

BUDOWA WEWNĘTRZNA KUTNOWSKIEJ MORENY CZOŁOWEJ (WYSOCZYNA KŁODAWSKA, CENTRALNA POLSKA) – – PRZYCZYNEK Z DOKUMENTACJI BYŁYCH WYROBISK EKSPLOATACYJNYCH

**Internal structure of the Kutno end moraine (Kłodawa Plateau, central Poland):
contributions from documentation of former mining excavations**

MAŁGORZATA ROMAN¹ 

Zarys treści. Morena kutnowska to najwyraźniej zaznaczony w rzeźbie Polski Środkowej łuk morenowy powstały w czasie recesji lądolodu stadiału warty zlodowacenia odry (MIS 6). Sposób jej formowania interpretowany był różnorodnie: jako typowy wał moreny akumulacyjnej, forma spiętrzona glaciotektonicznie, a także jako relikty po wałach lodowo-morenowych. Dla uzupełnienia wiedzy o budowie wału morenowego w jego najwyższej, centralnej części, przedstawiono dotychczas niepublikowane materiały zdjęciowe odsłoneń i badania litofacjalne osadów z lat 2003–2005 oraz 2017 roku, dokumentujące ściany obecnie już niefunkcjonujących żwirowni. Określono, że moreny są zbudowane z osadów wskaźnikowych dla proksymalnych części stożków glacimarginalnych formowanych w wyniku zalewów warstwowych, spływów ziarnowych oraz gęstych spływów gruzowych. Udział deformacji kompresyjnych związanych z naciskiem lądolodu jest znikomy, a zaburzenia osadów powodowane były głównie przez spływy grawitacyjne i osiadanie. Uznano, że moreny kutnowskie należą do typu moren akumulacyjnych.

Słowa kluczowe: moreny czołowe, analiza litofacjalna, plejstocen, recesja lądolodu stadiału warty, Wysoczyzna Kłodawska

Abstract. The Kutno moraine is the most clearly expressed end-moraine ridge from the recession of the Warta ice sheet (Late Saalian) of the Odra Glaciation (MIS 6) in the relief of Central Poland. Its formation has been interpreted in various ways: a typical accumulative end-moraine, a glaciotectonically controlled form, and also as relicts of ice-moraine ridges. To supplement the knowledge about the structure of the moraine ridge in its highest, central part, previously unpublished photographic materials of outcrops and lithofacies studies of sediments from 2003–2005 and 2017 were presented that document the walls of now-defunct gravel pits. It was found that the moraines are composed of sediments indicative for the proximal parts of glaciomarginal fans formed as a result of sheet floods, grain flows and cohesive debris flows. The contribution of compressive deformations related to the pressure of the ice sheet is negligible, and sediment disturbances are mainly caused by gravity flows and subsidence. It was found that the end moraines of Kutno have an accumulative nature.

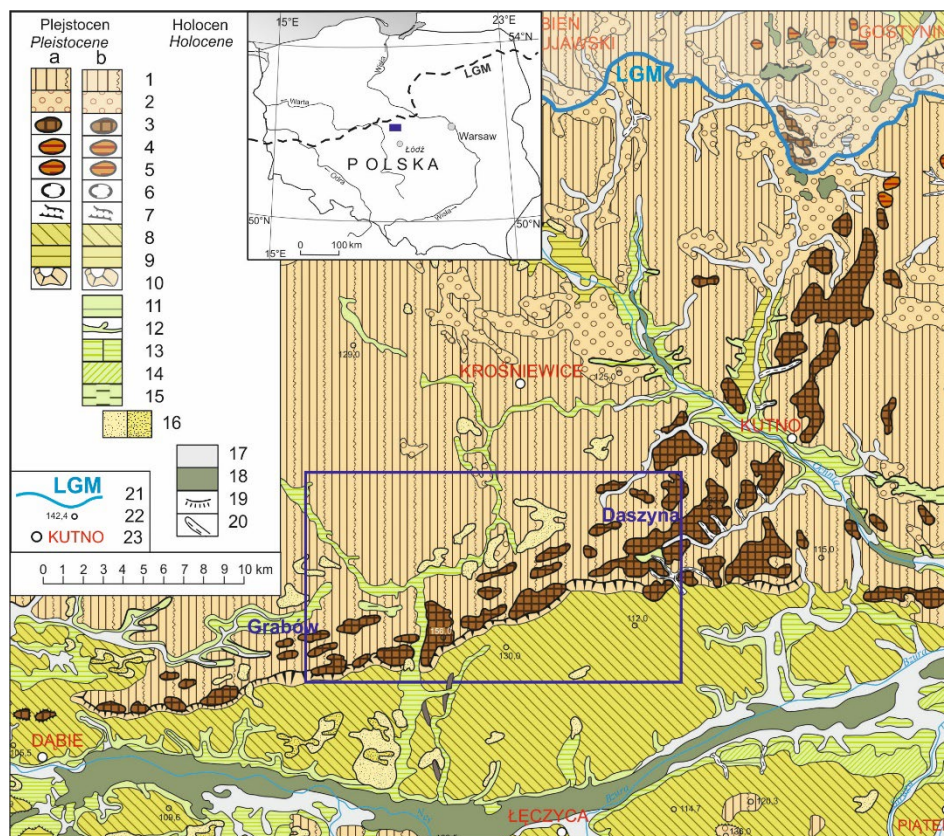
Key words: end moraines, lithofacial analysis, Pleistocene, recession of the Warta Stadial ice sheet, Kłodawa Plateau

Wstęp

W południowej części Wysoczyzny Kłodawskiej, około 50 km na północ od Łodzi, występuje szereg wydłużonych wzniesień tworzących charakterystyczny element rzeźby tego obszaru wyrażony jako łukowato wygięty ciąg morenowy o przebiegu SW–NE, znany jako morena kutnowska (Lencewicz 1927) lub moreny kutnowskie (Do-

mośławska-Baraniecka 1961a). Pasma morenowe rozciąga się od Dąbia nad Nerem poprzez Grabów, Daszynę, Kutno aż po Sieraków na S od Gostynina (rys. 1). Jak dotąd nie określono jednoznacznie genezy tej formy, głównie z uwagi na wgląd w jej strukturę wewnętrzną na podstawie nielicznych, funkcjonujących w tym samym czasie odsłoneń. Wcześniejsze dociekania na ten temat dotyczyły określenia, czy jest to morena aku-

¹ Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geologii i Geomorfologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; e-mail: malgorzata.roman@geo.uni.lodz.pl, ORCID: 0000-0001-7500-8400



Rys. 1. Morena kutnowska na mapie geomorfologicznej regionu łódzkiego (Turkowska 2006; uproszczone)

PLEJSTOCEN: a – stadiał warty zlodowacenia odry, b – zlodowacenia wisły; 1 – wysoczyzny morenowe, 2 – wysoczyznowe równiny wodnolodowcowe, 3 – pagórki czołowomorenowe, 4 – kemy, ozy i inne formy szczelinowe i przetałnowe, 5 – moreny martwego lodu, 6 – rozległe zagłębienia różnej genezy i niecki glacialne, 7 – rynny i inne doliny glacialne, 8 – fluwioglacialne poziomy erozyjne i niższe poziomy wysoczyznowe, 9 – wodnolodowcowe, akumulacyjne poziomy dolinne, 10 – strome stoki różnej genezy, głównie wysoczyznowe, 11 – równiny denudacyjne, 12 – stoki i doliny denudacyjne, 13 – wyższe i niższe akumulacyjne poziomy dolinne, 14 – poziomy erozyjne i erozyjno-denudacyjne, 15 – równiny akumulacji rozlewiskowej, 16 – pokrywy eoliczne i wydmy;

HOLOCEN: 17 – dna dolin, 18 – równiny torfowe, 19 – podcięcia erozyjne, 20 – wąwozy, parowy i inne dolinki, 21 – maksymalny zasięg lądolodu zlodowacenia wisły (wg Roman 2010), 22 – punkty wysokościowe [m n.p.m.], 23 – nazwy miejscowości

Kutno moraine on geomorphological map of Łódź region (Turkowska 2006; simplified)

PLEISTOCENE: a – Late Saalian, b – Vistulian/Weichselian; 1 – morainic plateaux, 2 – glaciofluvial plains, 3 – end moraines, 4 – kames, eskers and other crevice forms, 5 – dead-ice moraines, 6 – extensive depressions of various origin, 7 – troughs and other glacial valleys, 8 – glaciofluvial erosion levels and lower morainic plateau levels, 9 – outwash accumulative valley levels, 10 – steep slopes of various origin, 11 – denudation plains, 12 – denudation slopes and valleys, 13 – higher and lower accumulation valley levels, 14 – erosional and erosional-denudation levels, 15 – flood accumulation plains, 16 – aeolian covers and dunes;

HOLOCENE: 17 – valley bottoms, 18 – peat plains, 19 – erosional undercuts, 20 – ravines, gullies and other valleys, 21 – Last Glacial Maximum limit (according to Roman 2010), 22 – elevation [m a.s.l.], 23 – names of towns

mulacyjna (Jewtuchowicz 1967; Drażczyk, Roman 2019; Drażczyk 2020), czy glacictektonicznie spiętrzona (Domosławska-Baraniecka 1961a, b), a ostatnio także, czy jest to strefa występowania moren i form szczelinowych (Kucharska, Krawczyk 2022), czy też form reliktowych po wałach lodowo-morenowych (Włodarski i in. 2023). Wiek moreny natomiast nie budzi obecnie wątpliwości – określany jest na stadiał warty zlodowacenia odry (MIS6, Late Saalian), a ściślej na okres recesji lądolodu warciańskiego (Turkowska 2006;

Drażczyk 2020; Kucharska, Krawczyk 2022). Celem artykułu jest dostarczenie informacji o budowie wewnętrznej jednego z najlepiej wyrażonego w rzeźbie Polski Środkowej łuku morenowego, z nadzieją jej przydatności ku dalszym rozważaniom na temat mechanizmów kształtowania moreny kutnowskiej podejmowanym obecnie przez badaczy. Przedstawiono niepublikowane dotychczas materiały dokumentujące stan odsłoneń z lat 2003–2005 i 2017 roku, w tym badania litofacjalne osadów z czterech (Bowętów, Sławęcín, Góry



Rys. 2. Lokalizacja stanowisk na mapie topograficznej
Location of research sites on topographic map

Tabela 1

Kod litofacjalny zastosowany w pracy

Lithofacial code used in the work

Kod litofacji/ <i>Lithifacial code</i>	Typ litofacji, uziarnienie, struktura sedimentacyjna/ <i>Lithofacial type, granulation, sedimentary structure</i>
D/DGB/DG/DS/DF	diamikton/diamikton żwirowo-głazowy/ diamikton żwirowy / diamikton piaszczysty/diamikton mułowo-ilasty
Dm	diamikton o rozproszonym szkielecie ziarnowym, masywny
Dms	diamikton o rozproszonym szkielecie ziarnowym, warstwowany
Dmg	diamikton o rozproszonym szkielecie ziarnowym z gradacją klastów
Dmc	diamikton o zwartym szkielecie ziarnowym, masywny
G/GS/GD	żwir/żwir piaszczysty/ żwir diamiktonowy
Gm	żwir masywny
Gmc	żwir masywny o zwartym szkielecie ziarnowym
Gh	żwir o warstwowaniu horyzontalnym
S/ SG/SF	piasek/piasek żwirowy/piasek mułowy
Sm	piasek masywny
Sh	piasek o warstwowaniu horyzontalnym
F/ FS	muł, il/ muł piaszczysty
FSH	muł piaszczysty o laminacji horyzontalnej
d	struktura deformacyjna
e	struktura erozyjna dużej skali

Jackowskie, Sławoszew) obecnie nieczynnych żwirowni zlokalizowanych w najwyższej partii wału morenowego między Grabowem a Daszyną (rys. 2). Opisy litofacji wykonano, używając kodu zamieszczonego w Tabeli 1.

Sytuacja geomorfologiczna i geologiczna

Morena kutnowska to wyraźnie zaznaczony w rzeźbie centralnej Polski pas wzniesień czołowomorenowych, odległy o kilka do 20 km od granicy maksymalnego zasięgu ostatniego lądolodu (rys. 1). W swym zarysie tworzy on łuk o długości około 50 km wypukłością skierowany ku SE, a kształtem oddający przebieg czoła lobu lodowcowego. Najlepiej zaznaczona w rzeźbie terenu jest środkowa część łuku morenowego, między Grabowem a Daszyną, położona około 15 km na północ od Łęczycy. Można tu wyróżnić trzy równoległe „pasma” morenowe, przy czym zewnętrzne (południowe) osiągające wysokość 145–160 m n.p.m. jest najbardziej wyraziste, a wewnętrzne są położone na 120–125 m n.p.m. Południową granicę moren kutnowskich, a zarazem granicę między wysoczyzną morenową falistą i płaską, wyznacza stok denudacyjny o nachyleniu do 5,5°. Wysokość względna wału w stosunku do położonej na południu równiny (niższego poziomu wysoczyznowego) przekracza 45 m, jednak względem bezpośrednio otaczającej wysoczyzny morenowej jest to 20–30 m wyżej. Stoki północne wału są łagodniej nachylone (do 2°) i spokojnie przechodzą w lekko falistą równinę morenową. Na przedpolu moreny kutnowskiej jedynie sporadycznie występują sandry, co podkreślano w wielu pracach, zwracając jednocześnie uwagę na asymetrię stoków formy morenowej (Domosławska-Baraniecka 1961a, 1968; Jewtuchowicz 1967; Drążczyk 2018). Między Sławęcinem i Górami Jackowskimi ciąg morenowy rozcina biegnąca południkowo, głęboko wcięta dolina (rys. 1, 2), która funkcjonować mogła jako rynnna w czasie recesji lądolodu warciańskiego, a następnie podczas nasunięcia lądolodu zlodowacenia wisły była drogą odpływu wód roztopowych ku południowi. Elementem charakterystycznym rzeźby analizowanego obszaru są liczne wyrobiska poeksploatacyjne, których między Grabowem a Daszyną jest co najmniej 20, a funkcjonowały one z przerwami, w różnych latach, w zależności od zapotrzebowania na wydobywane tam surowce okruchowe. Powierzchnię obszaru zajętego przez wał moreny

kutnowskiej między Grabowem i Daszyną tworzą wyłącznie osady czwartorzędowe (Brzeziński, Krawczyk 2008; Kucharska, Krawczyk 2022), głównie plejstocenijskie, związane z ostatnim na tym terenie lądolodem stadiału warty zlodowacenia odry (MIS 6, Late Saalian), który sięgnął daleko na południe od analizowanego obszaru, aż po okolice Radomska (Marks i in. 2022). Kulminacje wzniesień morenowych są zbudowane zazwyczaj z gliniastych żwirów z gładzami, glin (diamiktonów) bogatych w materiał grubookruchowy, a rzadziej z osadów żwirowo-piaszczystych. Ciąg moreny kutnowskiej ku NE niejednokrotnie znaczą już tylko gładzowiska (Szałamacha 1991, 1996). W obniżeniach międzywałowych najczęściej występuje glina lodowcowa (morenowa), natomiast w części zachodniej terenu glinę pokrywa warstwa piaszczystych lub piaszczysto-żwirowych osadów glacialfluwialnych (porównaj Kucharska, Krawczyk 2022). Na przedpolu moreny kutnowskiej udział osadów sandrowych jest niewielki.

W odniesieniu do planu strukturalnego permomezozoiku analizowany obszar leży w obrębie wału kujawsko-pomorskiego, biegnącego z NW ku SE, od zachodu obejmującego fragment antykliny solnej Kłodawa–Łęczycza (Narkiewicz, Dadlez 2008). Poniżej utworów kenozoiku występują skały górnourajskie, a w części zachodniej terenu, w strefie przebiegu osi antykliny solnej, także skały starszych pięter jury. Strop jury występuje na zróżnicowanej wysokości, a jej deniwelacje są łagodzone przez wypełnienie obniżen osadami paleogenu i neogenu, które poza strefą występowania struktury solnej budują powierzchnię podczwartorzędową (porównaj Domosławska-Baraniecka 1968; Drążczyk 2018; Kucharska, Krawczyk 2022). Podłoże czwartorzędu występuje na wysokości 60–90 m n.p.m. Miąższość osadów czwartorzędowych jest znacznie zróżnicowana, od 30 m do 100 m, przy czym największą grubość pokrywy czwartorzędowej stwierdzono w strefie występowania wzniesień morenowych w Skrzynkach (Drążczyk 2018). Czwartorzęd budują głównie plejstocenijskie osady glacialne, przede wszystkim gliny lodowcove, od dwóch pokładów do sześciu pokładów, oraz rozdzielające je piaszczysto-żwirowe osady glacialfluwialne i muły glacialimiczne. Najstarsza glina, niekiedy dwudzielna, korelowana z kompleksem zlodowaceń południowopolskich (Cromerian–Elsterian) występuje w obniżeniach powierzchni podłoża czwartorzędu, zaś główną część pokrywy plejstocenijskiej stanowią gliny (2–4 pokłady) zlodowaceń środkowopolskich (Saalian). Na powierzchni występuje tylko glina stadiału warty zlodowacenia odry (Late Sa-

alian), a co istotne, nie stwierdza się odrębnego pokładu (dwudzielności) gliny warciańskiej na zapleczu moren kutnowskich. Przemawia to za fazowym postojem lądolodu w czasie formowania moren (porównaj Domosławska-Baraniecka 1968).

Opis stanowisk

Stanowisko Bowętów

Stanowisko Bowętów (rys. 2) znajduje się w zachodniej części najwyższej partii wału moreny kutnowskiej, na wysokości 149,5–150,5 m n.p.m. Do 2003 roku funkcjonowała tu żwirownia. Przedstawiona dokumentacja pochodzi z 2004 roku i dotyczy dwóch ścian wyrobiska, północnej (ściana A, 52°07'55" N; 19°02'09" E) i północno-zachodniej (ściana B; 52°07'53" N; 19°02'04" E) (rys. 3 i 4). Wówczas do obserwacji dostępny był profil osadów na długości ścian około 150 m. W profilu 3 m wysokości (rys. 3a – ściana A) wyróżniono osady glacyfluwialne (jednostka sedymentacyjna B1) i glacialne (B2), natomiast w profilu 4 m wysokości (rys. 3a – ściana A) dodatkowo zidentyfikowano osady glacialimniczne B3 (rys. 4).

Jednostki sedymentacyjne

- Jednostka żwirowo-piaszczysta B1

Jednostkę B1 reprezentują piaski, piaski ze żwirami, żwiry, a także żwiry diamiktonowe z pojedynczymi głazami. Cechą tych zróżnicowanych pod względem uziarnienia osadów jest brak struktur prądowych, dominujące warstwowanie poziome (Sh, SGh, GSh) oraz struktura masywna w utworach grubookruchowych (litofacje Gm, GDm). Litofacje mają pokrój tafłowy, miąższość 0,2–1,5 m i rozciągłość kilkudziesięciu metrów. Żwiry mają rozproszony szkielet ziarnowy, ponadto w masywnych żwirach występują pojedyncze głazy o średnicy do 0,3 m. Sekwencję osadów jednostki B1 charakteryzuje duża zmienność wielkości ziarna, miąższości poszczególnych litofacji oraz stopnia segregacji materiału, a także udział debrytu (osadu pochodzenia spływowego) (porównaj Pisarska-Jamroży 2006, 2008).

Interpretacja.

Charakter osadów i sukcesja litofacji w jednostce B1 wskazują, że jej powstanie miało miejsce w strefie glacy marginalnej. Deponowane na przedpolu lądolodu osady piaszczysto-żwirowe pochodziły z cyklicznych zalewów warstwowych o zmiennej intensywności przepływu (litofacje Sh, GSh, Gm) oraz ze spływów grawitacyjnych (GDm) typu przejściowego, między spływem ko-

hezyjnym a ziarnowym (*density-modified grain-flow*) (Paul, Eyles 1990; Zieliński, Van Loon 1996).

- Jednostka gliny morenowej B2

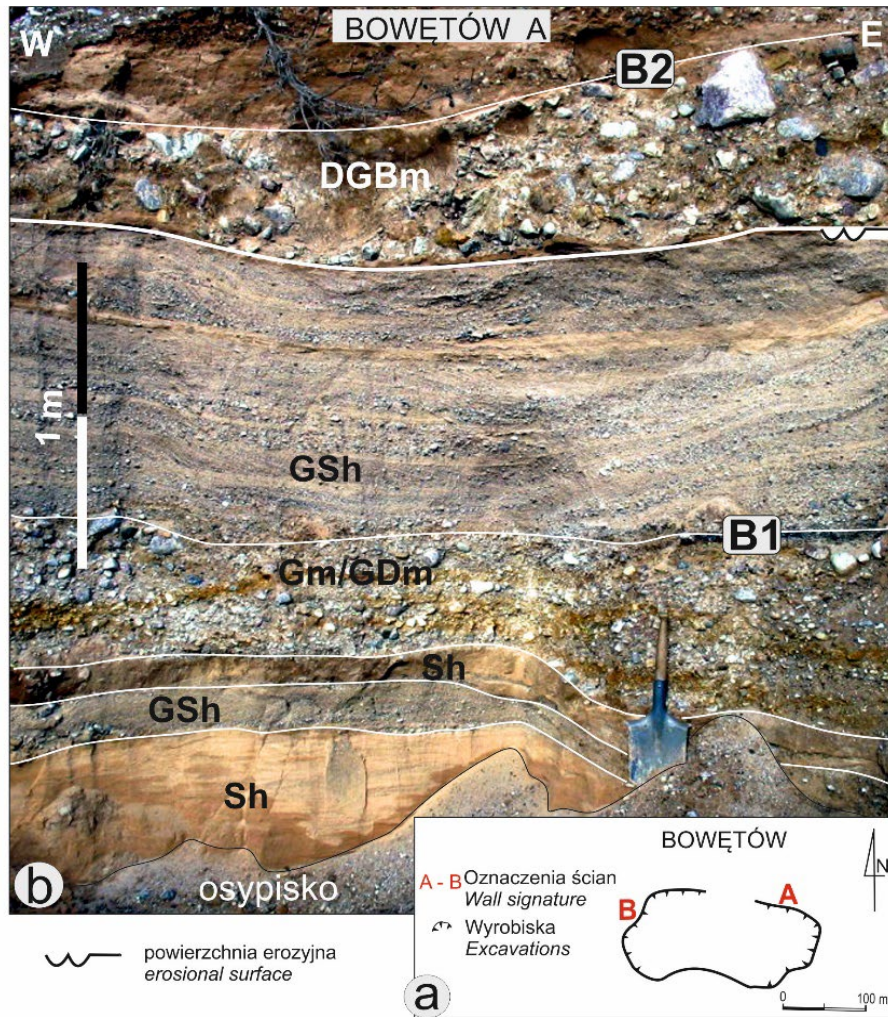
Osady tej jednostki sedymentacyjnej obserwowane były w ścianach żwirowni na długości około 150 m. Jednostka B2 ma zróżnicowaną miąższość od 0,4 m do co najmniej 2,0 m. Tworzą ją litofacje diamiktonowe, głównie masywny diamikton żwirowo-głazowy (DGBm) z pakietami diamiktonu żwirowo-głazowego o zwartym szkielecie ziarnowym (DGBmc) (rys. 3 i 4). Największe głazy w litofacji DGBm mają średnicę 0,8 m. Przejście między litofacjami diamiktonowymi (DGBm, DGBmc) jest stopniowe. Spąg diamiktonów jednostki B2 jest nierówny, zaś kontakt z niżej leżącymi osadami żwirowo-piaszczystymi (B1) erozyjno-obciążeniowy. Występowanie diamiktonów jednostki B2 ograniczone jest do strefy kulminacji oraz górnej części południowego skłonu wału morenowego w Bowętowie. Ku północy diamiktony przechodzą w cienki pokład masywnej brązowej gliny lodowcowej budującej tam powierzchnię terenu.

Interpretacja.

Litofacje diamiktonowe B2 deponowane były przez subaeralne gęste spływy kohezyjne typu *derbis flow* (litofacja DGBm) charakterystyczne dla strefy kontaktu lodowego (Lawson 1989; Zieliński, Van Loon 1996; Zieliński 1992, 2000; Pisarska-Jamroży 2006). Przy większym udziale wody w transporcie materiału gliniastego ulegał on lokalnie rozmywaniu, czego wyrazem jest obecność litofacji GDBmc. Sposób rozprzestrzenienia diamiktonów spływowych (górne partie wzniesienia) pozwala wiązać ich występowanie z procesami wytapiania i redepozycji materiału supraglacialnego ze stoku lodowego, wskazując także na jego krótki transport.

- Jednostka mułowo-piaszczysta B3

Osady jednostki B3 obecne są w północno-zachodniej ścianie odkrywki (rys. 4) i spoczywają na diamiktonach jednostki B2. W tej części wyrobiska budują one powierzchnię terenu, przy czym w stropie są silnie przekształcone w warunkach peryglacialnych, tak że doszło do zatarcia ich pierwotnej struktury sedymentacyjnej. Jednostkę B3 tworzą przede wszystkim laminowane horyzontalnie muły piaszczyste i muły (FSh) występujące naprzemiennie. Rytmy mułowo-piaszczyste lokalnie osiągają miąższość do 2,5 m i wyklinowują się ku wschodowi. Dolną część jednostki buduje diamikton (DFms) o miąższości 0,2–0,4 m, złożony z naprzemiennie występujących cienkich



Rys. 3. Stanowisko Bowęków A (ściana A)
 a – położenie ścian w odkrywcze Bowęków
 b – charakterystyczna duża zmienność osadów glacialmarginalnych budujących morenę czołową
 (fot. M. Roman 2004)

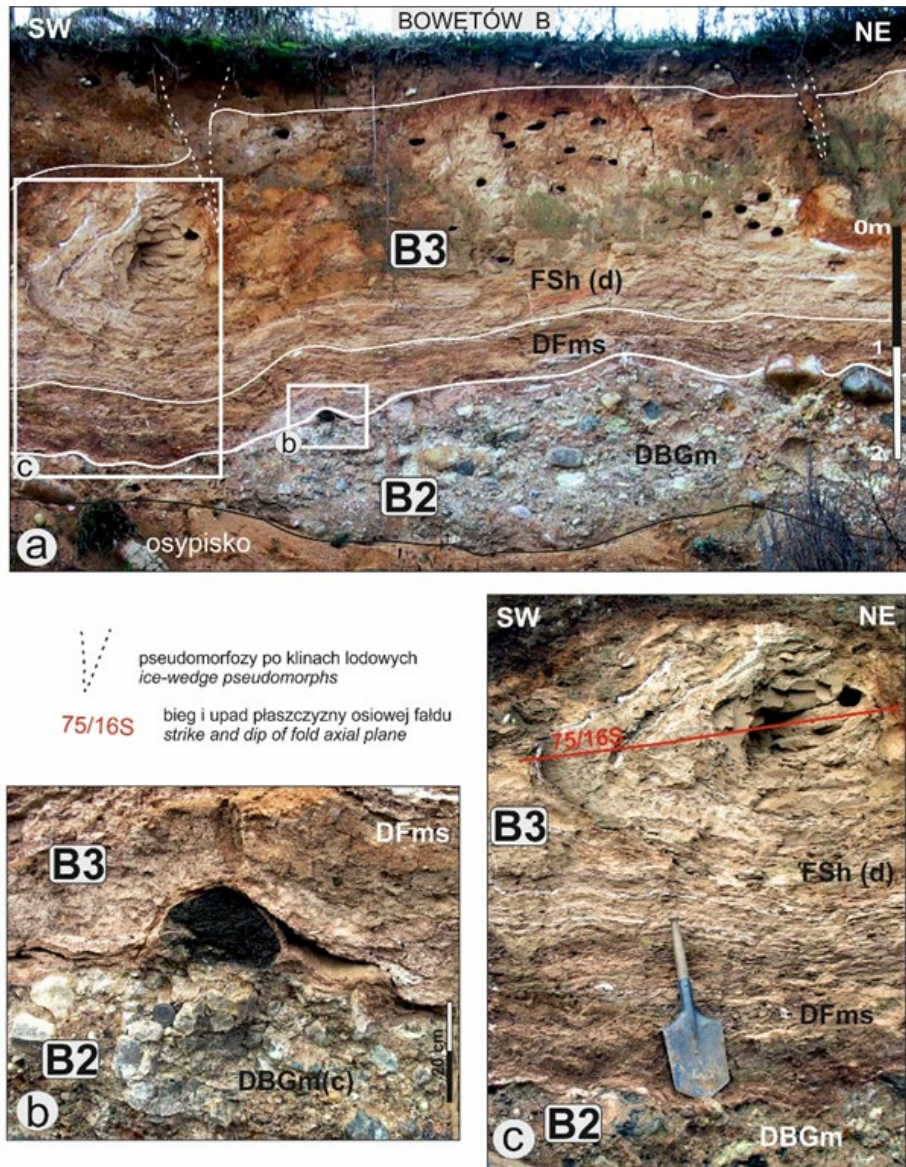
Bowęków A site (wall A)
 a – location of walls in Bowęków outcrop
 b – typical high variability of glacialmarginal sediments building the end moraine

warstw mułowego diamiktonu i lamin mułowych, w którym spotykane są eratyki o średnicy kilku centymetrów, niekiedy o charakterze dropstonów. Kontakt z niżej leżącymi glinami (jednostką B2) jest sedymentacyjny, przy czym wyraźne są tu ślady „oblekania” związane z obecnością większych klastów (rys. 4b).

Utwory jednostki B3 są lokalnie zaburzone, tworzą ciągle deformacje wyrażone jako fałdy splayowe, których czoła skierowane są generalnie ku południowi. Przykład tego typu struktury przedstawia rysunek 4c, przy czym płaszczyzna osiowa fałdu (75/16S) wyznaczona została na podstawie zaledwie dziewięciu pomiarów warstw w skrzydłach fałdu.

Interpretacja.

Osady jednostki B3 powstały w niskoenergetycznym środowisku glacialimicznym w bliskim sąsiedztwie stoku lodowego, którego wpływ na sedymentację w zbiorniku szczególnie zaznaczał się początkowo, w czasie akumulacji mułowego diamiktonu z dropstonami (DFMs). Warstwy diamiktonowe dokumentują epizody dostawy osadu ablacynego pochodzącego ze stoków lodowych, a obecność dropstonów świadczy o współdziałaniu depozycji z napławianiem, być może nalodowego. Akumulacja litofacji SFh następowała w wyniku opadania drobniejszych cząstek na dno zbiornika (laminy mułowe) naprzemiennie z sedymentacją w warunkach słabej trakcji przydennej (laminy



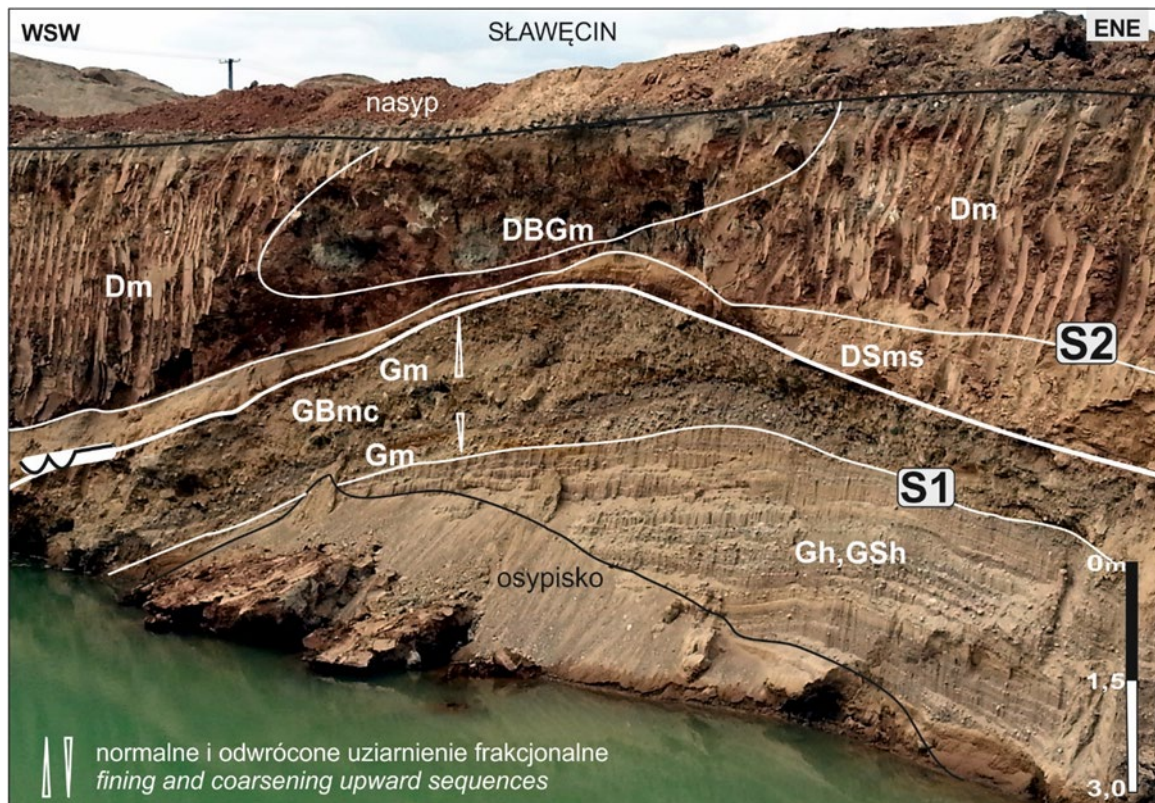
Rys. 4. Stanowisko Bowetów B (ściana B)
 a – ogólny widok północno-zachodniej ściany odkrywki
 b – kontakt grubookruchowego debrytu (DBGm) jednostki sedymentacyjnej B2 z przykrywającymi go osadami zbiornikowymi B3
 c – fałd splayowy w mułowo-piaszczystych osadach zbiornikowych B3 (fot. M. Roman 2004)

Bowetów B site (wall B)
 a – general view of north-west wall of outcrop
 b – contact of debritic coarse grain (DBGm) B2 with overlying glaciolimnic sediments B3
 c – flow fold in mud-sandy glaciolimnic sediments B3

Stanowisko Sławęcín

mułowo-piaszczyste) w czasie wzrostu zasilania zbiornika przez wody roztopowe. Świeżo złożony, uwodniony osad lokalnie ulegał grawitacyjnym przemieszczeniom po skłonie dna zbiornika, być może o charakterze skłonu lodowego.

Stanowisko Sławęcín (52°08'17" N; 19°04'22" E) położone jest 2,7 km na ENE od odkrywki Bowetów i również znajduje się w kulminacyjnej części głównego wału moreny kutnowskiej na wysokości 148,0 m n.p.m. To miejsce eksploatacji żwirów



Rys. 5. Stanowisko Sławęcín

Północna, wysoka na 8 m, ściana wyrobiska ukazująca dwie jednostki sedymentacyjne – żwirową S1 i gliny morenowej S2 (fot. M. Roman 2017)

Sławęcín site

Northern, 8-m-high wall of excavation showing two sedimentary units – gravel S1 and till S2

i gładów opisywane było w latach 60. ubiegłego wieku i prezentowane w czasie VI Kongresu INQUA (Domosławska-Baraniecka 1961a,b). Zakończono już wydobywanie kruszywa w tym rejonie. Prezentowany obraz północno-zachodniej ściany wyrobiska pochodzi z jesieni 2017 roku (rys. 5). Dostępny do obserwacji był profil osadów o miąższości 8 m na ścianie o długości 30 m.

Jednostki sedymentacyjne

Wyróżniono dwie jednostki sedymentacyjne: żwirową (S1) i spoczywającą na niej jednostkę gliny morenowej (S2). Z dokumentacji surowcowej wiadomo, iż poniżej wymienionych jednostek, na głębokości kilku do 10 metrów, zalega ciągła warstwa zwartej gliny lodowcowej.

• Jednostka żwirowa S1

Osady tej jednostki sedymentacyjnej występują w dolnej części odsłonięcia w Sławęcínie i osiągają miąższość co najmniej 4 m. Są to żwiry, żwiry piaszczyste i żwiry gładowe, zróżnicowane nie tylko z uwagi na wielkość ziarna, lecz także pod względem stopnia wysortowania, jak i struktur sedymentacyjnych. Najniższą część jednostki

S1 budują naprzemiennie występujące litofacje żwirowe (Gh) i żwirowo-piaszczyste (GSh). W górę profilu wzrasta udział litofacji żwirowych. Poszczególne warstwy mają 10–30 cm miąższości i zapadają generalnie ku SW pod niewielkim kątem (15–20°). Powyżej zalega miąższa (do 1,5 m) warstwa grubookruchowych żwirów o rozproszonym szkielecie ziarnowym, składająca się w dolnej części ze żwirów o strukturze masywnej (Gm) i wzrastającej ku górze gradacji ziarna (odwrócone uziarnienie frakcyjne), a następnie ze żwirów gładowych o zwartym szkielecie ziarnowym (GBmc) oraz ponownie z masywnych żwirów, lecz o normalnym uziarnieniu frakcyjnym (rys. 5). Litofacje zespołu (Gm-GBmc-Gm) mają pokój tafłowy i rozciągłość co najmniej 30 m. Interpretacja.

Osady jednostki żwirowej S1 deponowane były w bliskim sąsiedztwie czoła lądolodu. Wskaźnikowy jest tu zespół litofacji Gm-GBmc-Gm powstały w wyniku gruboziarnistego przepływu zawiesiny o wysokiej gęstości (porównaj Pisarska-Jamroży 2007), przy czym odwrócono-normalne, a następnie normalne uziarnienie frakcyjne

wskazuje na narastanie i opadanie intensywności fali wezbrania, zaś litofacja GBmc rejestruje jej kulminację.

- **Jednostka gliny morenowej S2**

Jednostkę glinową S2 spoczywającą na osadach żwirowych S1 tworzy zespół diamiktonów o miąższości 2–5 m złożony z warstwowanego diamiktonu piaszczystego DSms, diamiktonu masywnego Dm oraz żwirowo-głazowego DBGm (rys. 5). Zasadniczą część tego zespołu stanowi masywna brązowa glina Dm o rozproszonym szkielecie ziarnowym i mułowo-ilastej matriks. Bogaty w żwiry i głązy diamikton DGBm występuje gniazdowo w obrębie diamiktonu masywnego Dm, przy czym przejście między litofacjami jest stopniowe. Litofacja warstwowanego piaszczystego diamiktonu DSs podściela wyżej wspomniane gliny, tworząc ciągły pokład o zróżnicowanej miąższości od 0,2 m do 1,0 m. Jej kontakt z leżącymi powyżej glinami jest wyraźny, miejscami erozyjny, a sporadycznie w stropie litofacji DSms występują drobne struktury deformacyjne w postaci fałdków ciągniętych, natomiast kontakt z niżej położonymi osadami jednostki żwirowej jest sedymentacyjny.

Interpretacja.

Litofacje diamiktonowe S2 (Dm, DBGm), przechodzące obocznie między sobą, tworzyły się w następstwie grubo- (DBGm) i drobnoziarnistych (Dm) spływów osadu supraglacialnego i ich „zamrożenia” na skłonie formowanego stożka glacialmarginalnego. Wykształcenie litofacji diamiktonowych pozwala na zaliczenie ich do kategorii gęstych spływów kohezyjnych (Paul, Eyles 1990; Zieliński, Van Loon 1996). Litofacje te są wskaźnikowe dla subsródowniska glacialmarginalnego. Litofacja DSms rejestruje końcowy etap opadania fali wezbrania, kończąc sedymentację jednostki S1.

Stanowisko Góry Jackowskie

Góry Jackowskie i sąsiadujące z nim od wschodu Skrzyńki to obszar intensywnej eksploatacji kruszywa prowadzonej co najmniej od 75 lat. Obecnie wydobywanie surowca odbywa się jedynie w Skrzyńkach położonych około 1 km na E w wyrobiskach opisanych ostatnio przez Drażczyk (2020). Przedstawiona dokumentacja stanowiska Góry Jackowskie (rys. 6–8) pochodzi z lat 2003–2004. Jest ono usytuowane w najwyższej części wału moreny kutnowskiej (151–153 m n.p.m.), skąd na południe, a także na północ rozpościera

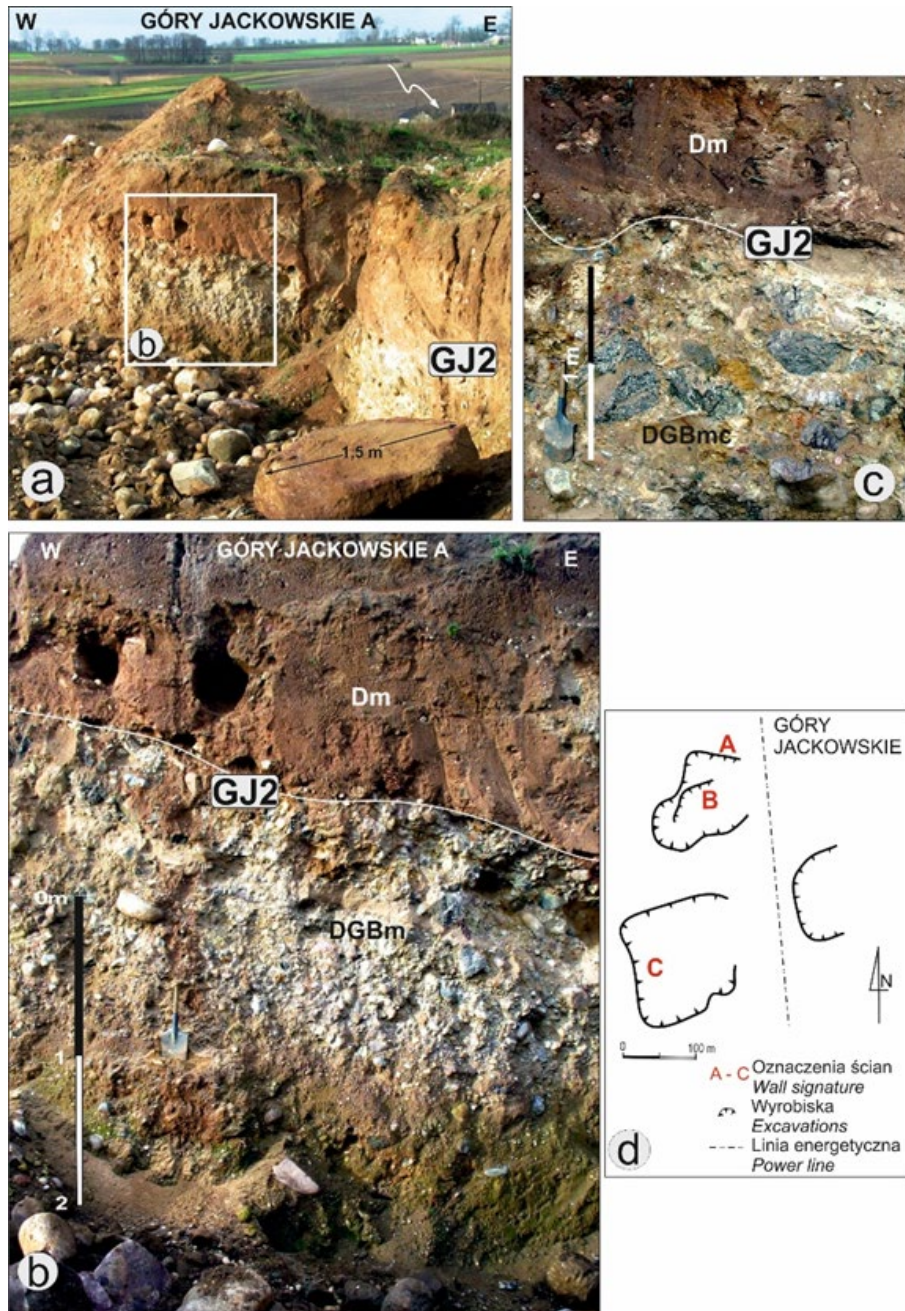
się szeroki widok na położone kilkadziesiąt metrów niżej wysoczyzny morenowe (rys. 6a). Do badań dostępne były trzy ściany (rys. 6d). Dwie w północnym wyrobisku żwirowni w Górach Jackowskich – ściana A (52° 08' 31"N; 19° 06' 09" E) o wysokości 4 m i rozciągłości W–E na odcinku 50 m oraz ściana B (52° 08' 30"N; 19° 06' 08" E) o przebiegu WSW–ENE, długości około 40 m wysokości do 6 m (rys. 7). Kolejna ściana C (SSW–NNE; 52°08'25" N, 19°06'13" E), odległa o około 150 m, znajdowała się w wyrobisku południowym (rys. 6d, rys. 8), miała wysokość 2,5–4,0 m, zaś możliwość obserwacji osadów była ograniczona do 50 m jej rozciągłości.

Jednostki sedymentacyjne

Wydzielono dwie jednostki sedymentacyjne: żwirowo-piaszczystą (GJ1) i zalegającą na niej jednostkę gliny morenowej (GJ2), tworzącą powierzchnię terenu w rejonie Gór Jackowskich i Skrzynek. Z dokumentacji surowcowej dla pobliskich wyrobisk w Skrzyńkach wiadomo, iż poniżej wyróżnionych jednostek występuje glina lodowcowa na głębokości od kilku do parunastu metrów.

- **Jednostka żwirowo-piaszczysta GJ1**

Osady żwirowo-piaszczyste jednostki GJ1 rejestrowano w ścianach B i C żwirowni (rys. 7 i 8). Składają się na nią zasadniczo litofacje żwirów masywnych Gm oraz warstwowanych horyzontalnie (Gh, GSh), natomiast litofacje piasków (Sh, SGh, SFh) występują podrzędnie. Masywne żwiry gruboziarniste Gm tworzą ciągle warstwy o miąższości 2–4 m i rozciągłości kilkadziesiąt metrów. Szkielet ziarnowy litofacji Gm ma charakter rozproszony, jest zbudowany z grubo- i średnioziarnistego żwiru, zaś matriks jest piaszczysto-mułowa z drobnym żwirem. Największe klasty szkieletu ziarnowego osiągają średnicę 20 cm. W Górach Jackowskich B w obrębie litofacji Gm występuje cienka, kilkunastocentymetrowa warstwa drobnoziarnistych piasków mułowych o laminacji horyzontalnej (SFh) (rys. 7a). Litofacje żwirów i żwirów piaszczystych o warstwowaniu horyzontalnym (Gh, GSh) charakteryzuje duża zmienność wielkości ziarna (od żwirów grubo- do drobnoziarnistych), znaczna rozciągłość przestrzenna przy zmiennej miąższości litofacji (0,2–2,0 m). Lokalnie litofacje żwirowe kończy warstwa diamiktonowych żwirów masywnych o zwartym szkielecie ziarnowym (GDmc) (rys. 8) podścielająca gliny morenowe (jednostka GJ2).



Rys. 6. Stanowisko Góry Jackowskie A (ściana A)

a – widok ku północy z kulminacji moreny kutnowskiej w Górach Jackowskich; widoczne zabudowania poniżej wzniesienia (wskazane strzałką)

b – litofacje jednostki glin morenowych GJ2

c – żwirowo-głazowy diamikton masywny o zwartym szkielecie ziarnowym DGBmc

d – szkic sytuacyjny położenia ścian (fot. M. Roman 2005)

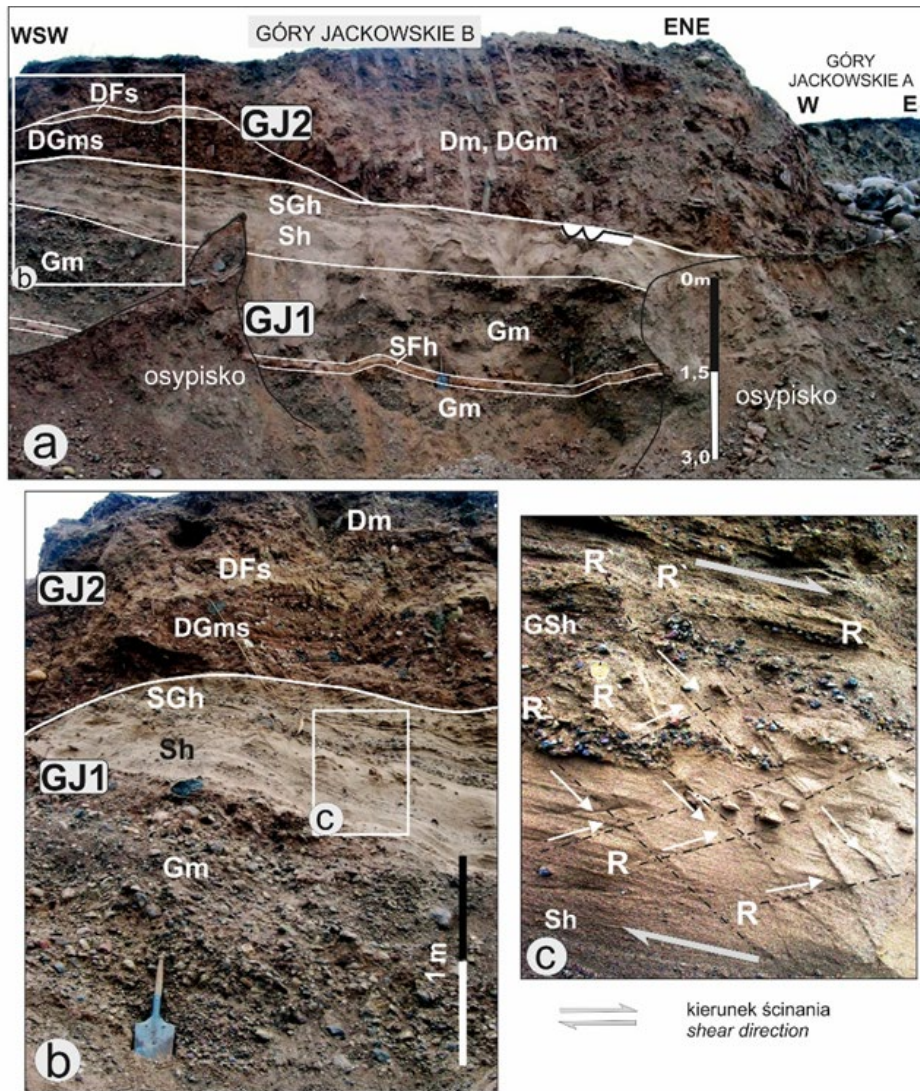
Góry Jackowskie A site (wall A)

a – view northwards from culmination of Kutno moraine in Góry Jackowskie; note buildings below hill (indicated by arrow)

b – lithofacies diversity of GJ2 till unit

c – gravel-boulder massive diamicton with clast-supported texture DGBmc

d – sketch of location of walls



Rys. 7. Stanowisko Góry Jackowskie B (ściana B)

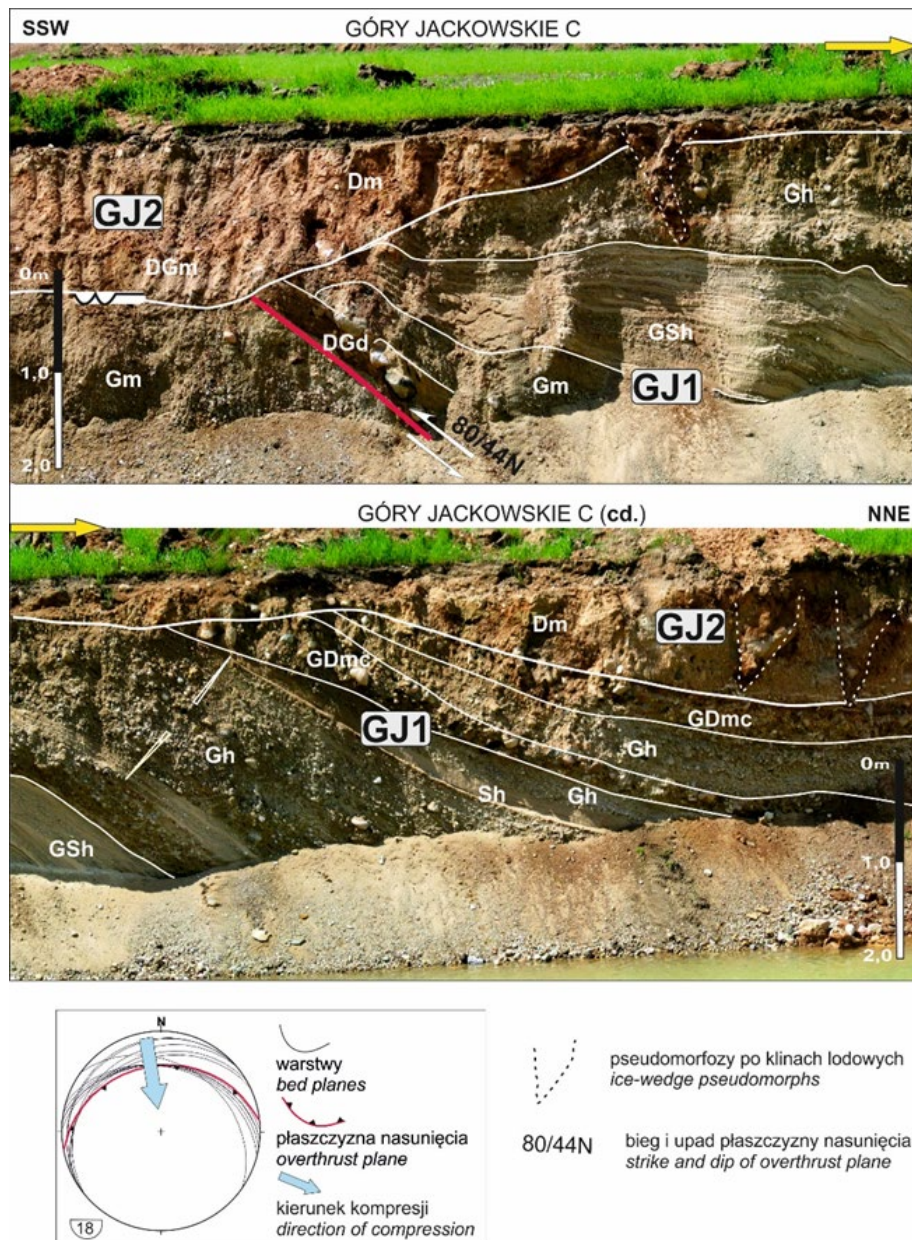
- a – widok fragmentu północno-zachodniej ściany odkrywki Góry Jackowskie B
 - b – zróżnicowanie litofacji jednostek sedimentacyjnych GJ1 (żwirowo-piaszczystej) i GJ2 (gliny morenowej)
 - c – drobne deformacje w spągu gliny sływowej (GJ2) utworzone w wyniku ścinania pod grawitacyjnie przemieszczającą się masą osadów (Dm, DGm) wyrażone jako system ścięć Riedla złożony z zespołu spękań i uskóków niskokątowych R oraz komplementarnego zespołu wysokokątowego R`
- (fot. M. Roman 2004, 2005)

Góry Jackowskie B site (wall B)

- a – view of part of north-western wall of Góry Jackowskie B
- b – diversity of lithofacies in sedimentary units GJ1 (gravel-sand) and GJ2 (till)
- c – small deformations near flow till (GJ2) created as a result of shearing under gravity moving mass of sediments (Dm, DGm) expressed as a Riedel shear conjugate system composed of a low-angled R set and complementary high-angled R` set

W profilu Góry Jackowskie C warstwowane utwory jednostki sedimentacyjnej GJ1 są zaburzone i tworzą szerokopromienne fałdowe mezostruktury obserwowane na rozciągłości 30 m. W południowej części odsłonięcia struktury fałdowe kończą się powierzchnią ścięcia (80/44N), która rozdziela je od masywnych żwirów występujących dalej ku S (rys. 8). Powierzchnię nie-

ciągłości podkreśla obecność żwirowego diamiktonu o mułowo-ilastej matriks wykazującej łupkową strukturę. Pomiaru położenia warstw w fałdach były możliwe jedynie w północnym skrzydle antykliny (=południowe skrzydło synkliny). Uzyskane wyniki wskazują, iż zaburzenia powstały w efekcie subhoryzontalnego nacisku z N/NNE ku S/SSW.



Rys. 8. Stanowisko Góry Jackowskie C (ściana C)
Zaburzenia osadów glacialmarginalnych budujących szczytowe partie moreny kutnowskiej (fot. M. Roman 2005)

Góry Jackowskie C site (wall C)
Disturbances of glacialmarginal sediments building top parts of Kutno moraine

Inny typ deformacji stwierdzono w stropie warstwy piasków (Sh, SGh) podścielających jednostkę glinową GJ2 w profilu B (rys. 7c). Są to drobne deformacje ścięciowe wyrażone jako system uskoków i spēkań na bazie ścięć Riedla (Jaroszewski 1972; Phillips, Lee 2011) złożony z dwóch zespołów R i R'. Zespół R tworzą małokątowe (5–20°), natomiast komplementarny z nim zespół R' wysokokątowe (45–65°) płaszczyzny nieciągłości, zapadające w obu zespołach generalnie ku SE. Z komplementarnych zespołów ścięć Riedla odczytano układ osi pola naprężeń. Oś

największego naprężenia normalnego σ_1 zorientowana była wzdłuż kierunku WNW/NW-ESE/SE. Interpretacja.

Litologia i struktura osadów żwirowo-piaszczystych jednostki GJ1 jednoznacznie wskazują, że ich sedymentacja miała miejsce w bezpośrednim sąsiedztwie czoła lądolodu będącego źródłem obfitej i intensywnej dostawy materiału okrucowego. Depozycja osadów jednostki GJ1 następowała z płytkich, cyklicznych zalewów warstwowych przeciążonych materiałem pochodzącym z ablacji, w tym gruboziarnistego przepływu zawiesiny

o wysokiej gęstości (Gm), a także ze spływów grawitacyjnych (GDmc). Złożone w ten sposób osady podlegały deformacjom związanym bądź z bocznym naciskiem łądolodu, bądź ze spływem grawitacyjnym po nachylonej pod niewielkim kątem powierzchni, na przykład skłonu lodowego, a w odniesieniu do drobnych struktur ścięciowych (ścięg Riedla) w wyniku przemieszczania grawitacyjnego (z WNW/NW ku ESE/SE) i nacisku deponowanego na nich debrytu jednostki GJ2.

- Jednostka gliny morenowej GJ2

Osady tej jednostki występują we wszystkich ścianach odsłonięć w Górach Jackowskich (rys. 6–8), przy czym ich miąższość jest zmienna, od kilkadziesiąt centymetrów do co najmniej 5 m, i generalnie maleje ku południowi. Budują one powierzchnię kulminacyjnej części wału moreny kutnowskiej, zaś w stropie są silnie przeobrażone w wyniku procesów peryglacjalnych. Jednostkę glinową GJ2 tworzą litofacje diamiktonów masywnych, wysoce zróżnicowanych pod względem zawartości i wielkości klastów (DGBm, DGm, Dm), lokalnie także diamiktony warstwowane (DGms, DFs). Kontakt diamiktonów z występującymi niżej utworami żwirowo-piaszczystymi jednostki GJ1 jest wyraźny, erozyjny, niekiedy podkreślony obecnością drobnych struktur ścięciowych (rys. 7c). Litofacja diamiktonu bogatego w żwiry i głązy (DGBm) ma największą miąższość (co najmniej 3,5 m) w północnej części stanowiska. Diamikton ma rozproszony, a niekiedy (w formie soczew) zwarty szkielet ziarnowy (rys. 6c). Największe klasty osiągają średnicę 1,5 m. Kontakt diamiktonu grubookruchowego DGBm z masywnym diamiktonem Dm jest na ogół wyraźny, lecz nierówny. Podrzedne litofacje warstwowanego diamiktonu żwirowego (DGms) i mułowego (DFs) występują lokalnie poniżej masywnej gliny i tworzą rozległe dokilku metrów soczewy o grubości 0,3–1,5 m.

Interpretacja.

Zespół litofacji diamiktonowych GJ2 jest wskaźnikowy dla subaeralnych gęstych spływów kohezyjnych (*cohesive debris flow*). Depozycja debrytu miała miejsce w bezpośrednim sąsiedztwie czoła łądolodu będącego źródłem obfitej dostawy materiału okruchowego. Zróżnicowanie litofacji diamiktonowych wynika głównie z ilości i energii wód ablacyjnych biorących udział w uwadnianiu i transporcie materiału supraglacjalnego. Obecność lepiej wysortowanego lub warstwowanego

osadu (DGms, DFs) może być zapisem przemywania diamiktonów spływowych.

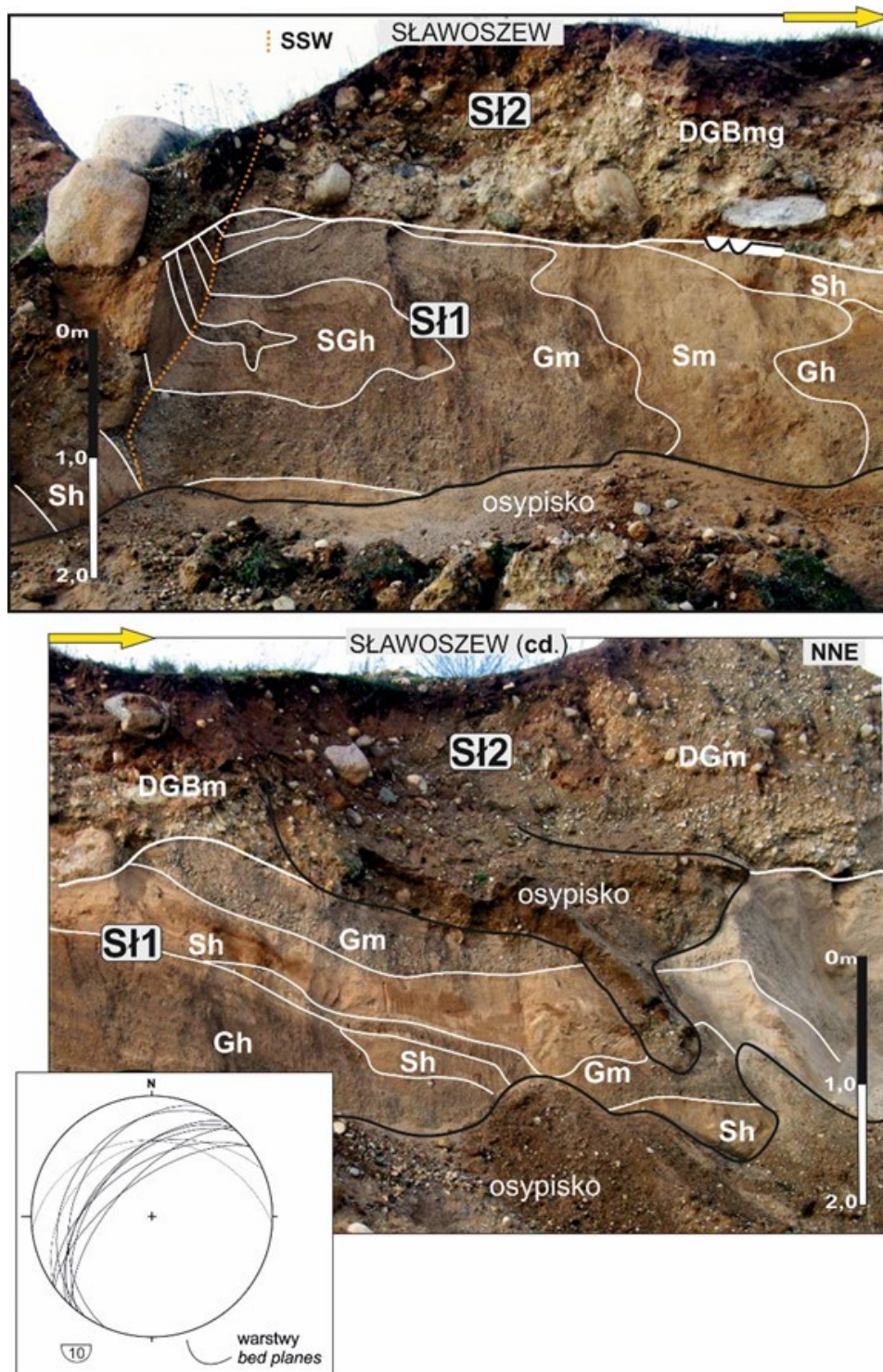
Stanowisko Sławoszew

Żwirownia Sławoszew (52°09'34"N; 19°08'54"E) funkcjonująca jeszcze w roku 2004 usytuowana jest w linii głównego grzbietu moreny kutnowskiej na 151,0–152,0 m n.p.m. Od stanowiska w Górach Jackowskich odległa jest o 4 km ku NE. Dostępna do obserwacji była ściana o przebiegu SSW–NNE, wysokości 3–5 m i rozciągłości 80 m. Rysunek 9 przedstawia środkowy fragment ściany. Dla analizy tego stanowiska istotne są także obserwacje prowadzone w 2019 roku w czynnym wówczas wyrobisku Nowy Sławoszew położonym o 900 m na E (rys. 2), które zostało opisane przez Drażczyk (2020). Z rejonu Sławoszewa pochodzą też doniesienia z lat 50. ubiegłego wieku dotyczące struktur peryglacjalnych rozwiniętych w utworach gliniasto-żwirowych budujących powierzchnię terenu (Dylik 1951; Dylikowa 1956, 1961), a wyrażonych w postaci klinów sięgających nawet 4 m długości. Tego typu struktury, jednak do 2 m długości, obserwowano także obecnie w opisywanym stanowisku Sławoszew, jak i w Nowym Sławoszewie.

Jednostki sedymentacyjne

W Sławoszewie zidentyfikowano dwie jednostki sedymentacyjne: żwirowo-piaszczystą Sł1 oraz wyżej zalegającą jednostkę gliny morenowej Sł2, budującą powierzchnię terenu w okolicach Sławoszewa. Osady jednostki Sł1 są intensywnie zaburzone, stąd określenie pierwotnej geometrii budujących ją litofacji, jak i ich miąższości było utrudnione. Strop zaburzonych osadów piaszczysto-żwirowych jest erozyjny, a glina morenowa jednostki Sł2 leży na nich niezgodnie (rys. 9).

- Jednostka żwirowo-piaszczysta Sł1
Składają się na nią głównie litofacje żwirowe: gruboziarniste żwiry o strukturze masywnej i rozproszonym szkielecie ziarnowym (Gm) oraz średnioziarniste żwiry warstwowane horyzontalnie (Gh, GSh). Podrzednie obecne są litofacje piasków masywnych (Sm) oraz piasków i piasków żwirowych warstwowanych horyzontalnie (Sh, SGh). Miąższość litofacji wynosi 0,3–1,2 m. Osady jednostki Sł1 charakteryzują się słabym wysortowaniem. Całość osadów żwirowo-piaszczystych widocznych w odsłonięciu jest zaburzona i tworzy dysharmonijne fałdy. Na podstawie 10 pomiarów położenia warstw zaburzonych można wskazać na generalnie północno-zachodni kierunek ich zapadania pod zmiennym kątem (20–60°) (rys. 9), jed-



Rys. 9. Stanowisko Sławoszew
Zaburzone osady żwirowo-piaszczyste S11 przykryte grubookruchowym debrytem S12 (fot. M. Roman 2004)

Sławoszew site
Disturbed gravel-sand deposits S11 covered with coarse-grained debrite S12



Rys. 10. Żwirownia Sławoszew Nowy

Klasty o zróżnicowanej wielkości w diamiktonie żwirowo-głazowym budującym powierzchnię moreny kutnowskiej (fot. M. Roman 2019)

Sławoszew Nowy gravel pit

Clasts of various sizes in gravel-boulder diamicton building surface of Kutno end moraine

nak trudno ocenić, jaka jest architektura struktur deformacyjnych. Zwraca uwagę brak deformacji nieciągłych.

Interpretacja.

Zespół żwirowo-piaszczystych litofacji tworzących jednostkę Sł1 to osad związany z subsródowniskiem glacialnym. Osady tej jednostki są podobne do wyżej opisanych utworów żwirowo-piaszczystych w stanowiskach Bowętów, Sławęcina i Góry Jackowskie. Depozycja osadów jednostki Sł1 następowała w wyniku przepływu zawiesiny o wysokiej gęstości.

- Jednostka gliny morenowej Sł2

Jednostka Sł2 obejmuje dwie litofacje diamiktonowe (DGBm, DGm) przechodzące obocznie bez wyraźnie zaznaczonych granic, wspólnie tworzące pokład o miąższości 1,5–2,5m (rys. 9). Ich kontakt z osadami podłoża jest erozyjny, a spąg nierówny. Litofacje diamiktonów DGBm i DGm cechuje rozproszony szkielet ziarnowy, matriks jest piaszczysto-ilasta. Maksymalne średnice klastów szkieletu ziarnowego osiągały 1 m, przy czym największe głazy występowały w spągu jednostki

(rys. 9). Sądząc po wielkości głazów zgromadzonych w dnie żwirowni, można uznać, iż niektóre mogły mieć średnicę do 2 m. Tej wielkości eratyki obserwowano w położonej o 900 m na E odkrywce Nowy Sławoszew (rys. 10), znajdującej się w tej samej sytuacji geomorfologicznej – kulminacja wału moreny kutnowskiej.

Interpretacja.

Litofacje diamiktonowe (DGBm, DGm) to osad gęstych spływów kohezyjnych typu *derbis flow* materiału supraglacialnego (porównaj Lawson 1989; Zieliński 1992, 2000; Zieliński, Van Loon 1996; Pisarska-Jamroży 2006). Sposób rozprzestrzenienia diamiktonów spływowych (górne partie wzniesienia) pozwala wiązać ich występowanie z procesami wytapiania i redepozycji materiału ze stoku lodowego, wskazując jednocześnie na krótki jego transport.

Dyskusja i podsumowanie

Zbadane w stanowiskach w Bowętowie, Sławęcinie, Górach Jackowskich i Sławoszewie formy

morenowe wykazują duże podobieństwo budowy geologicznej oraz ekspresji morfologicznej, co jest wyrażone:

- obecnością żwirowo-piaszczystych osadów glacialmarginalnych w jądrach form pokrytych gliną spływową;
- dużym udziałem materiału grubookruchowego w glinach spływowych i dominacją żwirów w serii żwirowo-piaszczystej;
- występowaniem zespołu litofacji diagnostycznych/wskaźnikowych dla formowania nasadowych (proksymalnych) części subaeralnych stożków glacialmarginalnych typowych dla moren czołowych akumulacyjnych;
- podobną miąższością osadów czołowomorenowych (do 12 m według danych z dokumentacji surowcowych) oraz występowaniem zwartej gliny lodowcowej w podłożu serii złożowej;
- znacznym przekształceniem powierzchni form w wyniku procesów działających w warunkach peryglacialnych;
- współudziałem w tworzeniu dużej formy linearnej swym kształtem odzwierciedlającej przebieg czoła lobu lodowcowego.

W strukturze opisanych moren udział deformacji kompresyjnych związanych z subhoryzontalnym naciskiem lądolodu nie przekracza 25%, co w ujęciu Benna i Evansa (2010) nie kwalifikuje ich do uznania za formy glacitektonicznie spiętrzone. Podobne obserwacje poczyniła Drążczyk (2020) w stanowiskach Walew, Stary Sławoszew i Skrzyńki, położonych w granicach analizowanego terenu (rys. 2), oraz zanegowała sugestie Domosławskiej-Baranieckiej (1961a,b) o glacitektonicznym charakterze grzbietów morenowych.

Dyskusyjne jest określenie moren kutnowskich jako pozostałości po wałach lodowo-morenowych (Włodarski i in. 2023) wobec przyjęcia przez autorów, że górne partie pagórków buduje bazalna glina lodowcowa. Powstaje pytanie, jak daleko na S sięgał lądolód, który ją pozostawił (czyli przekroczył wały lodowo-morenowe) oraz czy możliwe jest w takiej sytuacji zachowanie wyrazistości łuku/ciągu morenowego na przestrzeni 50 km. W świetle badań autorki i Drążczyk (Drążczyk, Roman 2019; Drążczyk 2020) okazało się, że jeżeli górne partie moren kutnowskich buduje glina, to ma ona charakter spływowy, potwierdza się też obecność struktur kolapsyjnych związanych z zanikiem pogrzebanego w osadach martwego lodu.

Uznano, że wałowe pagórki moreny kutnowskiej należą do typu moren akumulacyjnych. Ich geneza związana jest z fazą recesji lądolodu

stadiału warty i intensywną depozycją osadów glacialmarginalnych w krótkich etapach równowagi dynamicznej jego czoła.

W formowaniu moreny kutnowskiej dużą rolę odegrał martwy lód oddzielony w postaci płatów współkształtnych do czoła lądolodu, pogrzebany pod grubą pokrywą utworów glacialmarginalnych. W ten sposób można tłumaczyć fakt, iż kierunki redepozycji materiału morenowego są generalnie zgodne ze spadkiem stoków (dystalnych, proksymalnych) form.

Autorka ma nadzieję, że przedstawiona dokumentacja odsłoneń będzie przydatna badaczom aktualnie podejmującym temat sposobu formowania moren kutnowskich.

Literatura

- Benn D.I., Evans D.J.A. 2010. *Glaciers and Glaciations*. Taylor and Francis Ltd.
- Brzeziński M., Krawczyk M. 2008. *Mapa Geologiczna Polski w skali 1: 200 000*, arkusz Płock. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Domosławska M.D. 1956. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000*, arkusz Łęczycza. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Domosławska-Baraniecka M.D. 1961a. *Przebieg sedymentacji i kształtowania kutnowskich moren czołowych w okolicy Sławęcina*. W: E. Passendorfer (red.) *Prace o plejstocenie Polski Środkowej*. Polska Akademia Nauk, Warszawa: 59-77.
- Domosławska-Baraniecka M.D. 1961b. *Sławęcina*. W: J. Dylik (red.) *Guide-book of Excursion: From the Baltic to the Tatras, part II, vol. II Middle Poland*. International Association on Quaternary Research VIth Congress: 11-13.
- Domosławska-Baraniecka M.D. 1968. *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000*, arkusz Łęczycza. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Drążczyk M. 2018. *Rzeźba, budowa geologiczna i kształtowanie się moren czołowych okolic Sławoszewa na Równinie Kutnowskiej*. Archiwum Prac Dyplomowych. Uniwersytet Łódzki, Łódź.
- Drążczyk M. 2020. *Structure of end moraines and dynamics of the recession phase of the Warta Stadial ice sheet, Kłodawa Upland, Central Poland*. *Open Geoscience* 12: 753-763.
- Drążczyk M., Roman M. 2019. *Struktura kutnowskich moren czołowych (centralna Polska) a dynamika lądolodu stadiału warty podczas*

- recesji. W: Z. Jary (red.) XXVI Konferencja Stratygrafia Plejstocenu Polski *Plejstocen i paleolit przedpola Sudetów*, 3–6 września 2019 roku, Pokrzywna: 12-13.
- Dylik J. 1951. The loess-like formations and wind-worn stones in Middle Poland. *Bulletin de la Société des Science et des Lettres de Łódź* 3(3).
- Dylikowa A. 1956. Kliny zmarzlinowe w Sławęcinie. *Biuletyn Peryglacjalny* 3: 47-59.
- Dylikowa A. 1961. Daszyna. W: J. Dylik (red.) *Guide-book of Excursion: From the Baltic to the Tatras, part II, vol. II Middle Poland*. International Association on Quaternary Research VIth Congress: 9-11.
- Jaroszewski W. 1972. Drobnostukturalne kryteria tektoniki obszarów nieorogenicznych na przykładzie północno-wschodniego obrzeżenia mezozoicznego Gór Świątokrzyskich. *Studia Geologica Polonica* 38.
- Jewtuchowicz S. 1967. Geneza pradoliny warszawsko-berlińskiej między Nerem i Moszczenicą. *Prace Geograficzne Instytutu Geografii Polskiej Akademii Nauk* 62.
- Kucharska M., Krawczyk M. 2022. Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Łęczycza. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Lawson D.E. 1989. Glacigenic resedimentation: classification concepts and application to mass-movement processes and deposits. W: R.P. Goldthwait, C.L. Matsch (red.) *Genetic classification of glacial deposits*. A.A. Balkema, Rotterdam: 147-169.
- Lencewicz S. 1927. Dyluwium i morfologia środkowego Powiśla. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego* 2(2): 66-226.
- Marks L., Grabowski J., Stępień U. (red.) 2022. Mapa geologiczna Polski 1:500 000. A – Mapa powierzchni terenu. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Narkiewicz M., Dadlez R. 2008. Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim. *Przegląd Geologiczny* 56(5): 391-397.
- Paul M.A., Eyles N. 1990. Constrains on the preservation of diamict facies (melt-out tills) at the margins of stagnant glaciers. *Quaternary Science Review* 9: 51-69.
- Philips E., Lee J.R. 2011. Description, measurement and analysis of glaciectonically deformed sequences. W: E. Philips, J.R. Lee, H.M. Evans (red.) *Glaciotectonics*. Quaternary Research Association, London: 5-31.
- Pisarska-Jamroży M. 2006. Transitional deposits between the end moraine and outwash plain in the Pomeranian glaciomarginal zone of NW Poland: a missing component of ice-contact sedimentary models. *Boreas* 35: 126-141.
- Pisarska-Jamroży M. 2007. Glacifluwialne facje strumieni przeciążonych zawiesiną na przykładzie plejstocenijskich osadów wschodniej Jutlandii i Pomorza Zachodniego. *Przegląd Geologiczny* 55(6): 503-510.
- Pisarska-Jamroży M. 2008. Rola osadów spływowych w interpretacjach paleogeograficznych. *Landform Analysis* 9: 256-259.
- Roman M. 2010. Rekonstrukcja lobu płockiego w czasie ostatniego zlodowacenia. *Acta Geographica Lodziensia* 96.
- Szałamacha G. 1991. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Kutno. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Szałamacha G. 1996. Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Kutno. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Turkowska K. 2006. Geomorfologia regionu łódzkiego. Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego.
- Włodarski W., Orłowska A., Mieszkowski R., Wasiluk R. 2023. Geometria i rozwój wałów lodowo-morenowych na obszarze moreny kutnowskiej. W: M. Widera, P. Hermanowski (red.) *Sedymentologia i rozwój strukturalny osadów rzecznych i lodowcowych kenozoiku Polski Środkowej*. Przewodnik Terenowych Warsztatów Sedymentologicznych, Ślesin 11–15 września 2023, Instytut Geologii Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu: 58-78.
- Zieliński T. 1992. Moreny czołowe Polski północno-wschodniej – osady i warunki sedymentacji. *Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach* 1325.
- Zieliński T. 2000. Czy możliwa jest identyfikacja środowiska glaciomarginalnego na podstawie kryterium litologicznego? Warsztaty terenowe: *Osady, struktury deformacyjne i formy warciańskiej strefy glaciomarginalnej na Nizinie Podlaskiej*. Lublin: 84-87.
- Zieliński T., van Loon A.J. 1996. Characteristics and genesis of moraine-derived flow till varieties. *Sedimentary Geology* 101: 119-143.

Summary

Approximately 50 km north of Łódź, in the southern part of the Kłodawa Plateau, there are elongated hills forming a characteristic relief element of this area, expressed as an arc-shape ridge running SW–NE the so-called Kutno moraine (Lencewicz 1927). The moraine belt runs from Dąbie through Grabów, Daszyna, Kutno to Sieraków near Gostynin (Fig. 1). The elongated moraine ridges comprise three chains, with the southernmost being the highest.

So far, the origins of this form have not been clearly determined. Its formation has been interpreted in various ways: as a typical accumulative end moraine, as a glaciotectonically controlled form, and also as relicts of ice-moraine ridges. However, the age of the moraine is beyond doubt; it is determined to the Warta Stadial of the Odra Glaciation (MIS 6, Late Saalian), or more precisely to the recession phase of the Wartanian ice sheet.

The aim of the article is to provide information about the internal structure of one of the best-expressed moraine arches in Central Poland, with the hope that it will be useful for further considerations on the mechanisms of shaping the Kutno moraine currently undertaken by researchers.

To supplement the knowledge about the structure of the moraine ridge in its highest central part (Grabów–Daszyna), previously unpublished photographic materials of outcrops along with lithofacial studies of sediments from 2003–05 and 2017 were presented, documenting the walls of now-defunct gravel pits (Figs 2–10). Lithofacies descriptions were made using the code given in Table 1.

Based on the four analysed sites (Bowętów, Sławęcín, Góry Jackowskie, Sławoszew; Fig. 2) located in the southernmost chain of the Kutno

moraine, certain similarities in sediment succession and terrain relief were found, which are expressed in:

- the presence of gravel-sandy glaciomarginal sediments in the cores of forms covered with flow till;
- a large share of coarse material in flow tills and the dominance of gravels in the gravel-sand series;
- the occurrence of a lithofacies complex indicative of the formation of the proximal parts of subaerial glaciomarginal fans typical of accumulative end moraines;
- similar thickness of moraine sediments (up to 12 m) and the occurrence of compact till in the subsoil of the deposit series;
- significant transformation of the surface of forms as a result of periglacial processes;
- co-creation of a large linear form reflecting the course of the glacier front.

In the structure of the studied moraines, the share of compressive deformations related to the subhorizontal pressure of the ice sheet does not exceed 25%, which, according to Benn and Evans (2010), does not qualify them as glaciotectonically thrust up forms (push moraines). Most disturbances of the primary structure of sediments were caused mainly by gravity flows and collapse.

It was found that the ridges of the Kutno moraine are a type of accumulative end moraine. Their origin is related to the recession phase of the Warta ice sheet and the intensive deposition of glaciomarginal sediments in short stages of dynamic equilibrium of its front. An important role in the formation of the Kutno moraine was played by dead ice, separated in the form of co-shaped lobes from the front of the ice sheet, buried under a thick cover of glaciomarginal sediments.

The author hopes that the presented documentation of exposures will be useful in further studies on the formation of Kutno moraines.