

Strefa marginalna
lądolodu warty
w środkowej
i wschodniej Polsce

ACTA GEOGRAPHICA LODZIENSIA

NR 103

Strefa marginalna
lądolodu warty
w środkowej
i wschodniej Polsce



Łódź 2015

Łódzkie Towarzystwo Naukowe

ŁÓDZKIE TOWARZYSTWO NAUKOWE

90-505 Łódź, ul. M. Skłodowskiej-Curie 11
tel. 42 66 55 459, fax 42 66 55 464
<http://www.ltn.lodz.pl/> e-mail: biuro@ltn.lodz.pl
sprzedaż wydawnictw tel. 42 66 55 448
księgarnia internetowa <http://sklep.ltn.lodz.pl>

NACZELNA RADA WYDAWNICZA ŁTN

Krystyna Czyżewska, Wanda M. Krajewska (redaktor naczelna),
Edward Karasiński, Henryk Piekarski, Jan Szymczak

REDAKTOR SERII

Krystyna Turkowska

REDAKTOR TOMU

Krystyna Turkowska

RECENZENCI TOMU

Sławomir Terpiłowski, Tomasz Werner

KOLEGIUM REDAKCYJNE

Ryszard K. Borówka, Piotr Gębica, Paweł Jokiel, Maria Łanczont,
Małgorzata Roman, Ewa Smolska, Urszula Somorowska, Juliusz Twardy

SEKRETARZ REDAKCJI

Danuta Dzieduszyńska

Czasopismo jest indeksowane w bazie CEJSH, Copernicus
i znajduje się na liście ministerialnej czasopism punktowanych.
Artykuły czasopisma w elektronicznej wersji są dostępne w bazach:
CEEOL, EBSCOhost, Proquest, Bibliography and Index of Geology – GeoRef
i na portalu i IBUK

ISSN 0065-1249

© Copyright by Łódzkie Towarzystwo Naukowe – Łódź 2015

Wydanie pierwsze, wersja drukowana pierwotna

Projekt okładki: Agnieszka Roman

Skład: Karolina Piechowicz

Druk: 2K Łódź sp. z o.o., ul. Płocka 35/45, www.2k.com.pl, 2k@2k.com.pl

Nakład: 100 egz.

103 tom *Acta Geographica Lodziensia* zawiera sześć artykułów, z których pięć – uzupełnionych wspólnym załącznikiem na końcu tomu – przedstawia metody i wyniki specjalistycznych analiz mających na celu weryfikację hipotezy o dotarciu lądolodu warty do linii Radomsko–Przedbórz w obszarze na południowy wschód od Łodzi, zarówno w formie lobu Widawki jak i Pilicy-Luciąży. Wyniki badań w regionie łódzkim porównano z nowym spojrzeniem na strefę marginalną lądolodu warty na międzyrzeczu Krzyny i Bugu.

Układ strefy marginalnej ostatniej w środkowej Polsce transgresji lądolodu został zarysowany już blisko sto lat temu. W historii badań regionalnych, pogląd jest wiązany przede wszystkim z opublikowanym w *Pracach Państwowego Instytutu Geologicznego* dziełem „Dyluwium i morfologia środkowego Powiśla” S. Lencewicza (1927), który opisał rozdzielenie przez Wyżynę Łódzką lądolodu na dwa, obrzeżone przez formy czołowomorenowe wielkie jezory: „nadwarciański” oraz „nadwiślański”. Poglądy międzywojenne uwzględniono w interpretacji genezy i wieku form glacialnych na „Mapie Geologicznej Polski 1:300 000 arkusz Łódź A” (Dylik, Jurkiewiczowa 1950), która była głównym „reperem” wyznaczania zasięgu ostatniego lądolodu w okolicach Łodzi, poczynając od VI Kongresu INQUA w Polsce w 1961 r. do czasów współczesnych. Stało się tak niezależnie od faktu, że na Kongresie, obok interpretacji R. Galona i L. Roszkówny, powtarzającej zasięg lądolodu warty z mapy 1:300 000, została przez S. Z. Różyckiego przedstawiona również nowa koncepcja tego zasięgu, odchodząca od kryterium morfologicznego. Rozpoczynając okres intensywnych studiów nad morfogenezą warciańską H. Klatkova (1972) opowiedziała się za poglądem S. Z. Różyckiego, niezależnie od lawinowego przyrostu informacji na temat południowej części lobu Widawki, który nastąpił w związku z badaniami prowadzonymi przez pracowników Państwowego Instytutu Geologicznego przy okazji dokumentacji bełchatowskiego złoża węgla brunatnego. Różnice poglądów zaznaczono na „Mapie Geologicznej Polski 1:200 000, ark. Łódź A – Mapa utworów powierzchniowych” (Klatkova 1980) w formie rozległej strefy nierozdzielonych glin środkowopolskich. Mapa ta, w zakresie poglądów na temat rozważanej w 103 tomie *Acta Geographica Lodziensia* rozległości strefy ekstraglacialnej lądolodu warty w południowo-wschodniej części regionu łódzkiego, stanowi świadectwo stanu wiedzy sprzed rozpoczęcia szczegółowego kartowania geologicznego.

Autorskie badania paleogeograficzne prowadzone w całym dorzeczu doliny Wolbórki oraz współautorskie prace do „Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000” na arkuszu Tuszyn stały się podstawą przekonania o konieczności przesunięcia zasięgu lądolodu warty przynajmniej do linii Wolbórz–Tomaszów Mazowiecki (Turkowska 1992). Postulat, wysuwany również przez autorów innych arkuszy SMGP, został uwzględniony w reinterpretacji maksymalnego zasięgu tego lądolodu dokonanej przez Państwowy Instytut Geologiczny na „Mapie Geologicznej Polski 1:500 000” (Marks i in. 2006). Fakt ten ma niewątpliwie największe, niejako formalne, znaczenie w upowszechnianiu poglądu o likwidacji ekstraglacialnej zatoki między lobami Widawki i Rawki lądolodu warty na południowy wschód od Łodzi.

Zrealizowana w pierwszych latach bieżącego wieku krytyczna analiza pełnego dorobku geomorfologiczno-paleogeograficznego z obszaru regionu łódzkiego, w tym danych wynikających z badań do SMGP w skali 1:50 000, zainspirowała niżej podpisaną do wysunięcia hipotezy zasięgu lądolodu warty sięgającego północnych stoków wyżyn – Wzgórz Radomszczańskich i Grzbietu Przedborskiego – w formie lobu Pilicy-Luciąży oraz konfluencji lobów na linii wododziałowej garbu łódzkiego (por. „Geomorfologia regionu łódzkiego”, Turkowska 2006). Od 2007 roku weryfikacja stała się przedmiotem badań realizowanych w Katedrze Badań Czwartorzędu UE (od 2012 Katedra Geomorfologii i Paleogeografii). Badania glacialne w obszarze między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem, kluczowym dla badanego problemu, zostały podjęte przez znającą teren z wcześniejszych badań nad rozwojem doliny Luciąży L. Wachecką-Kotkowską, która zaprosiła do współpracy grono specjalistów z dziedziny nauk o Ziemi. W latach 2011–2013 prace Zespołu Badawczego były finansowane z grantu N N306 721140. Częściowe wyniki badań były już przedstawiane na konferencjach krajowych i zagranicznych oraz publikowane. Paleogeograficzne podsumowanie wszystkich materiałów zebra-

nych w badanym wycinku terenu, wraz z pełną dokumentacją badań w formie załączonej na CD bazy danych, przedstawiono w monografii p.t. „Rozwój rzeźby obszaru między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedbórzem w czwartorzędzie” (Wachecka-Kotkowska 2015).

Jak wynika z artykułów przedstawionych w niniejszym tomie, zrealizowane badania dostarczyły licznych przesłanek potwierdzających istnienie lobu Pilicy-Luciąży i świadczą o jego częściowym pokryciu się z lobem Widawki w strefie garbu łódzkiego. Od strony południowej, obydwie loby wyznaczają maksymalny zasięg lądolodu warty na linii Radomsko–Kamieńsk–Rzejowice–Przedbórz w formie festonów, a istnienie strefy ekstraglacjalnej między lobem Widawki i Rawki (*sensu lato*) ogranicza się do małego obszaru na południe od Kamieńska (por. załącznik do tomu). W świetle obecnego stanu wiedzy, ten niewielki obszar nie należy więc do morfogenetycznego regionu łódzkiego, który w myśl definicji zaproponowanej przez niżej podpisaną w 2006 r., stanowi „...wycinek strefy warciańskiej o rzeźbie poligenicznej i złożonej, której ewolucja w kenozoiku była uwarunkowana przez położenie w strefie pogranicza wału metakarpacciego i depresji środkowopolskiej”. Przeprowadzone badania potwierdziły więc zasadność koncepcji regionu i uszczegółowiły przebieg jego południowej granicy. Porównywalność cech strefy marginalnej lądolodu warty w niewielkim, uważanym wcześniej za ekstraglacjalny wycinku środkowej Polski do cech tej strefy we wschodniej Polsce na międzyrzeczu Krzyny i Bugu (por. Godlewska 2015, w tym tomie) określa charakter wniosków jako ponadregionalny.

Wszystkim Autorom gorąco dziękuję za przygotowanie artykułów do 103 tomu *Acta Geographica Lodziensia* informujących o kolejnym etapie badań warciańskich w środkowej i wschodniej Polsce, co pozwoliło na podtrzymanie kronikarskich tradycji najstarszej serii wydawniczej Łódzkiego Towarzystwa Naukowego, założonej przez Jana Dylika w 1948 r. Mam nadzieję, że dyskusja na temat przedstawionych w tomie metod i ich wyników doczeka się wkrótce pełnego podsumowania i że badania układu lobów Widawki i Pilicy-Luciąży (Rawki) w regionie łódzkim będą kontynuowane. Wyrażam opinię, że małe loby, których istnienie stanowi wspólny mianownik przedstawionych w tomie artykułów, powinny stać się przedmiotem szczegółowych zainteresowań badawczych w zakresie zróżnicowania lokalnych kierunków transgresji, dynamiki oraz efektów lito- i morfologicznych w całej, *sensu stricte* marginalnej, strefie lądolodu warty na pograniczu Niżu i Wyżyn.

Krystyna Turkowska

TREŚĆ

Andrzej Barczuk, Lucyna Wachecka-Kotkowska Analiza minerałów ciężkich jako metoda określania źródła osadów wodnolodowcowych w obszarze między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem (summary: Analysis of heavy minerals as a method for determining the source of the glaciofluvial sediments in the Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz area).....	9
Piotr Czubła Analiza zespołów eratyków w glinach lodowcowych i ich znaczenie w rekonstrukcji zasięgu lądolodu warciańskiego w obszarze między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem (summary: Indicator erratics analyses in glacial tills and their significance for the reconstruction of ice-sheet dynamics of the area between Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz).....	25
Anna Godlewska Nowe spojrzenie na dynamikę lądolodu warty w strefie marginalnej na międzyrzeczu Krzny i Bugu (summary: New approach to dynamics of Younger Saalian ice-sheet (Warthe) in the marginal zone in the interfluvium of the Krzna and Bug Rivers).....	45
Maria Górską-Zabielska, Lucyna Wachecka-Kotkowska Petrografia żwirów i eratyki przewodnie w osadach wodnolodowcowych jako przesłanki wnioskowania na temat źródeł i kierunków transportu materiału w obszarze między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem (summary: Gravel petrography and erratics of the glaciofluvial sediments as base of characteristics of the source and transport direction in the Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz area).....	57
Elżbieta Król, Lucyna Wachecka-Kotkowska Anizotropia podatności magnetycznej jako potencjalne narzędzie wyznaczania kierunków paleoprądów w osadach glacygenicznych w obszarze między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem (summary: Anisotropy of magnetic susceptibility as a potential tool of palaeocurrent directions of the glacial sediments in the Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz area).....	79
Lucyna Wachecka-Kotkowska Badania ułożenia klastów w glinach morenowych jako element rekonstrukcji kierunków transportu lodowego w obszarze między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem (summary: Measurements of till fabric orientation in the morainic tills for reconstruction of the ice flow direction in the Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz area).....	99
Załącznik (Annex)	

Andrzej Barczuk*, Lucyna Wachecka-Kotkowska**

* Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Katedra Geochemii, Mineralogii i Petrologii, al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, e-mail: a.barczuk@uw.edu.pl, POLAND

** Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: lucyna.wachecka@geo.uni.lodz.pl, POLAND

ANALIZA MINERAŁÓW CIĘŻKICH JAKO METODA OKREŚLANIA ŹRÓDŁA OSADÓW WODNOŁODOWCOWYCH W OBSZARZE MIĘDZY PIOTRKOWEM TRYBUNALSKIM, RADOMSKIEM A PRZEDBORZEM (ŚRODKOWA POLSKA)

ZARYS TREŚCI

Prezentowane wyniki analizy minerałów frakcji ciężkiej wyseparowane z 39 próbek osadów wodnołodowcowych pobranych w 19 stanowiskach między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem. Analiza wykazała duże zróżnicowanie udziału minerałów nieprzezroczystych (14–82,5%) i przezroczystych (17,5–86%). W nawiązaniu do badań lessowych w okolicach Przedborza, minerały przezroczyste podzielono na 5 grup, przyjmując jako główne kryterium odporność na czynniki wietrzeniowe. Do klasyfikacji dodano grupę 6 – węglany i fosforany ze skał podłoża. Wszystkie próbki wskazały na przewagę źródła skandynawskiego materiału detrytycznego, przy czym stwierdzono pewne powiązanie między odpornością minerałów a odległością i dynamiką transportu osadów oraz ich wiekiem. Obecność tylko w nielicznych próbkach minerałów z utworów lokalnego podłoża dowodzi niewielkiej roli egzaracji w obszarze pogranicza Nizu i Wyżyn. Dochodzący nawet do 40% udział łyszczyków w osadach wodnołodowcowych zinterpretowano jako synsedymencyjne domieszki eoliczne.

Słowa kluczowe: skład mineralogiczny, osady wodnołodowcowe, łądołód warty, region łódzki, środkowa Polska

ANALYSIS OF HEAVY MINERALS AS A METHOD FOR DETERMINING THE SOURCE OF THE GLACIOFLUVIAL SEDIMENTS IN THE PIOTRKÓW TRYBUNALSKI, RADOMSKO AND PRZEDBÓRZ AREA (CENTRAL POLAND)

SUMMARY

Abstract. The paper presents results of the heavy minerals analysis separated of 39 fluvioglacial sediments samples collected at 19 sites in the Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz area. A significant variability of transparent minerals (*ca* 14–82,5%) and opaque (*ca* 17,5–86%) have been shown in the set. Comparing to loess around Przedbórz area as to erosion resistance, transparent minerals were divided into five groups. Additionally, carbonates and phosphates as a local substratum index has been added to the classification of a group of 6. Spectra in all groups proved an advantage of Scandinavian detritic material, which was found some link between the resistance and the distance minerals and sediment transport dynamics and their age. Coming up to 40% of biotites and chlorites in glaciofluvial sediments interpreted as synsedimentary aeolian admixtures.

Key words: mineralogical composition, glaciofluvial deposits, Wartanian ice-sheet, Łódź Region, central Poland

The study was conducted in the area between Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz (Fig. 1, Tab. 2), where the substrate is generally covered with a thin Cainozoic layer (except for Kleszczów Graben). In the south, Mesozoic rocks are often found as monadnock hills. During the

mineralogical analyses minerals were divided into opaque and transparent ones (Tab. 3) and six groups of transparent minerals were selected (Tab. 1). Mineralogical analysis was conducted to identify the proportion of Scandinavian detritus and local material in the Quaternary cover in different parts of the area, and to try to identify sources of feeding and indirectly the transport direction of detritus component of the youngest level glaciofluvial deposits that build different types of glacial forms. Spectra of 39 samples of glaciofluvial sediment (Fig. 2, Tab. 3) lying within the morainic plateau were taken into consideration. The results of the remaining 9 samples from the sediment being older or younger, and coming from the weathering levels were skipped in the discussion. In the spatial analysis of the transparent mineral composition some regularity is visible (Figs 3–6). In the south, in the zone I minerals most resistant to weathering play the biggest role in mineralogical spectra. The case is the Ochotnik site in the sediment of marginal cone, partly covered with basal till (short transport of high dynamics?) and in the Miejskie Pola, where the sediment surrounded by hills of the Przedbórz Range with glaciolacustrine sandy silt (redeposited?) has a spectrum rich in the most resistant minerals (including staurolite and zircon) (Fig. 3).

To the north, generally the percentage of minerals more susceptible to weathering, semi resistant (eg. epidotes and garnets) and non-resistant, especially amphibole (up to 55%) and pyroxene, which are easily crushed and grinded, is increasing. They were interpreted as indicators of the source of the Scandinavian weathering igneous and metamorphic rocks. The role of the Mesozoic substrate is significant only in exceptional cases. The main examples are two sites: Ludwików (on the slope of monadnocks and hump of the basement – Fig. 3) and Teklin II (role of the Kleszczów Graben – Fig. 4). A small part of limestone and phosphate is noted in other spectra, eg. in some samples from Daniszewice, as well as Kamieńsk and Borowa III (Fig. 5), and in Łazy Dąbrowa, on the Piotrków Plain (Fig. 6). Likewise, “local” mineral, glauconite, was found in significant amount only at the Kolonia Ręczno and Daniszewice sites, but there are also traces in spectra of deposits from other positions.

A characteristic feature of all analyzed glaciofluvial sediment samples is significant and sometimes dominant share of transparent minerals – micas and chlorites. Their widespread presence proves the role of winds accompanying the glaciofluvial and “spilled” processes, which enabled last out of non-resistant minerals in the limnoglacial reservoirs or in the bottom of valleys. Mineralogical studies provided information on aeolian processes in shaping glaciofluvial levels. They also indicated that the glacial marginal forms located on the northern slopes of the highlands between Kamieńsk, Kodrąb and Przedbórz were created during the same glacial episode as the forms in the western lobe (Widawka). They contribute as well to the hypothesis of the existence of the Pilica and Luciąża lobe as the most marginal parts of the eastern lobe (Rawka) of the Warta stadial.

Piotr Czubla*

* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Pracownia Geologii, ul. Narutowicza 88,
90-139 Łódź, e-mail: piotr.czubla@geo.uni.lodz.pl, POLAND

**ANALIZA ZESPOŁÓW ERATYKÓW W GLINACH ŁODOWCOWYCH
I ICH ZNACZENIE W REKONSTRUKCJI ZASIĘGU ŁADOŁODU WARCIAŃSKIEGO
W OBSZARZE MIĘDZY PIOTRKOWEM TRYBUNALSKIM,
RADOMSKIEM A PRZEDBORZEM (ŚRODKOWA POLSKA)**

ZARYS TREŚCI

Badania petrograficzne eratyków przewodnich wykazały istnienie co najmniej dwóch litotypów glin (S i O/W), różniących się obszarem alimentacji materiału morenowego. Starszy z nich (S), reprezentowany przez glinę z Mąkolice, został odłożony przez ostatni na tym obszarze awans łądołodu południowopolskiego. Młodszy litotyp (O/W) stanowią osady glacialne kompleksu środkowopolskiego. Wśród nich możliwe jest wyróżnienie dwóch odmian (sublitotypów), odłożonych prawdopodobnie przez odrębne masy lodu (potoki lodowe). Powyższe sublitotypy są czytelne tylko w południowej części obszaru badań. Ich wzajemne usytuowanie w przestrzeni oraz cechy petrograficzne potwierdzają słuszność wniosków opartych na analizie rzeźby, z których wynika, że określony w tytule obszar był zajęty przez łądołód warciański, który nasuwał się z dwóch kierunków.

Słowa kluczowe: eratyki przewodnie, badania petrograficzne, gliny lodowcowe, stratygrafia czwartorzędu, łądołód warciański, region łódzki, środkowa Polska

**INDICATOR ERRATICS ANALYSES IN GLACIAL TILLS AND THEIR SIGNIFICANCE
FOR THE RECONSTRUCTION OF ICE-SHEET DYNAMICS OF THE AREA BETWEEN
PIOTRKÓW TRYBUNALSKI, RADOMSKO AND PRZEDBÓRZ (CENTRAL POLAND)**

SUMMARY

Abstract. Petrographic studies of indicator erratics in glacial sediments revealed the existence of at least two lithotypes of glacial tills (marked S and O/W), differing in source area of moraine material. The older one (S), represented by glacial till in Mąkolice, was deposited by the last advance of South Polish Glaciation in the area. The younger lithotype (O/W) includes glacial sediments of Middle Polish Complex. Among them, two varieties (sublithotypes), probably deposited by separate ice masses (but not ice streams), can be distinguished. These sublithotypes are clearly recognizable only in the southern part of the area under research. Their relative spatial distribution and petrographic features confirm the validity of the conclusions based on the analysis of the relief, which suggests that the ice-sheet during the Middle Polish Glaciation (Odranian/Wartanian) entered the Piotrków region from two directions.

Key words: indicator erratics, petrographic analyses, glacial deposits, Quaternary stratigraphy, Wartanian ice-sheet, Łódź Region, Central Poland

Petrographic research of coarse gravel fraction in glacial sediments showed distinct spatial diversity of their petrographic composition. The best results were achieved with an analysis of theoretical boulder centers (TBC), calculated on the basis of crystalline indicator erratics. Their spatial distribution was analyzed together with a number of data from Central Poland (Czubla 2001, 2006). In the area under research, in glacial sediments it is possible to recognize two main lithotypes (S and O/W), distinctly different in proportions between indicator erratics derived in various regions of Fennoscandia.

The first of lithotypes (S) is characterized by sustainable, high proportions of erratic originating from the middle Sweden (Dalarna) and southern Sweden (Småland, Skåne, Blekinge). There are very few Åland, Baltic and Uppland erratics in this lithotype (Fig. 4). The theoretical boulder center for the till of this lithotype (Mąkolice) is extended far to the west (Fig. 8). It seems, therefore, that it could be reasonable to correlate Mąkolice till with the last (?) advance of South Polish ice-sheet.

In the other study sites tills of the second lithotype (O/W) are present. This lithotype (O/W) is characterized primarily by high proportion of Åland rocks and a low percentage of south-swedish erratics (Figs 2, 3, 5, 6, 7). A share of Dalarna rocks in this lithotype is very varied. Glacial till in Masłowice outcrop is extremely poor in Dalarna erratics. Its theoretical boulder center is located rather far to the south (Fig. 8). It is a location not too far from the TBC of erratics assemblage calculated for the till T2 in Bełchatów opencast mine, which is interpreted as belonging to the South Polish Glaciation (Czubla 2001). It should be noted that a high proportion of Åland erratics in the Masłowice till does not allow to assign it to deposits other than Odranian/Wartanian ones (Fig. 2).

Other erratics assemblages (Daniszewice, Moszczenica, Łazy Duże and Lewkówka samples) have theoretical boulder centers located in sector typical for Odranian/Wartanian (Middle Polish Complex) glacial deposits (see Czubla 2001, 2006). It is noted, however, that amongst them the diversity resulting from the varying stage of weathering exists. For heavily weathered sediments distinctive is a significant shift of their TBCs into the west (Figs 5, 6). Erratics assemblages in Lewkówka, Łazy Duże and Moszczenica are – apart from a minor influence of weathering – very similar (Figs 5, 6, 7). This means that the glacial tills in these sites were deposited by the same mass of ice (ice current – *sensu* Czubla 2015). This assumption is also confirmed by analysis of the relief (Wachecka-Kotkowska 2015) and by the location of sites in the approximately meridional layout, which is consistent with generalized direction of ice-sheet advance in the study area.

Glacial sediments in Daniszewice and Masłowice have theoretical boulder centers located quite far to the east (Fig. 8). It results mainly from high percentage of Åland erratics. However, they vary in the contents of erratics originating from central and southern Fennoscandia. Daniszewice till is rather poor in south-swedish rocks and relatively rich in Dalarna erratics – sublithotype O/W₁ (Fig. 3). In Masłowice, the proportions between these two groups of indicator erratics are reversed – sublithotype O/W₂ (Fig. 2). It can therefore be assumed that the tills in these two sites were deposited by different ice masses – distinct ice currents (they were not ice streams, because no evidence of accelerated ice movement was observed). Analysis of relief in the immediate vicinity of both exposures leads to similar conclusions. Confirmation of this assumption requires verification using other research methods and – most of all – supplementation of the analysis with several sites in the eastern and western parts of the study area. The petrographic research already carried has shown bi-directional inflow of ice masses during the Odranian/Wartanian Glaciation (MIS 6) on Piotrków area, as it was suggested among others by Turkowska (2006) and Wachecka-Kotkowska (2015).

Another aspect of petrographic studies of glacial deposits was stratigraphic correlation of tills building lower part of the northern slope of the hill in Mąkolice with glacial sediments of Sanian 2 age (South Polish Complex). Stratigraphic conclusions helped to establish polygenic nature of this form and to identify the stages of its formation (Wachecka-Kotkowska *et al.* 2012).

Anna Godlewska*

* Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Geoekologii i Paleogeografii, Al. Kraśnicka 2c,d, 20-718 Lublin,
e-mail: anna.godlewska@poczta.umcs.lublin.pl , POLAND

NOWE SPOJRZENIE NA DYNAMIKĘ ŁĄDOŁODU WARTY W STREFIE MARGINALNEJ NA MIĘDZYRZECZU KRZNY I BUGU (WSCHODNIA POLSKA)

ZARYS TREŚCI

Artykuł prezentuje najnowsze wyniki badań prowadzonych nad genezą rzeźby glacialnej i dynamiką strefy marginalnej łądolodu warty w słabo dotychczas rozpoznanym obszarze międzyrzecza Krzny i Bugu we wschodniej Polsce. Zaprezentowany model odbiega znacząco od dotychczasowych poglądów, przyjmujących stan równowagi dynamicznej na linii maksymalnego zasięgu, a następnie recesję arealną. W świetle szczegółowych badań osadów glacialnych z wykorzystaniem analizy litofacjalnej, łądolód warty charakteryzował się zróżnicowaną dynamiką lobów lodowcowych, tak w fazie transgresji, jak i recesji. Jak wskazuje porównanie z najnowszymi wynikami badań między Piotrkowem Trybunalskim, Radomskiem a Przedborzem, pogląd o istnieniu lokalnych lobów w strefie marginalnej łądolodu warty i ich zróżnicowanej (silnie uwarunkowanej morfologią i litologią podłoża przewarciańskiego) dynamice jest aktualny również w środkowej Polsce.

Słowa kluczowe: rzeźba glacialna, łądolód warty, międzyrzecze Krzny i Bugu, wschodnia Polska

NEW APPROACH TO DYNAMICS OF YOUNGER SAALIAN ICE-SHEET (WARTHE) IN THE MARGINAL ZONE IN THE INTERFLUVE OF THE KRZNA AND BUG RIVERS (EASTERN POLAND)

SUMMARY

Abstract. The paper presents the latest results of research on genesis of glacial relief and dynamics of the younger Saalian ice sheet in the marginal zone in poorly recognized area of the interfluve of the Krzna and Bug rivers in eastern Poland. The presented model is significantly different from those interpretations of the relief genesis in this area, presenting ice-margin stabilization stage and then areal recession. In the light of detailed morphological, geological and structural research, the younger Saalian ice sheet was characterized by differentiated dynamics of ice lobes, both during transgression and recession. A comparison with the latest results of research on area between Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz, the notion on presence of regional lobes in the marginal zone of the younger Saalian ice sheet and their differentiated (conditioned by morphology and lithology of pre-Saalian substrate) dynamics is also actual in central Poland.

Key words: glacial relief, younger Saalian ice-sheet, the Krzna and Bug rivers interfluve, eastern Poland

The glacial relief in Poland, glaciated by the younger Saalian ice sheet, was for a long time a subject of interest of geomorphologists and Quaternary geologists. Numerous elaborations, reconstructing genesis and conditions of glacial landscape formation, including dynamics of the ice front, concerned mainly its central part, i.e. in the west of the Vistula river. A poorer recognized eastern part, i.e. in the east of the Vistula river, was significantly poorer elaborated in reconstructing in detail glacial relief and dynamics of the younger Saalian ice sheet in the marginal zone of the Krzna and Bug interfluve.

The paper shortly sums results of research on the genesis of glacial relief in the Krzna and Bug river interfluvium led in 2007–2012 period in eastern Poland. The main aim of this study was to reconstruct the dynamics of the younger Saalian ice-sheet in the marginal zone in the Krzna and Bug interfluvium. The results were compared with the latest views on marginal zone of the younger Saalian ice-sheet in central Poland.

In the reconstruction of dynamics of the Liwiec, Toczna and Klukówka lobes of the younger Saalian ice-sheet in the Krzna and Bug interfluvium there was followed a procedure accepted for sedimentological investigations of glacial marginal zones. The investigations following this procedure included: identification of geological and geomorphological situation of the younger Saalian glacial deposits; detailed sedimentological studies of the younger Saalian glacial deposits in the representative research sites; lithofacies and mesostructural analyses of the younger Saalian glacial deposits in the representative research sites.

Based on the morphological and geological analyses of the younger Saalian deposits and also genetic interpretation of glacial marginal forms and their spatial distribution, a different dynamics of the ice lobes was indicated, i.e.: 1) the ice margin of the Liwiec lobe was formed by transgressive ice and undergoing frontal and areal recession; 2) the ice margin of the Toczna lobe was formed by the ice undergoing frontal recession; 3) the ice margin of the Klukówka lobe was formed by transgressive, stationary ice and underwent areal recession.

The presented model of dynamics of the younger Saalian ice sheet in the marginal part in the Krzna and Bug interfluvium differs considerably from the latest original concepts and reconstructions of its dynamics. This ice sheet was characterized not exclusively by dynamic equilibrium at its maximum extent line, and then not only areal deglaciation occurred. It was the ice sheet of strongly diverse dynamics, both in the transgression and recession phase, and it was considerably influenced by the morphology and locally also lithology of the pre-younger Saalian substratum. The presented marginal zone of the younger Saalian ice-sheet in eastern Poland is comparable to other part, especially in central Poland.

Maria Górską-Zabielska*, **Lucyna Wachecka-Kotkowska****

* Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Instytut Geografii, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, e-mail: maria.gorska-zabielska@ujk.edu.pl, POLAND

** Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: lucyna.wachecka@geo.uni.lodz.pl, POLAND

**PETROGRAFIA ŻWIRÓW I ERATYKI PRZEWODNIE
W OSADACH WODNOŁODOWCOWYCH JAKO PRZESŁANKI WNIOSKOWANIA
NA TEMAT ŹRÓDEŁ I KIERUNKÓW TRANSPORTU MATERIAŁU
W OBSZARZE MIĘDZY PIOTRKOWEM TRYBUNALSKIM, RADOMSKIM
A PRZEDBORZEM (ŚRODKOWA POLSKA)**

ZARYS TREŚCI

W artykule przedstawiono cechy petrograficzne średnioziarnistych żwirów (4–10 mm) dla 64 próbek w 28 stanowiskach terenowych oraz gruboziarnistych (20–60 mm) w połączeniu ze wskaźnikiem TGZ dla 7 stanowisk. Stwierdzono, że w całym badanym obszarze skład petrograficzny w osadach wodnołodowcowych jest generalnie podobny. Wskazano, że w drobniejszej frakcji żwiru rzadziej obecne są wapienie dolnopaleozoiczne, natomiast więcej jest skał krystalicznych i krzemieni. Analiza petrograficzna frakcji grubszej żwiru dowodzi, że zanim lądolód dotarł do północnych stoków wyżyn musiał przemieszczać się (= egzarował) po wychodniach skał w SE Szwecji oraz dnie Bałtyku. Wyliczone centrum gładowe badanych osadów lokuje się w strefie ograniczonej koordynatami geograficznymi: 16,4–17,0°E oraz 57,5–58,7°N.

Słowa kluczowe: petrografia żwirów, wskaźnik TGZ, osady wodnołodowcowe, lądolód warty, region łódzki, środkowa Polska

**GRAVEL PETROGRAPHY AND ERRATICS OF THE GLACIOFLUVIAL SEDIMENTS
AS BASE OF CHARACTERISTICS OF THE SOURCE AND TRANSPORT DIRECTION
IN THE PIOTRKÓW TRYBUNALSKI, RADOMSKO AND PRZEDBÓRZ AREA
(CENTRAL POLAND)**

SUMMARY

Abstract. The article presents petrographic features of medium (4–10 mm) and coarse (20–60 mm) gravels for 64 samples from 28 sites together with TGZ (Theoretical Gravel Centre) index for 7 sites. It has been found that in the investigated area in glaciofluvial sediments petrography is generally similar. Also pointed was, that in the finer gravel fraction the Lower Palaeozoic limestones are rare, however crystalline and flint rocks are more evident. Petrography of the coarse gravel fraction proves that before the ice-sheet reached the Northern Polish Upland slopes, it must have moved along outcrops in the South-East Sweden and the Baltic floor. The connected TGZ index of the sediments investigated lies within 16,4–17,0°E and 57,5–58,7°N coordinates.

Key words: gravel petrography, TGZ index, glaciofluvial deposits, Wartanian ice-sheet, Łódź Region, central Poland

The main aim of the study was to verify the hypothesis (Turkowska 2006) questioning the existence of interlobal extraglacial zone of the Wartanian ice sheet in the SE Łódź Region (Fig. 1). The study included fluvio-glacial sediments from 28 sites, building glaciomarginal forms from the last ice sheet in central Poland (Fig. 2, Tab. 1). Investigation of fluvio-glacial deposits in the area between Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz (Fig. 1), on the border of Central Polish Lowlands and Uplands, was for the first time applied to identify Scandinavian rocks – petrographic analysis of gravel

in the medium (4–10 mm) and the coarse (20–60 mm) fractions. The coarse one was analyzed to identify maternity area (theoretical center of boulders, TGZ) and erratic Scandinavian indicators (Fig. 3).

The study showed that marginal forms are composed of sediments of similar petrographic characteristics (Figs 4–12). Their variation, expressed in different percentage of the same types among samples, is associated with the fraction tested and the place of sampling. Two basic petrographic groups identifiable of medium gravel are Lower Palaeozoic limestones and crystalline rocks. If limestones are represented in the sample, their percentage substantially exceeds the percentage of crystalline rocks. Deposits at the Mąkolice and Lewkówka sites are the exceptions. If the sample was taken in the area of elution/weathering, the limestones are absent.

This is typical phenomenon resulting from the physical characteristics of rocks. The third and largest petrographic group in this fraction are sandstones. They are present in each sample of both fractions. Quartz is another petrographic group encountered in all tested samples in the 4–10 mm fraction for fluvioglacial sediments. The universal presence of quartz in this type of sediment is not surprising – the typical fluvioglacial is in fact enriched by those "hard" petrographic components. The percentage of quartz is markedly reduced or even disappearing in coarse gravel, which is typical for this petrography. Flints are present in the sediments of all zones of the study area, but those found in zone II – Dobryrzyckie Hills showed the highest average of approx. 3%. In the remaining zones flint varies between 1.4% and 1.8%. Flints are also present in the four samples of coarse gravel. An above-average amount of flint at the Kolonia Trzepnica site could be the result of enrichment in some distant, local outcrop.

Soft and brittle Palaeozoic shales are visible in the medium gravel of all four zones. Their average share varies (Tab. 3): the smallest share of shale was found in the Radomsko Hills and Przedbórz Range (zone I), while the largest on Piotrków Plain (zone IV). The presence of those rocks on the border between the Polish Lowlands and Uplands is rather difficult to bind with the Scandinavian source. The source of their origin could be a local outcrop in the vicinity of the study area. Palaeozoic shales have been identified in a group of coarse gravel.

Considering the results of the analysis of guiding and indicating erratics it can be seen that the main stream of the Wartanian ice-sheet, which put down deposits in the southern part of the study, had to move to either the western part of the Baltic seabed, ranging from outcrop in the vicinity of the Åland Islands, and along the east coast of the present-day southern Sweden. Sediments of the Dobryrzyckie Hills were brought by the same glacial stream, which was testified by the guiding erratic at Teklin; mostly rocks from the bottom of the Baltic Sea, such as red Baltic porphyry, Bornholm granites, Tessini sandstones, as well as erratic indicators: Baltic Jotnian sandstones, red Silurian and Ordovician limestones. The glacier that deposited sediments in zone III had to move around the Baltic Lower Palaeozoic limestone outcrops and outcrops of crystalline rocks in the eastern part of southern Sweden. Approaching the place of deposition at the Borowa and Mąkolice sites glacial stream had to move through the local outcrops of flint, as gravels are enriched in these rocks.

Basing on petrographic analyzes of sediments obtained was a detailed picture of the last continental marginal zone in central Poland. This is also confirmed the theoretical center of boulders (TGZ) located in a narrow range, defined by geographical coordinates: 16.4–17.0° E and 57.5–58.7° N. On this basis, there is evidence to conclude that the area was within the same glacial stream, fed by petrographic material, which had outcrops in what is now south-eastern Sweden, and the western part of the central Baltic Sea.

Elżbieta Król*, Lucyna Wachecka-Kotkowska**

* Polska Akademia Nauk, Instytut Geofizyki, ul. Księcia Janusza 64, 01-452 Warszawa, e-mail: duzy.canis@gmail.com, POLAND

** Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: lucyna.wachecka@geo.uni.lodz.pl, POLAND

ANIZOTROPIA PODATNOŚCI MAGNETYCZNEJ JAKO POTENCJALNE NARZĘDZIE WYZNACZENIA KIERUNKÓW PALEOPRĄDÓW W OSADACH GLACJALNYCH W OBSZARZE MIĘDZY PIOTRKOWEM TRYBUNALSKIM, RADOMSKIEM A PRZEDBORZEM (ŚRODKOWA POLSKA)

ZARYS TREŚCI

Prezentowano wyniki pomiarów anizotropii podatności magnetycznej (AMS) osadów czwartorzędowych pobranych z 13 stanowisk położonych w strefach I–IV form glacialnych SE części regionu łódzkiego. Na podstawie analizy statystycznej i graficznej położenia osi głównych elipsoid obrazujących tensory anizotropii podatności magnetycznej, odtworzono kierunki transportu glacialnego dla 206 próbek osadów różnego wieku i typu, głównie glacialnych. Stwierdzono przydatność analizy AMS przy wyznaczaniu kierunku transportu klastów w glinie lodowcowej oraz przy weryfikacji wyników pomiarów kierunkowych w osadach warstwowych wykonanych innymi metodami.

Słowa kluczowe: anizotropia podatności magnetycznej, kierunki paleoprądów, osady glacialne, łądolód warty, region łódzki, środkowa Polska

ANISOTROPY OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY AS A POTENTIAL TOOL OF PALAEOCURRENT DIRECTIONS OF THE GLACIAL SEDIMENTS IN THE PIOTRKÓW TRYBUNALSKI, RADOMSKO AND PRZEDBÓRZ AREA (CENTRAL POLAND)

SUMMARY

Abstract. This article presents the results of measurements of the anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) of Quaternary sediments collected from 13 sites, located in zones I–IV of glacial forms in SE of the Łódź Region. Based on statistical analysis and graphical position of the principal axes of ellipsoids illustrating the magnetic susceptibility tensors, recreated directions of transport for 206 samples, mainly of glacial sediment of different ages and types. The usefulness of AMS analysis in determining the direction of transport in clasts of the till has been proved and also to verification of the directional results of other measurements in the sediments layered.

Key words: anisotropy of magnetic susceptibility, palaeo-transport directions, glacial sediments, Wartanian ice-sheet, Łódź Region, central Poland

Research of anisotropy of magnetic susceptibility (AMS; Fig. 1) was carried out in the area between Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz, in the southeastern part of the Łódź Region (Fig. 2). The aim of this article is to present the methodology that was used for the first time for palaeogeographical study in the Łódź Region and to assess its suitability for determining the direct and indirect glacial transport in the context of a comparison with the results of other methods used.

For the AMS study 206 samples were collected in 13 sites located in zones I–IV highlighted in the study area (Fig. 3, Tab. 1). Statistical and graphical main AMS measurements for each sites are shown in Table 2 and in Figures 4–16.

Confirmed was possible use of measuring anisotropy of magnetic susceptibility to designate directions palaeocurrents in the Pleistocene sediments, in which anisotropy of magnetic susceptibility is related to the susceptibility to the paramagnetic fraction of sediments. It also applies to sand with very low magnetic susceptibility values. It was pointed out that satisfactory results are obtained for the parameter describing the degree of anisotropy of magnetic susceptibility PJ equal to at least 3%, provided the investigation in a given site is sufficient from the point of view of statistical samples.

AMS study in non-laminated sediments, such as till, allowed to determine the direction of clast transport prior to their submission. That approach is complementary: it can verify and complement results, but can also replace other methods, for example laminae declination measurements. AMS analysis is particularly recommended in pilot studies. Interpretation of average sediment transport directions obtained by AMS in various outcrops can be helpful as a supplementary of knowledge in the field of research and hypotheses on the diversity of glacial sediment transport directions put forward basing on field observations and results of other studies (eg. sedimentological, petro-graphy).

Specific conclusions of the correlation of hypothetical palaeocurrents directions transporting glacial material with the results of anisotropy of magnetic susceptibility allow to distinguish between two different types of deposits: 1 – those in which the directions of transport of sediments can be correlated in the stereogram with k_{\max} axis (eg. in clays or tills), 2 – those in which these transport directions coincide with the k_{int} axis (eg. sandy and silty sediments).

Lucyna Wachecka-Kotkowska*

* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, e-mail: lucyna.wachecka@geo.uni.lodz.pl, POLAND

**BADANIA UŁOŻENIA KLASTÓW W GLINACH MORENOWYCH
JAKO ELEMENT REKONSTRUKCJI KIERUNKÓW TRANSPORTU LODOWEGO
W OBSZARZE MIĘDZY PIOTRKOWEM TRYBUNALSKIM, RADOMSKIM
A PRZEDBORZEM (ŚRODKOWA POLSKA)**

ZARYS TREŚCI

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów orientacji osi dłuższej klastów w glinie morenowej w 11 stanowiskach (w 12 ścianach), w strefach I–IV wyróżnionych form glacialnych. Położona w części zachodniej strefa III odpowiada skrajowi dobrze poznanego w regionie łódzkim lobu Widawki. Zajmujące większą część terenu badań strefy I, II i IV powiązane z hipotetycznym lobem Pilicy-Luciaży łądłodu warty. Pomiaru ułożenia głązików w strefie III potwierdziły pogląd, że łądłód napływał tam z kierunków NNW i NW (330–340°). W świetle badań w pozostałym obszarze (strefy I, II i IV), transgresja nastąpiła z kierunków N, NE i NNE (357–52°). łądłód dotarł do linii Kamieńsk–Rzejowice–Przedbórz. Na garbie łódzkim, w pasie południkowym między Tuszyńem a Radomskiem (Kamieńskiem), występują różne kierunki ułożenia klastów, co zinterpretowano jako wynik konfluencji obu lobów.

Słowa kluczowe: glina morenowa, orientacja głązików, łądłód warty, region łódzki, środkowa Polska

**MEASUREMENTS OF TILL FABRIC ORIENTATION IN THE MORAINIC TILLS
FOR RECONSTRUCTION OF THE ICE FLOW DIRECTION
IN THE PIOTRKÓW TRYBUNALSKI, RADOMSKO AND PRZEDBÓRZ
(CENTRAL POLAND)**

SUMMARY

Abstract. The article presents the results of measurements of the longer axes orientation in the morainic tills at 11 sites and 12 outcrops in zones I–IV of the glacial forms in the area between Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz. Zone III located in the western part of the said area corresponds to the well-recognised Widawka lobe in the Łódź region. Zones I, II and IV in the eastern part of the study area associated with the hypothetic Pilica-Luciaża lobe (S part of the Rawka lobe) and both coming from the Warta ice-sheet. Measurements of fabric clasts in zone III proved that the ice sheet has arrived from NNW and NW (330°–340°). In zones I, II, and IV transgression came from the NNE and NE (357°–52°). The lobe reached the Kamieńsk–Rzejowice–Przedbórz line. In the Łódź hump, the meridian belt between Kamieńsk and Łódź fabric tills are of various orientation interpreted as a confluence of the two lobes.

Key words: morainic till, till fabrics, Wartanian ice-sheet, Łódź Region, central Poland

Till fabrics orientation was carried out in glacial till in the area between Piotrków Trybunalski, Radomsko and Przedbórz, until recent years almost entirely interpreted as extraglacial terms of the maximum range of the Wartanian ice sheet in central Poland. Reconstruction of ice flow directions in each of the highlighted zones I–IV of the glacial forms would be one way to answer to the question of the hypothetically established relationship of till in the whole SE Łódź Region covered by the Warta ice-sheet (Fig. 1), and generally verify the hypothesis calling into question the existence of the interlobal zone in SE part of Łódź Region (*cf.* Turkowska 2006).

Main results of the characteristics of the directional tills are shown in four zones (Figs 2–6; Tab. 1) against the test results along the axis of the Łódź hump completed in the nineties under the direction by Klatkova (1992, 1993, 1995) (Fig. 7). In the south of the study area (zone I) ice sheet covered the proximal part of the basal till glaciofluvial cones against his forehead during transgression, creating glacial forms of marginal spread between outliers of the Mesozoic surface, situated above 250 m a.s.l. Statistical results of investigation conducted in the orientation of gravels in till at the Ochotnik and Kalinki sites and glacial striae in Dęba prove that the palaeotransportation ran generally from the north, which was in line with axis of the central part of the Pilica valley. A more detailed analysis of azimuth and inclination of the axis of till fabrics clearly shows the local adaptation of transport to the formation of substratum.

In the central part of the area (zone II), the ice sheet also transgressed from the north (Szczepanowice $A = 4,5^\circ$). Bimodality in the distribution of gravels in Daniszewice and slide direction change of NNW ($A = 330\text{--}340^\circ$) associated with the Kleszczów Graben which might have forced a longer stop of the ice-masses axis along the Dobryczyce moraines and a small oscillation of the NW and/or post-glacial till on the fossil slope.

In the Bełchatów Plateau (zone III) results of the axis direction confirmed was the crossing of ice transport directions in the Łódź hump from NW and NE (Fig. 7). First, glacial masses sprang from the NE (Kamieńsk $A = 21^\circ$), deforming the ground and squeezing of the San 2 till (Mąkolice III). Then there was a transgression from the NW/NNW (Mąkolice III and V $A \text{ ca } 330^\circ$). In the interlobate zone, depending on the location, the influx of ice masses from the east and/or west participated in different proportions. Generally, this is to assume a confluence of both lobes – the Widawka and Rawka ones.

In the Piotrków Plain (zone IV) the Wartanian ice sheet inflowed from NE and NNE directions. At the Rokszycze and Piotrków Focus Mall sites, the azimuth calculated *ca* 52° refers to the direction of the axis of the fossil Włodzimierzów and Niechcice valleys (now the lower Luciąża valley – see Wachecka-Kotkowska 2004). The bimodality of the directions N and NE shows different preferences the Pilica sector (S–N) and the lower Luciąża (SW–NE). On the plain ground moraine in the northern part of the study area also documented were traces of ice transport from the western sector (Lewkówka $A = 350^\circ$).

The interpretation directions of the Wartanian ice masses transgression allows to draw following conclusions. The Warta ice-sheet inflowed not only in the western part of the investigated area of the NNW and NW ($330\text{--}340^\circ$) as Widawka lobe, but also on the previously interpreted as an extraglacial area (in relation to the Warta transgression) of N, NE and NNE ($357\text{--}52^\circ$) as a Pilica-Luciąża lobe. It used the old valley routes reaching the northern slopes of the highlands in the vicinity of Przedbórz. On the Łódź hump came to a confluence of the Warta ice lobes from west (Widawka lobe) and east (Rawka, Pilica and Luciąża lobes).