	3,0	4,2	30,0	1,0	5,5	4,6	7,9	-	2,76
Frakcja 0,25 - 0,1 mm																			
IV	1	0,205	40,2	3,3	56,5	25,4	1,0	6,3	24,7	-	0,6	-	23,8	2,0	4,1	5,3	6,8	-	1,97
	2	0,131	42,0	2,1	55,9	26,8	0,4	5,3	22,7	-	1,4	-	26,6	1,4	3,5	4,1	7,8	-	1,99
III	1	0,152	45,2	2,0	52,8	27,0	0,5	4,8	24,5	-	1,0	0,3	20,5	2,0	3,8	5,4	10,2	-	1,93
	2	0,112	43,0	2,8	54,2	24,2	0,9	7,2	26,5	-	0,6	0,3	22,9	1,2	3,4	4,6	8,2	-	2,04
II	1	0,120	43,5	9,6	46,9	19,1	0,2	6,5	22,7	0,7	0,6	0,8	23,8	0,5	4,2	5,5	13,4	-	2,62
	2	0,124	52,1	7,4	40,5	17,5	0,2	8,5	24,5	0,3	0,4	0,2	27,2	0,9	5,0	4,5	10,8	-	2,65
I	1	1,565	25,6	1,2	73,2	12,5	0,6	5,0	27,1	1,0	2,2	1,5	28,0	0,7	5,2	4,7	11,2	0,3	3,76
	2	1,757	22,0	0,6	77,4	14,5	0,2	6,0	25,5	1,6	1,2	0,9	32,2	0,1	4,4	3,9	9,2	0,3	3,27

Uwaga: głębokość pobrania prób jak w tab. 1.

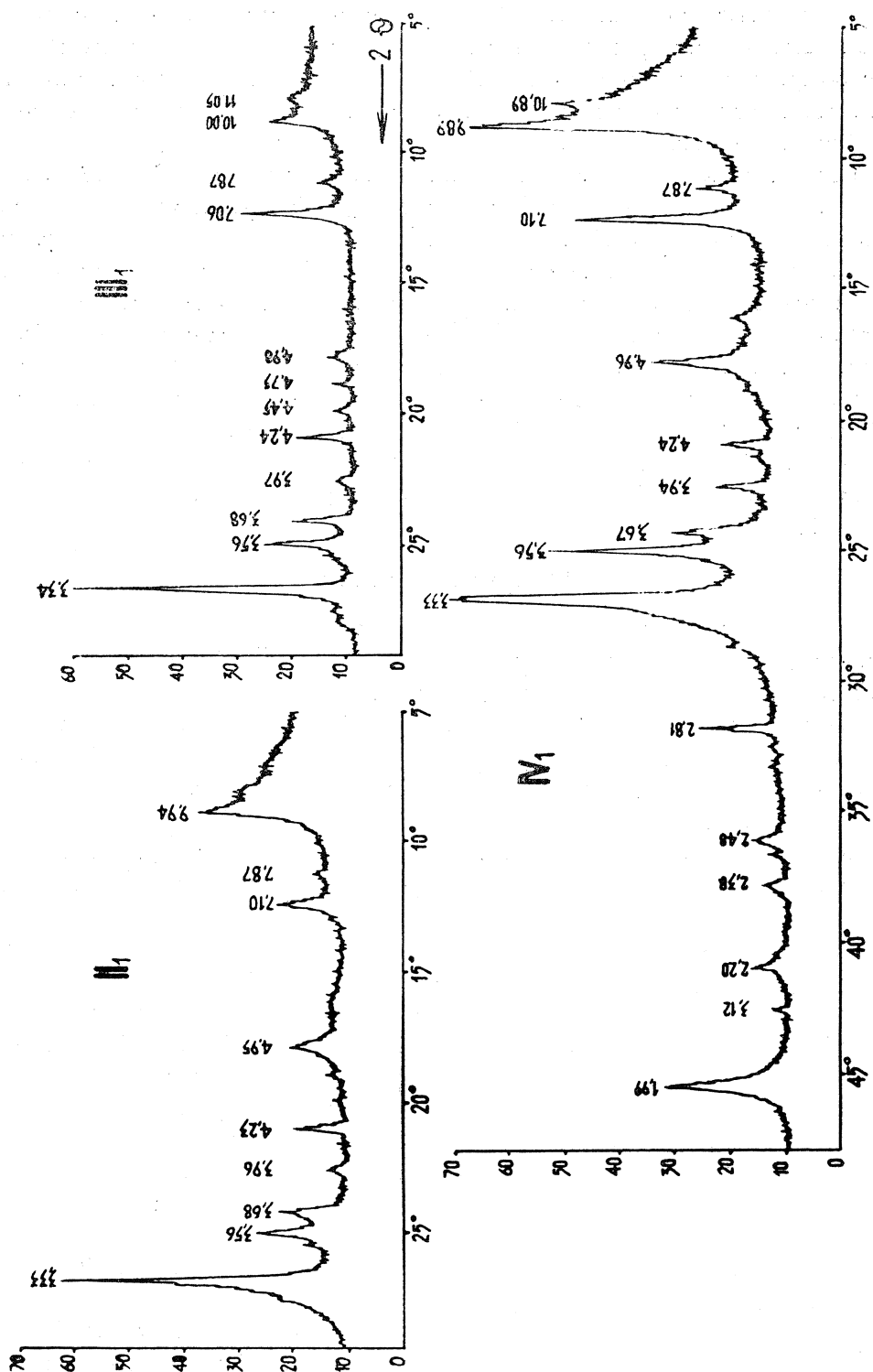
Przedstawiona charakterystyka frekwencji minerałów ciężkich w profilu analizowanej gliny zwałowej wskazuje na słabsze jej zwietrzenie w poziomach stropowych (III i IV) niż w poziomie II i w poziomie bruku gładowego. Znalazło to odbicie w wartościach wskaźnika zwietrzenia, który dla poziomu IV i III kształtuje się w granicach 1,92—2,04, natomiast dla poziomu II 2,12—2,65, a dla bruku gładowego 3,00—3,76 (tab. 5).

Źródłem analizowanych minerałów ciężkich był niewątpliwie materiał skandynawski, aczkolwiek nieznaczna obecność staurolitu i dystenu wskazywać może na udział materiału trzeciorzędowego. Nie można także wykluczyć, że część wyróżnionych minerałów ciężkich mogła mieć swe źródło w starszych skałach osadowych trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich i w skałach ich mezozoicznego obrzeżenia. Zdają się wskazywać na to analizy mineralogiczne wykonane dla tych formacji przez Radziszewskiego (1928), Morawieckiego (1927), Kuhla (1931) oraz Pawlicę (1920). Wiele z wyróżnionych przez tych autorów minerałów, głównie granat, cyrkon, turmalin, rutyl i inne występują także w badanej glinie.

Minerały ilaste

Analizy rentgenowskie, wykonane dla poziomów II—IV, wykazują znaczne podobieństwo w przebiegu krzywych (fig. 7). Na krzywych wszystkich prób mają miejsce silne refleksy w przedziale 9,89—10,05 Å i nieco słabsze 4,45 Å, 4,95 Å, 4,96 Å i 4,98 Å. Wskazują one na obecność minerałów z grupy illitu. Również refleksy 2,20 Å, 3,56—3,57 Å oraz około 7,10 Å są charakterystyczne dla wszystkich prób i dowodzą z kolei obecności w nich kaolinitu. Poza illitem i kaolinitem w próbie z poziomu III stwierdzono chloryt, którego obecność wynika z nieco mniej ostrego refleksu 4,75 Å. Pojawienie się chlorytu w tym poziomie wiązać się może z udziałem egzaracyjnego materiału łupków i ilów lokalnych. Oprócz typowych minerałów ilastych w analizowanych próbach występują dość licznie minerały-domieszki. Najpopularniejszy w tej grupie jest kwarc, który dał wiele najintensywniejszych refleksów w odległościach międzypłaszczyznowych 1,99 Å, 2,38 Å, 3,33 Å, 4,23 Å i 4,24 Å. Natomiast na krzywej rentgenogramu próby z poziomu IV ma miejsce odosobniony przypadek występowania kalcytu. Jego obecność dokumentuje stosunkowo ostre maksimum dyfrakcyjne $d = 2,48$ Å.

Wnikliwa analiza prezentowanych dyfraktogramów nie wyklucza możliwości występowania innych minerałów. Identyfikacja ich jest jednak utrudniona, gdyż wiele z tych minerałów daje refleksy w tym samym zakresie kątowym. Na podstawie refleksu o zakresie kątowym 7,87 Å, który uzyskano na dyfraktogramie próby z poziomu IV, sądzić można o domieszkach alofanowych. Domieszki te, choć w niewielkich ilościach, są częste w poziomach glebowych. Refleks ten nie wyklucza także innej możliwości, m. in. udziału związków mineralnych żelazowo-



-magnezowych. Natomiast refleksy o wartościach 3,95—3,68 Å należeć mogą do minerałów grupy kaolinitu, bądź w niektórych przypadkach do zwietrzałego biotyty lub związków żelaza. Znaczą się one dość wyraźnie na wszystkich trzech dyfraktogramach. W przypadku poziomu IV i III stwierdza się ponadto refleks rzędu 10,9 Å, prawdopodobnie przynależny do zwietrzałego biotyty, który jest także częstym składnikiem gleb.

Z analizy dyfraktogramów wynika, że glina z Doliny Wilkowskiej w trzech wyróżnionych poziomach ma charakter polimineralny. Dominuje w niej illit, kaolinit i w jednym przypadku chloryt (poziom III). W osadzie tym częste są minerały-domieszki, wśród których dominującą grupę stanowi kwarc. Dyfraktogramy próbek z poziomów IV i II wykazują znaczne podobieństwo. Różnią się natomiast od dyfraktogramu próbki z poziomu III, w której stwierdzono chloryt oraz niektóre minerały-domieszki.

SKŁAD CHEMICZNY I KONCENTRACJA MIKROPIERWIASTKÓW

Skład chemiczny analizowanej gliny zwałowej charakteryzuje zdecydowana przewaga krzemionki nad pozostałymi składnikami (tab. 6). Pośród pozostałych składników drugim w kolejności minerałem jest tlenek glinu, a potem dopiero tlenek żelazowy oraz tlenek potasu. Pozostałe tlenki stanowią nieznaczne odsetki w analizowanym materiale.

Udział procentowy głównych składników w poszczególnych poziomach gliny i w bruku głazowym jest zróżnicowany. Poziomy II i IV zawierają znacznie większy odsetek krzemionki niż poziom III. Znaczna ilość krzemionki jest także w bruku głazowym. Odwrotną sytuację obserwuje się w przypadku Al_2O_3 i Fe_2O_3 . W poziomie III jest nieco większy procent tlenku glinu i tlenku żelazowego niż w poziomie II i poziomie bruku głazowego. Analogicznie zachowuje się tlenek potasowy, w który poziom III jest bogatszy względem poziomu II i IV oraz bruku głazowego.

Z przytoczonych danych wynika, że pod względem składu chemicznego w badanym profilu gliny zwałowej można dopatrzeć się pewnego podobieństwa między gliną poziomu IV i II. Odmiennej jednostkę pod tym względem stanowi glina poziomu III i poziom I bruku głazowego. Niemniej poziomy te różnią się między sobą udziałem podstawowych składników chemicznych, jak również wartościami stosunków molarnych SiO_2 do Al_2O_3 , Fe_2O_3 i innych (tab. 6). Jest regułą, że stosunki te mają wartości kilkakrotnie wyższe w poziomie II i częściowo w poziomie IV oraz w bruku głazowym, względem tych stosunków w poziomie III.

Fig. 7. Dyfraktogramy minerałów ilastych. II₁—IV₁ — poziomy gliny zwałowej (cyfry rzymskie) i numery prób (cyfry arabskie)

Fig. 7. Diffractograms of argillaceous minerals. II₁—IV₁ — boulder clay horizons (Roman numerals) and sample numbers (Arabic numerals)

Tabela 6

Skład chemiczny gliny zwalowej /II - IV/ i bruku gładzowego /I/ z doliny Wilkowskiej

Nr poziomu /IV-I/ i próby/1/	Zawartość składników w procentach wagowych											Stosunki molarne			
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	Str. praż.	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$	$\frac{CaO}{MgO}$
IV 1	78,46	0,72	9,43	4,85	0,03	0,02	0,36	0,26	1,52	0,32	3,77	14,12	42,99	10,63	0,81
III 1	73,42	1,10	11,52	4,60	0,07	0,03	0,28	0,25	1,80	0,70	6,15	10,81	42,42	8,62	0,18
II 1	87,91	0,57	4,57	2,52	0,03	0,01	0,14	0,20	1,00	0,34	2,17	32,64	92,71	24,14	0,29
I 1	86,94	0,27	3,17	3,47	-	0,02	0,21	0,40	1,13	0,41	2,38	46,54	66,59	27,39	0,37

Uwaga: Głębokość pobrania prób jak w tab. 1.

Tabela 7

Mikroelementy w glinie zwalowej /II - IV/ i bruku giazowego /I/ z Doliny Wilkowskiej
/udzial w % wagowych/

Nr posiomu /IV-I/I/ próby /1/	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Sr	Ba	Sn	Ga	Ti	V Ni	Cr Ni	Cu Ni	B Cu
IV 1	0,007	0,015	0,006	0,006	0,001	0,008	0,007	0,005	0,040	0,0005	0,001	0,020	1,17	1,33	1,17	1,43
III 1	0,005	0,015	0,005	0,005	0,001	0,009	0,007	0,010	0,065	0,001	0,001	0,021	1,40	1,80	1,00	13,00
II 1	0,003	0,007	0,005	0,004	0,001	0,004	0,006	0,001	0,006	0,0005	0,001	0,007	1,50	1,00	0,75	2,00
I 1	0,004	0,012	0,007	0,003	0,001	0,002	0,005	0,001	0,005	0,0001	0,001	0,006	1,67	0,67	1,33	1,25

Uwaga: Głębokość pobrania prób jak w tab. 1.

Stwierdzona prawidłowość wykazuje wiele analogii do wyników podanych przez Łukaszew (1969) dla terenu Białorusi i Polski wschodniej. Łukaszew podkreśla, że glina młodszych zlodowaceń różni się od gliny starszych zlodowaceń podwyższeniem zawartości Al_2O_3 , Fe_2O_3 oraz K_2O , a obniżeniem SiO_2 . Zróżnicowanie składu chemicznego może być także efektem różnych warunków egzaracji budującego ją materiału. W pewnym sensie do podobnych wniosków dochodzą także Falkiewicz (1962), Rzechowski (1974) oraz Stankowska (1970).

W świetle uzyskanych wyników i przytoczonych faktów z literatury, gliny zwałowe poziomu II i IV z Doliny Wilkowskiej mogły powstać w podobnych warunkach, ale w innych niż glina poziomu III.

Nie tylko skład chemiczny wskazuje na genetyczne ewentualnie wiekowe zróżnicowanie w profilu pionowym badanej gliny zwałowej, ale także występowanie i udział w niej mikroelementów (tab. 7). Poziom III i poziom IV charakteryzują się większą zawartością Cu, Ni, Cr, Sr, Ti niż poziom II i poziom I bruku głazowego. Podobną prawidłowość zawartości tych pierwiastków w glinach zwałowych zlodowacenia środkowopolskiego i krakowskiego na terenie Polski stwierdzili Rzechowski (1966) oraz Mojski i Rzechowski (1967). Można zatem przypuszczać, że i w naszym przypadku zróżnicowanie ich występowania w wydzielonych poziomach chociaż częściowo wiąże się z różnym wiekiem tych poziomów.

Obtoczenie składników głazowo-żwirowych i piaszczystych

Uzyskane wyniki dla zespołu głazowo-żwirowego przedstawiono na histogramach (fig. 8). Natomiast materiał piaszczysty pogrupowano w ty-

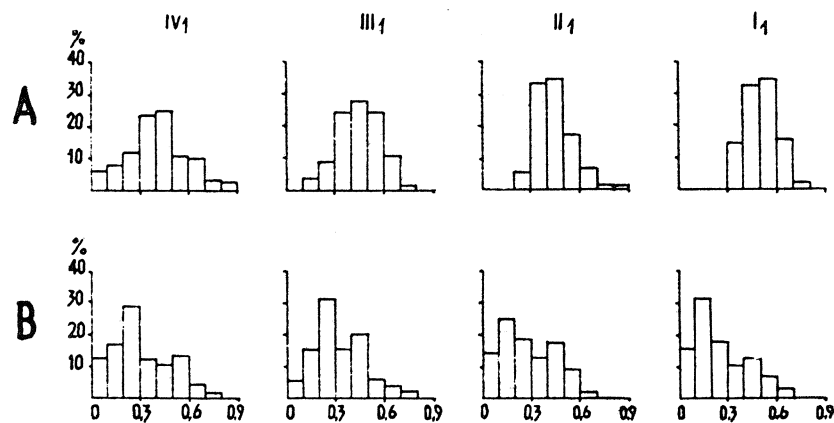


Fig. 8. Histogramy obtoczenia zespołu głazowo-żwirowego gliny zwałowej (II—IV) i bruku głazowego (I). A — materiał frakcji 10—4 mm; B — materiał frakcji 4—2 mm

Fig. 8. Roundness histograms of the pebbly-gravelly assemblage of boulder clay (II—IV) and boulder pavement (I). A — material of the 10—4 mm fraction, B — material of the 4—2 mm fraction

Tabela 8

Obtroczenie ziarna kwarcowego w glinie zwałowej /II - IV/ i bruku
głazowego /I/ z Doliny Wilkowskiej

Nr poziomu /IV - I/ i próby /1 - 2/	Frakcja w mm	Udział procentowy typów i podty- pów obtoczenia						Wskaźniki	
		Typ γ		Typ β		Typ α		W ₀	Nm
		γ_2	γ_1	β_2	β_1	α_2	α_1		
IV	1	0,0	1,0	9,0	26,0	28,0	36,0	638	6,9
	2	0,0	1,0	7,0	24,0	30,0	38,0	614	6,3
	1	5,0	14,0	8,0	14,0	20,0	39,0	814	10,0
	2	7,0	12,0	12,0	12,0	22,0	35,0	792	10,7
III	1	1,0	12,0	22,0	18,0	33,0	14,0	942	8,1
	2	3,0	10,0	18,0	22,0	35,0	12,0	964	8,2
	1	3,0	16,0	9,0	21,0	34,0	17,0	928	8,4
	2	1,0	20,0	7,0	23,0	32,0	17,0	944	9,6
II	1	0,0	3,0	18,0	23,0	14,0	42,0	716	8,7
	2	0,0	5,0	16,0	27,0	12,0	40,0	740	8,2
	1	4,0	15,0	15,0	16,0	30,0	20,0	934	9,5
	2	2,0	19,0	11,0	14,0	34,0	20,0	908	9,8
I	1	0,0	13,0	27,0	30,0	19,0	11,0	1042	6,8
	2	2,0	7,0	29,0	34,0	13,0	15,0	1020	6,8
	1	2,0	11,0	33,0	34,0	12,0	8,0	1136	5,8
	2	4,0	15,0	31,0	30,0	10,0	10,0	1164	6,3

Uwaga: głębokość pobrania prób jak w tab 1.

py i podtypy (γ , β , α), (tab. 8). Widoczne różnice w próbkach reprezentujących poszczególne poziomy są wyrazem bardzo zmiennego, a więc niespokojnego środowiska sedymentacyjnego badanej gliny. Potwierdza to szczególnie dobrze udział ziarna przynależnego do różnych klas obtoczenia (fig. 8, tab. 8).

W zespole głazowo-żwirowym frakcji 10—4 mm dominuje ziarno pośrednie ze słabymi śladami obtoczenia (fig. 8). Ziarno to mieści się w przedziale 0,4—0,6 skali Krumbeina. Jego udział w glinie poziomu IV wynosi około 61% i w coraz to niższych poziomach odsetek ten sukcesywnie wzrasta, aby w poziomie bruku głazowego osiągnąć największą wartość. Odwrotnie zachowuje się ziarno graniaste o stopniu obtoczenia 0,1—0,3. Ma ono największy udział w glinie poziomu III i II. W poziomie bruku głazowego ziarna wybitnie graniastego nie stwierdzono. Na-

tomiast dobrze obtoczone w największych ilościach występuje w obrębie pozostałych poziomów.

W przypadku frakcji drobniejszej najliczniejszą grupę stanowi ziarno graniaste. Tak znaczny wzrost ziarna graniastego w tym przypadku odbył się kosztem ziarna częściowo obtoczonego, jak również ziarna dobrze obtoczonego (fig. 8B).

Obtoczenie ziarna kwarcowego frakcji piaszczystej posiada w dużym stopniu podobne cechy do materiału głazowo-żwirowego (tab. 8). We wszystkich próbach frakcji 0,5—0,75 i 0,75—1,0 mm największy odsetek przypada na ziarno typu α , a więc na ziarno graniaste. Jedynie w poziomie bruku głazowego odsetek ten jest mniejszy od ziarna typu β .

Wyrażną przewagę we frakcji drobniejszej nad udziałem we frakcji grubszej poszczególnych poziomów ma natomiast ziarno typu β (częściowo obtoczone). Wyjątek stanowi bruk głazowy, gdzie ziarno to w obydwu frakcjach ma podobny udział. Ziarno dobrze obtoczone typu γ we frakcji 0,5—0,75 jest nieliczne. Większy jego udział ma dopiero frakcja grubsza. Wielkość udziału tego ziarna w bruku głazowym nie odbiega od jego udziału w glinie.

Z przedstawionej analizy wynika, że niezależnie od wielkości frakcji i poziomu gliny, podstawową masą ziarnową omawianych poziomów jest ziarno graniaste i częściowo obtoczone. Natomiast na ziarno o dobrym obtoczeniu przypada nieznaczny odsetek materiału, wahający się w granicach 1—21%. Potwierdza się tutaj znana reguła, że odsetek ziarna graniastego mniej lub bardziej wyraźnie rośnie w miarę drobnienia materiału, zarówno we frakcji głazowo-żwirowej, jak i piaszczystej. Dostrzeżona prawidłowość nie jest odosobniona, gdyż na innych obszarach Polski była przedmiotem zainteresowania wielu badaczy, m. in. Kostrzewskiego i Krygowskiego (1967).

W celu potwierdzenia tej zmienności w zakresie obtoczenia ziarn kwarcowych w badanym profilu gliny, wyliczono wskaźniki obróbki W_o i współczynniki niejednorodności obróbki N_m (tab. 8). W świetle tych wskaźników, poza wspomnianym związkiem między średnicą ziarna a stopniem jego obtoczenia, zaznacza się w obu analizowanych frakcjach wzrost wartości wskaźnika W_o wraz z głębokością zalegania poziomu gliny. Największe wartości ten wskaźnik ma w poziomie bruku głazowego (1020—1164), najmniejsze zaś w glinie poziomu IV i II (614—814 i 908—716). Różnica między skrajnymi wartościami w zakresie tego wskaźnika dla frakcji 0,5—0,75 mm wynosi zatem 350 jednostek W_o , a dla frakcji 0,75—1,0 mm około 142 tych jednostek. Natomiast w bruku głazowym wielkości tych różnic są nieduże i osiągają wartość zaledwie 22 i 28.

Ujawnione zróżnicowanie wartości wskaźnika W_o w profilu pionowym analizowanej gliny dokumentuje zmienną dynamikę lądolodu odpowiedzialnego za powstanie poszczególnych poziomów tej gliny. Naj-

większą dynamikę w świetle tego wskaźnika miało środowisko, którego odpowiednikiem jest glina poziomu IV i II. W związku z tym była większa możliwość przyrostu materiału ostrokrawędzistego wskutek łupania materiału podczas tworzących się naprężeń w spągu lodowca o aktywnym ruchu. Dynamikę tę potwierdzają także nieco wyższe wartości wskaźnika N_m dla gliny poziomu II i IV (do 10,7) i niższe jego wartości dla gliny poziomu III (8,1—9,6). A więc materiał poziomu III charakteryzuje większa jednorodność akumulacyjna niż materiał poziomu II i IV.

GENETYCZNA KLASYFIKACJA OSADÓW ZWAŁOWYCH Z DOLINY WILKOWSKIEJ I PRZEBIEG PROCESÓW SEDYMENTACYJNYCH

Badania przeprowadzone nad gliną zwałową z Doliny Wilkowskiej dały podstawę do wyróżnienia w profilu pionowym odsłonięcia czterech poziomów akumulacji lodowcowej (fig. 2).

Najniżej leżącym i zarazem najstarszym poziomem akumulacji lodowcowej o znacznie zredukowanej miąższości jest poziom I, który ze względu na budujący go materiał frakcji gładzowej z nieznaczną domieszką materiału drobniejszego określono jako bruk gładzowy (fig. 2, 3, 4 i 5I). Stanowi on niewątpliwie residuum powstałe z rozmycia przez wody lodowcowe utworów morenowych, składanych u czoła stagnującego lądolodu. Na taką genezę bruku wskazuje słabe upakowanie i bezładne ułożenie gładzików, pośród których obserwuje się przewagę skał krystalicznych (do 47%) nad mniej odpornymi skałami paleozoicznymi (do 40%) i mezozoicznymi (do 24%). Zdecydowana większość tego materiału jest dobrze obtoczona (fig. 8, tab. 8), a w zespole mineralno-petrograficznym, nielicznej frakcji piaszczystej, dominuje kwarc (do 22%), skałenie (do 12%) oraz okruchy skał krystalicznych (do 14,5%). Wszystkie te cechy oraz duży udział minerałów przezroczystych (do 80%) ze znacznym udziałem minerałów ciężkich z grupy granatu (do 32%) i cyrkonu (do 27%), jak również w składzie chemicznym przewaga krzemionki (do 87%), wskazują na istnienie dogodnych warunków do przemywania przez wodę składanych w Dolinie Wilkowskiej utworów zwałowych przez jeden ze starszych lądolodów.

Z nawiązania do chronologii epoki plejstocenijskiej dokonanej przez Lindnera (1977) i wyznaczonych przez tego autora w zachodniej części Gór Świętokrzyskich zasięgów stadialnych i fazalnych podczas zlodowacenia krakowskiego wynika, że opisany bruk morenowy może być odpowiednikiem gliny wyznaczającej maksymalny zasięg lodu, który wpłynął w Dolinę Wilkowską w fazie przedmaksymalnej stadialu maksymalnego tego zlodowacenia. Również tego wieku, ale osadzony w okresie transgresywnym tej fazy byłby żwir drobno- i gruboziarnisty zalegający w spągu bruku. Natomiast z okresami uwalniania spod lądolodu strefy

badanego odsłonięcia należałoby wiązać zalegającą ponad brukiem serię piasków z wkładkami żwirów i żwiry (fig. 2). Seria ta ma charakter akumulacji sandrowej.

Ukazujące się w spagu odsłonięcia laminowane horyzontalnie mułki mają wszystkie cechy osadu zastoiskowego. Są one zapewne odpowiednikiem istniejących w Górach Świętokrzyskich jeziorzysk zaporowych, powstałych w wyniku zatamowania wód dolinnych przez transgredujący lądolód stadiału przedmaksymalnego zlodowacenia krakowskiego. Problem tworzenia się jeziorzysk zaporowych w Górach Świętokrzyskich poznano dzięki pracom Lindnera (1971, 1977), Łyczewskiej (1971, 1972), Różyckiego (1972b) i innych. Według Czarnockiego (1927, 1931) i Lindnera (1977) produktem wyjściowym dla mułków zastoiskowych były pokrywy najstarszego lessu na stokach, zmywane w warunkach klimatu peryglacjalnego.

Typowe gliny zwałowe, które nieznacznie uległy przekształceniu post-sedymentacyjnemu, zalegają w stropie odsłonięcia jako poziomy: II, III i IV (fig. 2).

Glina poziomu II leży bezpośrednio na piaskach i żwirach sandrowych. Strop serii sandrowej wykazuje ślady erozyjnego zniszczenia, świadczące o przerwie czasowej w sedymentacji. Przerwę tę dokumentuje dodatkowo stwierdzona w tych piaskach doskonale rozwinięta klinowa struktura mrozowa (fig. 3). Glina poziomu II jest zatem efektem ponownego nasunięcia lądolodu. Charakteryzuje ją znaczne zubożenie w materiał pyłowy i ilasty (fig. 5, tab. 1), mały stopień upakowania materiału bez widocznych makroskopowo śladów orientacji składników. Obtoczenie zaś materiału głazowo-żwirowego i piaszczystego jest nieco gorsze niż wyżej leżących poziomów (tab. 8, fig. 8). Porównując te cechy z współczesnymi środowiskami glacialnej sedymentacji opisanymi przez Flinta (1971) i Boultona (1972, 1976) i dokonanej przez tych autorów klasyfikacji osadów morenowych, sądzić możemy, że poziom II w ujęciu Flinta reprezentuje ablacyjny osad morenowy (ang. ablation till) a w ujęciu Boultona — spływowy osad morenowy (ang. flow till). Tworzenie się tego typu gliny odbywało się nierzadko przy udziale przepływów wodnych. Na ślady tych przepływów w opisywanym poziomie wskazuje duży udział materiału głazowo-żwirowego i piaszczystego oraz soczewki i przewarstwienia piasku. Ten typ osadów składa się zasadniczo z materiału uwolnionego z powierzchni stagnującego lodu, przemieszczonego grawitacyjnie po powierzchni stoków lodowych.

W składzie petrograficznym materiału, obok nielicznych składników skandynawskich (8—12%), główną masę stanowi mezozoiczny i paleozoiczny materiał lokalny (tab. 2). Również w składzie mineralno-petrograficznym frakcji piaszczystej dominują okruchy skał świętokrzyskich (tab. 4). Minerale ciężkie z grupy przezroczystych mają tu z kolei najmniejszy udział (tab. 5). Fakty te zdają się sugerować, że miąższość łą-

dołodu w strefie badanego odsłonięcia była nieznaczna, gdyż mimo ablacyjnej genezy gliny, przeważa w niej materiał miejscowy, pobierany na drodze egzaracji z paleozoicznego i mezozoicznego podłoża Gór Świętokrzyskich i zalegający w dolnej strefie lodowca.

Glina ta w nawiązaniu do wyników pracy Lindnera (1977) może być odpowiednikiem wkroczenia łądolodu fazy maksymalnej stadiału maksymalnego zlodowacenia krakowskiego w obrębie Gór Świętokrzyskich. Zachowany w stropie tej gliny brucek gładzikowo-żwirowy, znaczący przerwę w sedimentacji, zdaje się wskazywać na lokalne wahnięcie klimatu, które się objawiło uwolnieniem na krótko od lodu badanego obszaru. Potwierdza to nadległa glina poziomu III, reprezentująca całkowicie odmiennie procesy akumulacji glacialnej.

Glina poziomu III, świadcząca o ponownym wkroczeniu łądolodu fazy maksymalnej na badany obszar, jest osadem w 80% ilasto-pylastym, barwy wiśniowej, różniącym się większością cech od gliny poziomu II. Powstawała ona w procesie wytapiania i gromadzenia materiału pod podstawą aktywnego lodowca i dlatego też reprezentuje dennny osad morenowy (ang. *ledgement till*). Za taką genezą tej gliny i miejscem depozycji przemawia przede wszystkim duży stopień jej kompaktacji, częsta pozioma oddzielność i przypadki wyraźnej poziomej orientacji płaskich składników gładzowych. Szczególną cechą, potwierdzającą przesuwanie się lodowca podczas depozycji tej gliny, są liczne przemazy i smugi zalegającym w jej spągu materiałem piaszczystym bądź żwirowym (fig. 3). Taki typ gliny i mechanizm akumulacji na obszarach współcześnie zlodowaczonych opisuje m. in. Flint (1971) i Boulton (1972, 1976), a dla osadów kopalnych w Polsce — Lindner i Ruszczyńska-Szenajch (1977).

Odkładanie gliny poziomu III od spągu transgredującego lodowca potwierdza dodatkowo w dużej części lokalny charakter materiału. We frakcji gładzowo-żwirowej dominują osadowe skały miejscowe wieku paleozoicznego (do 49%) i mezozoicznego (do 33%), których obtoczenie, jak i frakcji piaszczystej, jest nieco lepsze niż w poziomie II (fig. 8, tab. 8). Stwierdzony także w składzie mineralno-petrograficznym domieszki piaszczystej duży udział kwarcu (do 40%), a w zespole minerałów ciężkich granatu, cyrkonu, turmalinu oraz rutylu, może mieć m. in. lokalny charakter. Występowanie tych minerałów jest znane w skałach paleozoicznych Gór Świętokrzyskich (Morawiecki 1927, Radziszewski 1928) bądź w skałach osłony mezozoicznej (Pawlica 1920).

W świetle przytoczonych faktów miejscem alimentacji dużej części materiału grubszego były skały trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich. Natomiast materiał ilasto-pylasty, który nadał glinie barwę wiśniową wiąże się niewątpliwie ze skałami podłoża w północnym i północno-zachodnim obrzeżeniu trzonu paleozoicznego. Skały te należą do środkowego i dolnego pstręgo piaskowca i reprezentują je głównie piaskowce czerwone z ilami wiśniowymi. One to stanowiły źródło materiału

ilasto-pylastego, który w spągu lodowca przeniesiony został aż do Doliny Wilkowskiej. Materiał ten m. in. zdecydował także, że w składzie chemicznym obok krzemionki (do 73%) najliczniejszy jest tlenek glinu (do 11,5%).

Akumulacja gliny poziomu III została przerwana zmianą warunków wytapiania materiału z lodu. Być może, że zmiana ta nastąpiła pod wpływem ponownego wahnięcia klimatu podczas fazy maksymalnej stadiału maksymalnego, cofnięcia się lądolodu i ponownego jego wkroczenia już na zniszczoną w stropie glinę poziomu III. W każdym bądź razie skutkiem tych zmian jest glina poziomu IV, powstała w warunkach odmiennej dynamiki lodu.

Podobieństwo strukturalne osadów gliny poziomu IV do osadów gliny poziomu II, głównie bezładne i w miarę luźne ułożenie materiału, wkładki i przewarstwienia piaszczyste oraz zubożenie w materiał ilasto-pylasty i gorsze obtoczenie zespołu gładowo-żwirowego niż w poziomie III, wskazuje na ablacyjną jej genezę. Różnica wynika jedynie z większego udziału w poziomie IV niż w poziomie II materiału skandynawskiego w zespole gładowo-żwirowym (do 36%), a w składzie mineralnym frakcji piaszczystej — kwarcu i skaleni (łącznie 62%). Fakty te dowodzą, że podczas ablacji powierzchniowej mięszość lądolodu była na tyle duża, że materiał egzaracyjny w podstawie stagnującego lodu nie był osiągany przez tę ablację i w zasadzie nie brał udziału w procesie wytapiania. Nie można także wykluczyć ewentualności panowania w przypadku poziomu IV i II różnych warunków do egzaracji. Zwrócili uwagę na ten problem Lindner i Ruszczyńska-Szenajch (1977). Problem ten dostrzega także Boulton (1976) na obszarach zlodowaconych współcześnie.

Warunki akumulacji lodowcowej kończą się na glinie poziomu IV. Od tej pory panują warunki sprzyjające na przemian erozji i akumulacji rzecznej, która prowadzi do rozcinania osadów lodowcowych i tworzenia się przetrwałego do dziś układu dolin z różnowiekowymi poziomami zasypania. Gлина zwałowa w strefach międziodolinnnych podlega ponadto denudacji powierzchniowej w warunkach zmieniającego się cyklicznie klimatu po zlodowaceniu krakowskim. W strefie badanego odsłonięcia świadczą o tym tkwiące w piaskach i mułkach rzecznych przemieszczone pakiety i bryły gliny poziomu IV oraz rozwinięty w serii rzecznej klin mrozowy, przecinający także górne poziomy gliny (fig. 2).

Maszynopis nadesłano IX 1978,
przyjęto do druku XII 1978

WYKAZ LITERATURY — REFERENCES

- Boulton G. S. (1972), Modern Arctic glaciers as depositional models for former ice sheets. *J. Geol. Soc.*, 128, pp. 361—394, London.
- Boulton G. S. (1976), A genetic classification of tills and criteria for distinguishing tills of different origin. W: Till — its genesis and diagenesis. *UAM, Geografia*, 12, pp. 65—80, Poznań.
- Czarnocki J. (1927), O zlodowaceniach środkowej części Gór Świętokrzyskich (Sur les glaciations de la partie centrale du Massif de St. Croix). *Posiedz. nauk. PIG*, 17, pp. 18—21, Warszawa.
- Czarnocki J. (1931), Dyluwium Gór Świętokrzyskich (Diluvium der Święty Krzyż Gebirge). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 7, pp. 85—105, Kraków.
- Falkiewicz A. (1962), Właściwości fizyczno-mechaniczne glin zwałowych środkowego Mazowsza (Physico-mechanical properties of boulder clays in the Middle Masovia area). *Biul. geol.*, 2, pp. 3—128, Warszawa.
- Flint R. F. (1971), Glacial and quaternary geology. 892 p. Wiley and Sons, New York.
- Folk R. L., Ward W. C. (1957), Brazos River bar, a study in the significance of grain-size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, 27, pp. 3—27, Tulsa-Oklahoma.
- Gronkowska B., Kenig K. (1974), Profil glin zwałowych w Szwajcarii koło Suwałk (Profile of tills at Szwajcaria near Suwałki). *Zesz. nauk. UAM, Geografia*, 10, pp. 137—147, Poznań.
- Karczewski A. (1963), Morfologia, struktura i tekstura moreny dennej na obszarze Polski Zachodniej (Morphology, structure and texture of the ground moraine area of Western Poland). *Pozn. TPN, Wydz. Mat.-Przyrod. Pr. Kom. Geogr.-Geol.*, 4, z. 2, pp. 3—11, Poznań.
- Kembula W., Hulanicki A. (1956), Spektralna analiza emisyjna (in Polish only). PWN, Warszawa.
- Klatka T. (1965), Geomorfologia Gór Świętokrzyskich (Geomorphology of the Świętokrzyskie Mountains, Holy Cross Mts.). *Rocz. Gleb.*, 15, pp. 129—162, Warszawa.
- Коптев А. Н. — Коптев А. Н. (1960), Некоторые результаты сопоставления минералогического состава дочетвертичных и четвертичных отложений Белоруссии. Вести АН БССР, сер. физ.-техн. наук, 4, Минск.
- Kosmowska-Suffczyńska D. (1972), Z badań nad zasięgiem zlodowacenia środkowopolskiego w Górach Świętokrzyskich, Pasma Jeleniowskie — Dolina Kamiennej (The Extent of the Middle Polish Glaciation in Holy Cross Mountains-Southern Poland). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 42, pp. 93—104, Kraków.
- Kostrzewski A., Krygowski B. (1967), Zmienność glin morenowych Polski północno-zachodniej w zakresie uziarnienia i obróbki (Variability of glacial tills in Western Poland referring to the size and abrasion of grains). *Zesz. nauk. UAM, Geografia*, 7, pp. 51—58, Poznań.
- Krumbein W. C. (1939), Preferred orientation of pebbles in sedimentary deposits. *J. Geol.*, 47, pp. 673—706, Chicago.
- Krygowski B. (1956), Z badań granulometrycznych nad utworami plejstocen-skimi w Polsce Zachodniej (Granulometric Investigations of the Pleistocene of Western Poland). *Biul. Inst. Geol.*, 100, pp. 503—601, Warszawa.
- Krygowski B. (1964), Graniformometria mechaniczna — teoria i zastosowanie (Die mechanische graniformometrie — theorie und anwendung). *Pozn. TPN. Wydz. Mat.-Przyrod. Pr. Kom. Geogr.-Geol.*, 2, z. 4, pp. 3—112, Poznań.
- Kuhl J. (1931), Sprawozdanie z badań petrograficznych nad utworami środkowo-kambryjskimi Gór Pieprzowych (in Polish only). *Pos. Nauk. PIG*, 29, pp. 24—26, Warszawa.

- Kulesza-Wiewióra K. (1975), Badanie składu mineralnego metodą rentgenostrukturalną (in Polish only). W: Metody badań gruntów spoistych, WG, pp. 120—140, Warszawa.
- Lindner L. (1971), Stratygrafia plejstocenu i paleogeomorfologia północno-zachodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (Pleistocene stratigraphy and paleogeomorphology of the north-western margin of the Holy Cross Mountains, Poland). *Stud. geol. pol.*, 35, pp. 1—113, Warszawa.
- Lindner L. (1977), Zlodowacenia plejstoceńskie w zachodniej części Gór Świętokrzyskich (Pleistocene glaciations in the western part of the Holy Cross Mountains). *Stud. geol. pol.*, 53, pp. 1—143, Warszawa.
- Lindner L., Ruszczyńska-Szenajch H. (1977), Zagadnienie genetycznego zróżnicowania glin zwałowych i osadów pokrewnych (The problem of genetic differentiation of tills and related deposits). *Prz. geol.*, 8—9, pp. 432—433, Warszawa.
- Łukaszew W. K. (1969), On geochemical features of moraine deposits of various glaciations in Byelorussia and Poland (Geochemiczne właściwości osadów morenowych różnych zlodowaceń na terytorium Białorusi i Polski). *Zesz. nauk. UAM, Geografia*, 8 pp. 119—127, Poznań.
- Łyczewska J. (1959), Czwartorzęd regionu świętokrzyskiego w świetle aktualnej problematyki (Quaternary of the Holy Cross region in the light of actual problematic). *Prz. geol.*, 2, pp. 86—91, Warszawa.
- Łyczewska J. (1971), Czwartorzęd regionu świętokrzyskiego (The Quaternary of the Góry Świętokrzyskie Region). *Pr. Inst. Geol.*, 64, pp. 5—108, Warszawa.
- Łyczewska J. (1972), Niektóre problemy czwartorzędu regionu świętokrzyskiego (Problems of Quaternary Investigations in the Holy Cross Mts.). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 42, pp. 81—92, Kraków.
- Mojski J. E., Rzechowski J. (1967), Niektóre wyniki badań petrograficzno-litologicznych nad utworami czwartorzędowymi Polski wschodniej i środkowej (Some results of petrographic-lithological research of quaternary deposits in eastern and central parts of Poland). *Zesz. nauk. UAM. Geografia*, 7, pp. 131—147, Poznań.
- Morawiecki A. (1927), Przyczynek do znajomości kwarcytów łysogórskich (Contribution à la connaissance des quartzites des Łysogóry Massif de Ste-Croix). *Arch. mineral.*, 3, pp. 114—118, Warszawa.
- Pawlica W. (1920), Ilaste rudy żelazne Starachowic (Sur les minerais de fer argileux de Starachowice). *Spraw. PIG*, 1, pp. 1—71, Warszawa.
- Prószyński M. (1949), Sposób rozbioru uziarnienia gruntu (in Polish only) *Mikrotechnika* (maszynopis powielony), Warszawa.
- Raciniowski R. (1969), Badania granulometryczne i mineralogiczno-petrograficzne glin zwałowych Polski Wschodniej (Grains-size and mineralogical-petrographic analysis of tills from Eastern Poland). *Biul. Inst. Geol.*, 220, pp. 289—323, Warszawa.
- Radziszewski P. (1928), Przyczynek do petrografii dolnego kambru we wschodniej części Gór Świętokrzyskich (Contribution à la pétrographie du Cambrien inférieur dans la partie orientale du Massif de Ste-Croix, Pologne Centrale). *Spraw. PIG*, 4, pp. 500—535, Warszawa.
- Raukas A. (1974), The peculiarities of the mineralogical composition of the Würmian till of Estonia (Właściwości składu mineralnego Würmskich moren Estonii). *Zesz. nauk. UAM. Geografia*, 10, pp. 41—51, Poznań.
- Różycki S. Z. (1972a), Plejstocen Polski środkowej (in Polish only). PWN, Warszawa.
- Różycki S. Z. (1972b), Problemy czwartorzędu Gór Świętokrzyskich (Problems

- of Quaternary deposits of the Holy Cross Mts. Southern Poland). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 42, pp. 67—80, Kraków.
- Rukhina E. V. (1974), Moraines belonging to the last glaciation of the North-West part of the USSR (Moreny ostatniego zlodowacenia w NW części Rosyjskiej Republiki Radzieckiej). *Zesz. nauk. UAM. Geografia*, 10, pp. 53—58, Poznań.
- Rzechowski J. (1966), Genetyczna klasyfikacja osadów morenowych (Genetic Classification of Morainic Deposit). *Kwart. geol.*, 13, z. 2, pp. 459—478, Warszawa.
- Rzechowski J. (1971), Granulometryczno-petrograficzne własności glin zwałowych w dorzeczu środkowej Widawki (Granulometric-petrographic Properties of the Till in Drainage Basin of the Middle Widawka). *Biul. Inst. Geol.*, 254, pp. 111—155, Warszawa.
- Rzechowski J. (1974), O litotypach glin zwałowych dolnego i środkowego pleistocenu na Niziu Polskim (On lithotypes of Lower and Middle Pleistocene tills in Polish Lowland). *Zesz. nauk. UAM, Geografia*, 10, pp. 87—99, Poznań.
- Stankowska A. (1970), Minerale ilaste i własności sorpcyjne glin morenowych jako funkcja ich wieku (Mineral composition and sorption properties of boulder clays as function of their age). *Pozn. TPN. Wydz. Mat.-Przyrod. Prace Kom. Geogr.-Geol.*, 11, z. 1, pp. 1—93, Poznań.
- Trembaczowski J. (1967), Granulometryczno-petrograficzna charakterystyka glin zwałowych wysoczyzny północnokonińskiej (Granulometric-petrographic Characteristic of Till in the North-Konin High-Plain). *Pr. Inst. Geol.*, 48, pp. 147—162, Warszawa.
- Wadell H. (1932), Volume, shape and roundness of rock particles. *J. Geol.*, 40, pp. 443—451, Chicago.

SUMMARY

The paper presents results of field and laboratory studies of postglacial formations found in the Wilkowska Valley near the Ciekoty village (Fig. 1) in the Świętokrzyskie Mountains (Central Poland). The vertical profiles of these formations displays a horizon of boulder pavement and three horizons of boulder clay (Fig. 2—4). The present study gives their detailed characteristics (Fig. 5—8) (sedimentary structures, results of granulometric analysis, petrographic composition of pebbles and gravels, content of heavy and argillaceous minerals, results of chemical analyses) and points to their diversified characteristics connected with different conditions of smelting material from ice and diverse processes active throughout the accumulation period.

In connection with the chronology of Pleistocene in the Świętokrzyskie Mts. region, presented by Lindner (1977), formation of glacial deposits in the Wilkowska Valley should be attributed to a few phases (inclusive of the maximum phase) of the Kraków maximum glaciation stage.

