

Wstępne wyniki analizy petrograficznej osadów w żwirowni Łubienica-Superunki

Preliminary results of petrographic analysis of deposits in Łubienica-Superunki gravel pit

Maria Górską-Zabielska

Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Instytut Geografii, Kielce; maria.gorska-zabielska@ujk.edu.pl

Zarys treści: Osady piaszczysto-żwirowe pochodzące z transgresji stadiału młodszego zlodowacenia warty w Łubienicy-Superunkach zostały zbadane pod kątem składu petrograficznego frakcji średniożwirowej i grubożwirowej. Stwierdzono wyraźną przewagę skał krystalicznych, brak skał węglanowych oraz dziesięcioprocentowy udział piaskowców. Kwarc zmniejsza swój udział z około 9% we frakcji średniożwirowej do 0,6% we frakcji grubożwirowej. We frakcji 20–60 mm zidentyfikowano narzutniki fennoskandzkie. Wśród nich były narzutniki przewodnie z Wysp Alandzkich i sąsiadujących regionów Uppland i dna północnego Bałtyku oraz z obszaru południowo-wschodniej Szwecji (Småland). Wśród narzutników wskaźnikowych nie znaleziono ani jednego egzemplarza skały węglanowej.

Słowa kluczowe: analiza petrograficzna żwirów, narzutniki fennoskandzkie, zlodowacenie warty, Nizina Północnomazowiecka

Abstract: Sandy and gravel deposits, originating from the ice sheet transgression during the younger stadial of the Warthanian glaciation in Łubienica-Superunki, have been examined in terms of petrographic composition of the middle-coarse gravel fraction and pebble fraction. The distinct predomination of crystalline rocks, no carbonate rocks and a 10% share of sandstones have been ascertained. Quartz has reduced its share from about 9% in the middle-coarse gravel fraction to 0.6% in pebble fraction. The Scandinavian erratics have been identified within the 20–60 mm fraction. Among them the indicator erratics from the Åland Islands, neighboring Uppland, North Baltic bottom and Småland have been found. There was no single carbonate rock found among the so called statistical erratics.

Keywords: petrographic analysis of gravels, Scandinavian erratics, Warthanian glaciation, North-Masovian Lowland

Pamięci mego śp. Ojca, Jerzego (1933–2017)

Wstęp

Stanowisko w Łubienicy-Superunkach leży w obrębie płaskiej wysoczyzny polodowcowej, na pograniczu Doliny Dolnej Narwi i Wysoczyzny Ciechanowskiej Niziny Północnomazowieckiej (Kondracki 2000). Odślaniające się w nim osady piaszczyste to, zdaniem Nowak (1969), utwory pokrywowe powstałe w czasie zlodowacenia wisły ze zwietrzenia i rozmycia gliny lodowcowej i piasków lodowcowych zakumulowanych wcześniej, prawdopodobnie podczas fazy wierzbińskiej stadiału północnomazowieckiego.

W świetle nowszych badań jest to odpowiednik stadiału środkowego zlodowacenia warty (Kucharska, Pochocka-Szwarc 2012) względnie stadiału warty zlodowacenia środkowopolskiego (Marks i in. 2016). Według Frankiewicza (2017) wybrane do analizy żwiry pochodzą z transgresji młodszego stadiału zlodowacenia warty. W okresie, kiedy wykonywano badania na potrzeby SMGP (ark. Serock, nr 0450), złożę w Łubienicy-Superunkach nie było znane ani tym bardziej eksploatowane. Stąd w opracowaniu Nowak (1969) nie ma informacji na temat przeprowadzonych analiz petrograficznych osadów piaszczy-

sto-żwirowych na badanym stanowisku. W jej pracy są jedynie zawarte wyniki bardzo ograniczonych badań (wyróżniono zaledwie trzy typy petrograficzne), jakimi objęto glinę lodowcową odsłaniającą się w strefie glaciomarginalnej fazy wierzbickiej stadiału północnomazowieckiego zlodowacenia środkowopolskiego, w odległości około 6 km na południe od Łubienicy-Superunek.

W związku z powyższym należy przyjąć, że osady występujące w żwirowni Łubienica-Superunki nie były jak dotąd w ogóle przebadane pod kątem składu petrograficznego, w tym nie przeprowadzono identyfikacji fennoskandzkich eratyków przewodnich. Głównym celem podjętych badań jest zatem poznanie spektrum petrograficznego osadów średniożwirowych i grubożwirowych zlodowacenia środkowopolskiego, występujących w badanym stanowisku. Celem badań jest także próba korelacji badanych osadów z osadami pogranicza Doliny Dolnej Narwi i Wysoczyzny Ciechanowskiej, występującymi w granicach sąsiednich arkuszy SMGP. Z wynikami analiz petrograficznych frakcji grubożwirowej autorka wiąże nadzieję na wskazanie obszaru alimentacyjnego tej części ładolodu, której masy lodu dotarły po obszar badań.

Przeprowadzenie badań nad składem petrograficznym w osadach glaciofluwalnych wpisuje się w nurt badań autorki (Górska 2000a, 2002, 2003, 2006, Górska-Zabielska 2008, Górska-Zabielska,

Wachecka-Kotkowska 2014, 2015 i tamże przegląd literatury), skupiających się wokół zagadnienia przydatności tego typu litogenetycznych osadów w analizach zmierzających do interpretacji proveniencji ładolodu.

Pobrane w spągu południowej ściany czynnej żwirowni Łubienica-Superunki osady zostały przeanalizowane pod kątem składu petrograficznego frakcji średniożwirowej (4–10 mm) i grubożwirowej (20–60 mm). Ponadto w osadach grubszych zidentyfikowano fennoskandzkie eratyki przewodnie. Prace terenowe i analizy laboratoryjne wykonano zgodnie z zasadami metodycznymi wielu autorów, podanymi w publikacjach autorki (m.in. Górska 2000b, 2003, Górska-Zabielska 2008).

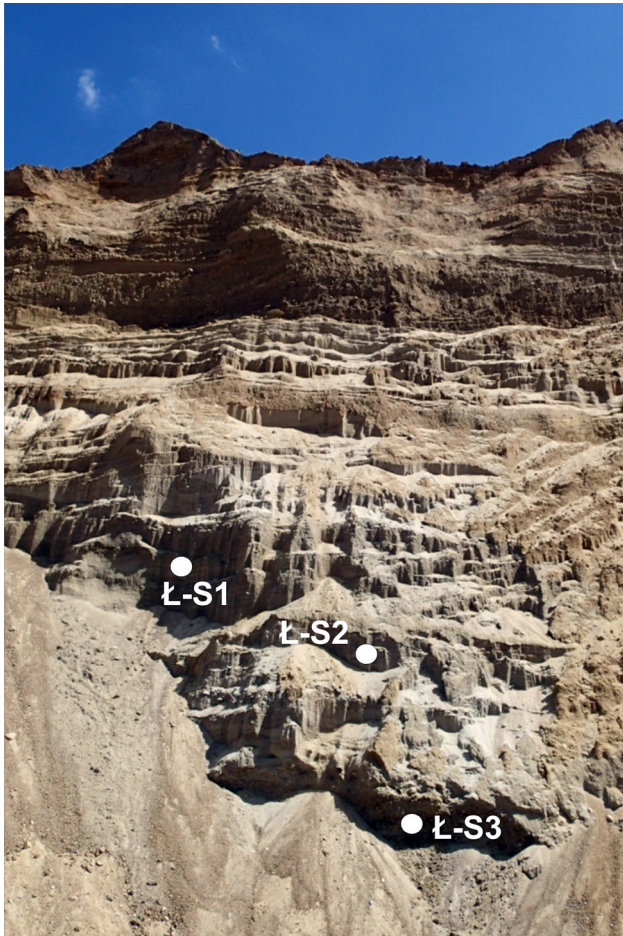
Zakres badań

Południową ścianę odsłonięcia (nr 1 na ryc. 1) w żwirowni Łubienica-Superunki, o wysokości około 10 m, tworzy (stan na czerwiec 2017 r.) w całości osad piaszczysty warstwowany horyzontalnie Sh oraz warstwowany przekątnie płasko Sp, z rzadkimi soczewkami osadów średniożwirowych Gh, Gp. Frakcja żwirów gruboziarnistych występuje bardzo sporadycznie. Na głębokości około 8–9 m poniżej współczesnej rzędnej terenu pobrano dwie próbki



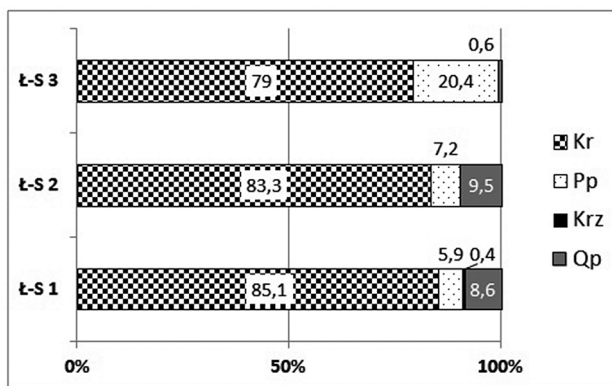
Ryc. 1. Lokalizacja południowej ściany (1) w żwirowni w Łubienicy-Superunkach na tle SMGP, ark Serock (Nowak 1969, zmienione; zdjęcie satelitarne z Google Maps)

Fig. 1. Location of the southern wall (1) in Łubienica-Superunki gravel pit against the Detailed geological map of Poland, sheet Serock (Nowak 1969, changed; satellite image by Google maps)



Ryc. 2. Lokalizacja miejsc poboru próbek Ł-S1, Ł-S2, Ł-S3 w południowej ścianie żwirowni w Łubienicy-Superunkach (fot. E. Smolska 2017)

Fig. 2. Location of samples Ł-S1, Ł-S2, Ł-S3 in Łubienica-Superunki gravel pit (photo: E. Smolska 2017)



Ryc. 3. Skład petrograficzny frakcji średniożwirowej (próbki Ł-S1 i Ł-S2) oraz grubożwirowej (próbka Ł-S3)
Kr – skały krystaliczne, Pp – piaskowce, Krz – krzemienie, Qp – kwarc

Fig. 3. Petrographic composition of gravels of the 4–10 mm (samples Ł-S1 and Ł-S2) and gravels of the 20–60 mm (Ł-S3)
Kr – crystallines, Pp – sandstones, Krz – flints, Qp – quartz

osadów średniożwirowych (Ł-S1 i Ł-S2) oraz jedną próbkę osadów grubożwirowych (Ł-S3; ryc. 2).

W toku prac laboratoryjnych, uwzględniając zalecenia metodyczne Trembaczowskiego (1961, 1967) i Böse (1989), dotyczące statystycznie reprezentatywnej liczby ziaren, oraz Rutkowskiego (1995), związane z kwartowaniem próbki, zakwalifikowano do analizy petrograficznej po 310 i 293 szt. ziaren próbek frakcji 4–10 mm, odpowiednio S-Ł1 i S-Ł2. Mając na uwadze zalecenia Lüttiga (1958) i Meyera (1983, 1985), do analizy narzutniaków fennoskandzkich zakwalifikowano 521 okazów skał frakcji 20–60 mm (S-Ł3).

Wyniki

Skład petrograficzny frakcji średniożwirowej i grubożwirowej osadów glaciofluwialnych

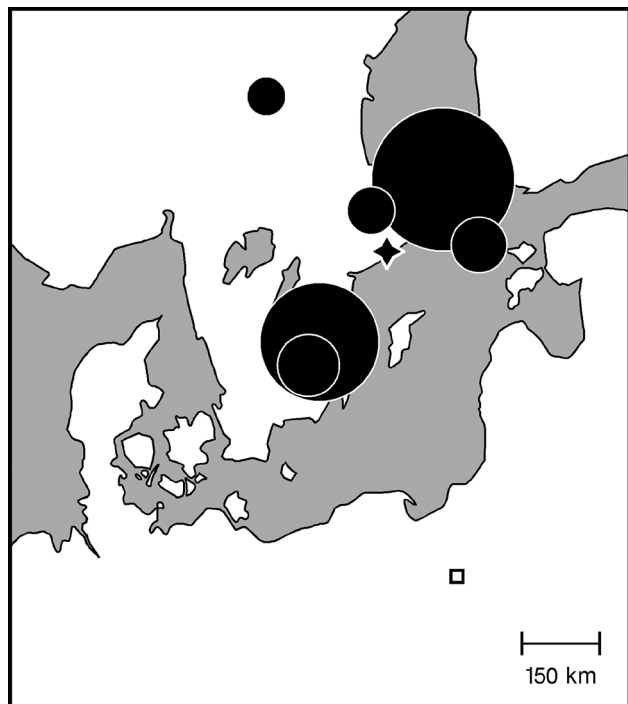
W obu próbkach osadów frakcji średniożwirowej (Ł-S1 i Ł-S2; ryc. 3) zanotowano podobny skład petrograficzny: zdecydowanie dominują skały krystaliczne (Kr 83,3 – 85,1%). Kwarc Qp jest obecny w około 9%; piaskowców – niewiele mniej (Pp 5,9–7,2%). W jednej próbce zidentyfikowano 1 okaz krzemienia Krz. W badanych osadach nie stwierdzono obecności skał węglanowych.

W próbce frakcji grubożwirowej (próbka Ł-S3; frakcja 20–60 mm) występują praktycznie wyłącznie skały krystaliczne (79%) i piaskowce (20,4%). Kwarc występuje w śladowych ilościach, tj. 0,6%. Podobnie, jak we frakcji drobniejszej, także i tu nie odnotowano obecności skał węglanowych.

Eratyki przewodnie

Wśród dominujących w próbce żwirów gruboziarnistych (20–60 mm) skał krystalicznych (79%) stwierdzono obecność sześciu typów eratyków przewodnich. Najwięcej okazów pochodzi z rejonu Wysp Alandzkich; są to alandzkie porfiry kwarcowe (26 szt.; ryc. 4). Drugą grupą eratyków są granity z południowo-wschodniej Szwecji, z regionu Småland (18 szt.). Z tego samego obszaru macierzystego pochodzi 5 egz. kwarcowych porfirów Småland. Z dna Bałtyku, z okolic na południe od Wysp Alandzkich, pochodzą 4 okazy czerwonego porfiru bałtyckiego. W próbce stwierdzono ponadto obecność 3 granitów Uppsala (z regionu Uppland) i 2 – porfirów Bredvad (z regionu Dalarna; ryc. 4, 5).

W grupie skał osadowych zidentyfikowano eratyki wskaźnikowe, tj. 28 piaskowców jotnickich (o wychodniach w dnie środkowego i północnego Bałtyku oraz z Dalarny) i 1 egzemplarz piaskowca, przypuszczalnie kredowego (z dna południowego Bałtyku; ryc. 5).



Ryc. 4. Pochodzenie eratyków przewodnich, zidentyfikowanych w osadach grubożwirowych żwirowni Łubienica – Superunki.

Średnica kół jest uzależniona od liczebności rodzajów eratyków przewodnich. Białym kwadratem zaznaczono lokalizację żwirowni. Gwiazdką zaznaczono lokalizację teoretycznego centrum gładzowego TCG

Fig. 4. The origin of the indicator erratics identified in 20–60 mm gravels in the Łubienica – Superunki gravel pit.

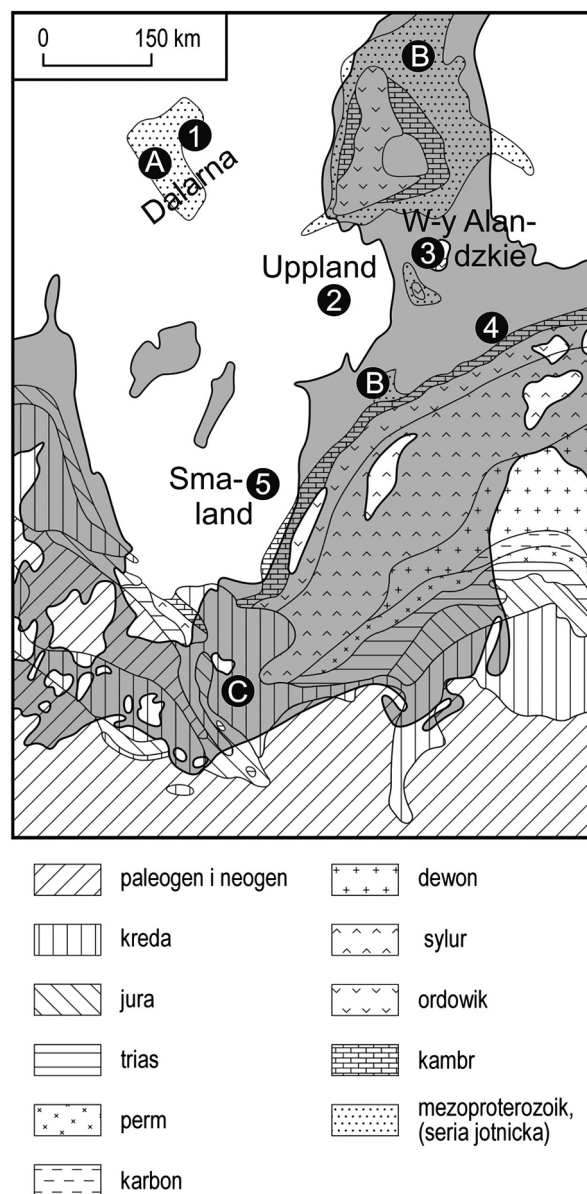
The diameter of the circles depends on the number of the indicator erratics. White box stands for the study site. Star symbol stands for the theoretical stone center TSC

Wyliczone na podstawie eratyków przewodnich (nr 1–5 na ryc. 5) teoretyczne centrum gładzowe TCG (Lüttig 1958) badanych osadów zlokalizowane jest w punkcie o współrzędnych 59°N i 18°E.

Dyskusja

Mając na uwadze doświadczenia i uzyskane wyniki badań petrograficznych żwirów gliny lodowcowej i odpowiadających jej chronostratygraficznie osadów fluwioglacjalnych w różnych częściach Polski oraz w NE Niemczech (Górska 2000a, 2002, 2003, 2006, Górska-Zabielska 2008, Górska-Zabielska, Wacheccka-Kotkowska 2014, 2015), zdecydowano się podjąć takie badania także na północnym Mazowszu, obszarze jak dotąd nieznanym autorce.

Podjmując próbę korelacji otrzymanych wyników wstępnych badań petrograficznych osadów żwirowni Łubienica-Superunki, należy przywołać tu wyniki mało szczegółowej analizy petrograficz-



Ryc. 5. Lokalizacja wychodni zidentyfikowanych w osadach żwirowni Łubienica-Superunki eratyków przewodnich i symboliczna lokalizacja wychodni eratyków wskaźnikowych na tle zasięgu występowania fennoskandzkich obszarów źródłowych.

W żwirowni Łubienica-Superunki zidentyfikowano eratyki przewodnie: 1 – porfir Bredvad, 2 – granit Uppsala, 3 – porfir kwarcowy Åland, 4 – czerwony porfir bałtycki, 5 – granit Småland i eratyki wskaźnikowe: A – piaskowiec Dalarna, B – piaskowiec jotnicki, C – piaskowiec kredowy

Fig. 5. Location of the outcrops of, identified in the Łubienica-Superunki gravel pit, indicator erratics and symbolic location of the outcrops of so called statistical erratics, against the limits of Fennoscandian source areas.

In the Łubienica-Superunki gravel pit the following indicator erratics were identified: 1 – Bredvad porphyry, 2 – Uppsala granite, 3 – Åland quartz porphyry, 4 – red Baltic porphyry, 5 – Småland granite as well as so called statistical erratics: A – Dalarna sandstone, B – Jotnian sandstone, C – Cretaceous sandstone

Tabela 1. Skład petrograficzny piasków i żwirów w Dzierżeninie dla ziarn powyżej 2 mm, w % (Nowak 1969: 27)

Table 1. Petrographic composition of sands and gravels in Dzierżenin, fraction bigger than 2 mm, in % (Nowak 1969: 27)

Skład petrograficzny	Część południowa		Część północna	
	1,7–1,3	2,0–4,9	0,2–1,9	1,9–4,3
Skał magmetycznych i metamorficznych	50	40	50	70
Wapieni	48	55	45	22
Kwarcytów	2	5	5	8

nej przeprowadzonej w Dzierżeninie, gdzie zbadano glinę lodowcową strefy glaciomarginalnej fazy wierzbińskiej stadiału północnomazowieckiego zlodowacenia środkowopolskiego (Balzam 1958, por. Nowak 1969; tab. 1). W składzie petrograficznym osadów piaszczystych frakcji powyżej 2 mm zidentyfikowano 40–70% skał magmetycznych (prawdopodobnie Balzam (1958) miał na myśli skały magmowe) i metamorficznych, 22–55% wapieni oraz 2–8% kwarcytów. Autor w badanych próbkach nie stwierdził obecności piaskowców ani ziaren kwarcu. Stwierdził natomiast dużą zawartość wapieni, których udział procentowy zbliżony jest do skał magmowych i metamorficznych.

Powyższe wyniki są nieporównywalne z wynikami uzyskanymi przez autorkę, bo wydzielane grupy petrograficzne są różne. Można je traktować tylko w kategoriach poglądowych. Z tego samego powodu nie można porównać składu petrograficznego żwirów z Łubienicy-Superunek z równoległymi osadami występującymi w granicach arkusza SMGP Nasielsk (nr 449), sąsiadującego od zachodu. Trwające prace reambulacyjne arkuszy SMGP Nasielsk i Serock (nr 450) wniosą nowe dane, zwłaszcza wyniki standardowych analiz petrograficznych osadów glacygenicznych, które posłużą do korelacji z wynikami uzyskanymi w żwirowni Łubienica-Superunki.

Wyniki analiz petrograficznych omawianych w tym artykule żwirów średnioziarnistych można porównać z wynikami analiz zrealizowanych w ramach SMGP ark. Wyszaków (nr 451; Kucharska, Pochocka-Szwarc, 2012), ponieważ charakteryzują się podobną metodyką. Podnoszone wątpliwości związane z analizowanymi innymi przedziałami frakcjonalnymi żwirów średnich (4/5–10 mm) zostały szczegółowo wyjaśnione przez Lipkę (2012).

Zabielski (2006) podaje, że skład petrograficzny frakcji średniożwirowej najmłodszego poziomu glin lodowcowych (SMGP, ark. Wyszaków) charakteryzuje się przewagą skał węglanowych nad skałami krystalicznymi. Gliny o podobnych cechach składu petrograficznego i tym samym o porównywalnych wartościach wskaźników petrograficznych, zdaniem tego autora, występują w profilach kartograficznych odwierconych na terenie sąsiednich arkuszy SMGP: Kamieńczyk, Sadowne, Jadów (Komacka-Makowiecka 1998, 1999, 2000, por. Zabielski 2006), Liw (Gonczaruk 1998, por. Zabielski 2006) oraz Mińsk Mazowiecki i Kałuszyn (Kenig 1999, 2001, por. Zabielski 2006), gdzie kore-

lowane są ze zlodowaczeniem warty. Glinę lodowcową w Dzierżeninie (ark. Serock), zbadaną petrograficznie, co prawda w wąskim zakresie, cechuje jednakże niewiele różniący się skład petrograficzny (tab. 1).

Zbadane w Łubienicy-Superunki żwiry zarówno frakcji średnio-, jak i grubożwirowej są całkowicie pozbawione skał węglanowych. Natomiast przeważają w nich skały krystaliczne. Dominacja odpornych skał krystalicznych może wskazywać, że badany osad w Łubienicy-Superunkach ma zmieniony pierwotny skład petrograficzny. Dużo mniej jest piaskowców i ziaren kwarcu. Przy czym żwir kwarcowy obecny jest przede wszystkim we frakcji średniożwirowej. Jego liczebność spada poniżej 1% we frakcji grubożwirowej, co jest cechą typową osadów o większej średnicy ziarna (np. Schulz 1996, Górską 2000b).

Eratyki przewodnie stanowią 10,1% wszystkich skał badanej próbki frakcji 20–60 mm, co, zgodnie z sugestiami Meyera (1983, 1985), jest wielkością wystarczającą, by na tej podstawie wskazać źródła alimentacji lądolodu transportującego osady na obszar Mazowsza. Tor wędrówki lądolodu środkowopolskiego, zanim dotarł on na Mazowsze, przebiegał po wychodniach skał krystalicznych środkowej i południowo-wschodniej Szwecji oraz północnego Bałtyku. Brak skał węglanowych, pochodzących z dna środkowego Bałtyku, można tłumaczyć trojako. Spływające po obszar badań na Mazowszu masy lodu po prostu ominęły ten teren alimentacyjny, bo były np. zasilane z centrum zlodowacenia, zlokalizowanego w części środkowej Półwyspu Skandynawskiego. O zmianach trajektorii mas lodowcowych jako efekcie przemieszczania się centrów zlodowaceń pisali ostatnio Marks i in. (2016). Na tę kwestię zwracał uwagę wcześniej m.in. Ehlers (1990). Być może egzarcja skał węglanowych środkowego Bałtyku była niemożliwa/utrudniona z uwagi na zaleganie na nich zimnego lądolodu, którego stopa była trwale przymarznięta do podłoża. I w końcu nie można wykluczyć zubożenia materiału eratycznego wskutek zwietrzenia. Podczas gdy efektem dwóch pierwszych przyczyn jest całkowita nieobecność skał takich obszarów źródłowych, efektem zwietrzenia jest najczęściej ubytek jedynie pewnej (mniejszej lub większej) części, a nie całkowity brak skał z danego obszaru macierzystego. W żadnej z badanych próbek żwiru z Łubienicy-Superunek nie znaleziono ani jednego okazu skały węglanowej.

Matematycznie wyliczone teoretyczne centrum gładowe TCG dla próbki żwirów gruboziarnistych w Łubienicy-Superunkach lokuje się w punkcie o współrzędnych 59°N i 18°E. Porównując tę wartość z TCG powierzchniowych osadów glacialnych zlodowacenia warty z lobów Widawki oraz Pilicy i Luciąży, na pograniczu niżu i wyżyn Polski (Górska-Zabielska, Wachecka-Kotkowska 2014, 2015: 16,4–17,0°E oraz 57,5–58,7°N), można stwierdzić, że istniejąca różnica w lokalizacji tych punktów wynika z innych wartości współrzędnych geograficznych badanych stanowisk. Ta część lądolodu warciańskiego, która zdeponowała swój ładunek skalny na obszarze północnego Mazowsza, miała większe możliwości egzarycyjne na obszarach źródłowych granitów alandzkich i granitów Småland. Natomiast część lądolodu, która dotarła aż po strefę glaciomarginalną w środkowej Polsce, rozwinęła swe zdolności egzarycyjne na obszarze dzisiejszej południowowschodniej Szwecji oraz zachodniej części środkowego Bałtyku.

Podsumowanie

Badania petrograficzne w osadach pochodzących z rozmycia gliny i piasków zwałowych, występujących w żwirowni Łubienica-Superunki, mają charakter pilotażowy. Niemniej dają już pewien pogląd na skład petrograficzny tych osadów.

Można stwierdzić, że powierzchniowe osady piaszczysto-żwirowe pogranicza Doliny Dolnej Narwi i Wysoczyzny Ciechanowskiej są odwapnione, składają się głównie z odpornych na zniszczenie skał krystalicznych. Badania petrograficzne gliny lodowcowej (w ramach SMGP) tego regionu wskazują na przewagę skał węglanowych nad krystalicznymi. Niecałe 10% składu petrograficznego, niezależnie od frakcji, stanowią piaskowce. Ziarna kwarcu zmniejszają swój procentowy udział z około 9% we frakcji średniożwirowej do 0,6% we frakcji grubożwirowej.

W zespole narzutniaków zidentyfikowano przede wszystkim skały pochodzące z rejonu Wysp Alandzkich i sąsiadujących regionów Uppland i dna Bałtyku północnego oraz z obszaru południowo-wschodniej Szwecji (Småland). Wśród narzutniaków wskaźnikowych nie znaleziono ani jednego egzemplarza skały węglanowej.

Całkowity brak skał węglanowych w obu badanych frakcjach żwirów może wskazywać na obecność części lądolodu o zimnej stopie, przytwierdzonej do podłoża w miejscu wychodni dolnopaleozoicznych i dewońskich, na nieprzemieszczanie się lądolodu po tych wychodniach i w końcu na eliminację rozpuszczalnych skał węglanowych. Takie postsedymentacyjne zwietrzanie mogło zostać pogłębione wskutek zwietrzania skał magmowych i metamorficznych,

zawierających dużo minerałów mało odpornych na wietrzenie chemiczne. Jak dotąd nie ma przesłanek, by wykluczyć którąś z tych hipotez.

Zaprezentowane wyniki bardzo wstępnych badań petrograficznych osadów piaszczysto-żwirowych w Łubienicy-Superunkach muszą być poszerzone o reprezentatywną liczbę próbek osadów frakcji średnio- i grubożwirowej osadów depozycji glacialnej i glaciofluwialnej Niziny Północnomazowieckiej, pochodzących z tego samego nasunięcia lądolodu. Dopiero na tej podstawie będzie można odpowiedzieć na postawione w tym artykule pytania i rozwiązać wątpliwości.

Literatura

- Böse M., 1989. Methodisch-stratigraphische Studien und paläomorphologische Untersuchungen zum Pleistozän südlich der Ostsee. *Berliner Geographische Abhandlungen* 51: 114.
- Ehlers J., 1990. Reconstructing the dynamics of the North-West European Pleistocene Ice-Sheet. *Quaternary Science Review* 9: 71–83.
- Frankiewicz A., 2017. Materiały robocze do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Serock. *PIG*, Warszawa.
- Górska M., 2000a. Narzutniaki skandynawskie – metodyka badań i interpretacja. Analiza eratyków ze stanowiska w Koczrach koło Drohiczyzna. W: *Warsztaty terenowe „Osady, struktury deformacyjne i formy warciańskiej strefy glaciomarginalnej na Nizinie Podlaskiej”*. Lublin – Mielnik, 25–29.09.2000: 67–72.
- Górska M., 2000b. Wybrane właściwości petrograficzne vistulian-skich moren dennych środkowej i zachodniej Wielkopolski oraz ich znaczenia dla oceny dynamiki ostatniego lądolodu. *Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej* 28.
- Górska M., 2002. Petrografia osadów akumulacji lodowcowej i wodnolodowcowej Pojezierza Drawskiego. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią* 53(A): 29–42.
- Górska M., 2003. Analiza petrograficzna narzutniaków skandynawskich. W: M. Harasimiuk, S. Terpiłowski (red.), *Analizy sedimentologiczne osadów glaciogenicznych*. Wydawnictwo UMCS, Lublin: 23–31.
- Górska M., 2006. Narzutniaki przewodnie z Sobolewa (sandr suwalsko-augustowski). *Prace Komisji Paleogeografii Czwartorzędu PAU* 3: 209–212.
- Górska-Zabielska M., 2008. Fennoskandzkie obszary alimentacyjne osadów akumulacji glacialnej i glaciofluwialnej lobu Odry. *Wydawnictwo Naukowe UAM, Geografia* 78.
- Górska-Zabielska M., Wachecka-Kotkowska L., 2014. Petrographical analysis of Warthian fluvio-glacial gravels as a tool to trace the source area – a case study from central Poland. *Geologos* 20(3): 183–199.
- Górska-Zabielska M., Wachecka-Kotkowska L., 2015. 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 (środkowa Polska). *Acta Geographica Lodzensis* 103: 57–77.
- Kondracki J., 2000. *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kucharska M., Pochocka-Szwarc K., 2012. *Objaśnienia do SMGP*, ark. Wyszaków (451). *PIG* PIB, Warszawa.
- Lipka E., 2012. Zróżnicowanie cech petrograficznych osadów polodowcowych na Wysoczyźnie Lubuskiej. *Praca doktorska*. Arch. Instytutu Geoekologii i Geoinformacji UAM, Poznań.
- Lüttig G., 1958. *Methodische Fragen der Geschiefelforschung*. *Geologisches Jahrbuch* 75: 361–418.

- Marks L., Karabanov A., Nitychoruk J., Bahdasarau M., Krzywicki T., Majecka A., Pochocka-Szwarc K., Rychel J., Woronko B., Zbucki Ł., Hradunova A., Hrychanik M., Mamchuk S., Rylova T., Nowacki Ł., Pielach M., 2016. Revised limit of the Saalian ice sheet in central Europe. *Quaternary International* DOI: 10.1016/j.quaint.2016.07.043: 1–16.
- Meyer K.-D., 1983. Indicator pebble and stone count methods. W: J. Ehlers (red.), *Glacial deposits in North-West Europe*. Balkema, Rotterdam: 275–287.
- Meyer K.-D., 1985. Zur Methodik und über den Wert von Geschiebezählungen. *Der Geschiebesammler* 19(2/3): 75–83.
- Nowak J., 1969. *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, arkusz Serock (N34–127A)*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Rutkowski J., 1995. *Badania petrograficzne żwirów*. W: E. Myciel-ska-Dowgiało, J. Rutkowski (red.), *Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników*. Uniwersytet Warszawski, Państwowy Instytut Geologiczny, Komitet Badań Czwartorzędu PAN, Warszawa: 133–150.
- Schulz W., 1996. Zur Bedeutung der Korngröße bei Geschiebezählungen. *Der Geschiebesammler* 29(3): 91–102.
- Trembaczowski J., 1961. Przyczynki do metodyki badań granulometryczno-petrograficznych utworów morenowych. *Annales Universitatis M. Curie-Skłodowska, sec. B* 16(3): 63–95.
- Trembaczowski J., 1967. Granulometryczno-petrograficzna charakterystyka glin zwałowych Wysoczyzny Konińskiej. *Prace Instytutu Geologicznego* 48: 147–162.
- Zabielski R., 2006. *Badania litologiczno-petrograficzne osadów plejstocenijskich*. SMGP w skali 1:50 000, ark. Wyszków. PIB, Warszawa.