

CECHY UZIARNIENIA DELUWIÓW NA TLE OSADÓW ŹRÓDŁOWYCH NA PRZYKŁADZIE ZAGŁĘBIŃ BEZODPŁYWOWYCH W REJONIE ŁUPAWSKA (POJEZIERZE ZACHODNIOPOMORSKIE)

Grain size distribution interpretation of colluvial deposits in light of source sediments on the example of closed depressions in the Łupawsko Region (Zachodniopomorskie Lakeland)

MAREK MAJEWSKI*

Zarys treści. W artykule przedstawione zostały cechy uziarnienia osadów stokowych – deluwiów na tle osadów źródłowych – serii fluwioglacjalnych. Pozwoliło to wykazać różnice granulometryczne pomiędzy wymienionymi osadami. Badano materiał z dwóch zagłębień bezodpływowych usytuowanych na sandrze w pobliżu wsi Łupawsko (Pojezierze Zachodniopomorskie). Przeanalizowano takie parametry uziarnienia jak średnia średnica ziaren, wysortowanie, skośność, zawartość frakcji powyżej 4 phi oraz krzywe kumulacyjne uziarnienia i krzywe częstości. Deluwia na tle fluwioglacjalnego podłoża okazały się osadem drobniejszym i gorzej wysortowanym. Krzywe kumulacyjne uziarnienia serii deluwialnych na tle krzywych osadów źródłowych, odznaczają się słabszym zróżnicowaniem na poszczególne odcinki oraz niższym położeniem na siatce prawdopodobieństwa. Krzywe częstości deluwiów mają mody o bardzo szerokiej i płaskiej kumulacji, co odróżnia je od wąskich i wyraźnie zaakcentowanych wartości modalnych osadów sandrowych. W porównaniu z osadami źródłowymi przebadane deluwia charakteryzują się znacznie większą zawartością materiału o frakcji powyżej 4 phi. Zastosowane parametry i metody analizy uziarnienia mogą być przydatne przy genetycznym klasyfikowaniu rozpatrywanych typów osadów.

Słowa kluczowe: deluwia, osady fluwioglacjalne, granulometria, Pojezierze Zachodniopomorskie

Abstract. In this article characteristics of grain size distribution are shown – colluvial deposits against sources deposits – fluvioglacial deposits. This allowed to present the grain size differences between the mentioned deposits. Deposits from two different closed depressions which are situated on sandur close to Łupawsko Region (Zachodniopomorskie Lakeland) were examined. Parameters like mean grain size, sorting, skewness, content of fraction above 4 phi, cumulative curves and frequency curves were analyzed. Firstly, colluvial deposits turn out to be a smaller deposit and a worse sorted one than the fluvioglacial base. Secondly, cumulative curves of grain size of colluvial deposit series against the curves of source deposits have weaker differentiation of particular sections and in general are situated lower on the probability chart. What is more, frequency curves of colluvial deposits possess modals of wide and shallow accumulation, which distinguish them from narrow and significantly highlighted modal values of sandur deposits. On top of that, colluvial deposits characterized with material of a significantly higher content of fraction above 4 phi than the compared sources deposits. To sum up, the used parameters and techniques of grain size analysis can be useful when it comes to genetic classification of the considered types of deposits.

Key words: colluvial deposits, fluvioglacial deposits, grain size distribution, Zachodniopomorskie Lakeland

Wprowadzenie

Na obszarach o urozmaiconej rzeźbie w wyniku naturalnych procesów, a miejscami także przy znacznym udziale człowieka, powstawały osady deluwialne. Zajmują one dolne, rzadziej środkowe, części zboczy oraz powierzchnie na ich przedłużeniu, stanowiące między innymi dna zagłębień bezodpływowych.

Dokładne analizy cech teksturalnych, a w szczególności cech granulometrycznych deluwiów i osadów źródłowych, bywają częścią opracowań poświęconych zagadnieniom denudacji/denudacji antropogenicznej (m.in. Twardy 1995, 2002; Sinkiewicz 1998; Smolska 1999, 2005, 2011; Szpikowski 2010; Majewski 2013, 2014; Kittel 2014). Czasami są również głównym tematem publikacji (np. Smolska 2001, 2003; Kobjek, Kobjek 2003; Twardy 2003; Paluszkie-

* Akademia Pomorska w Słupsku, Instytut Geografii i Studiów Regionalnych, ul. Partyzantów 27, 76-200 Słupsk; e-mail: marek.majewski@apsl.edu.pl

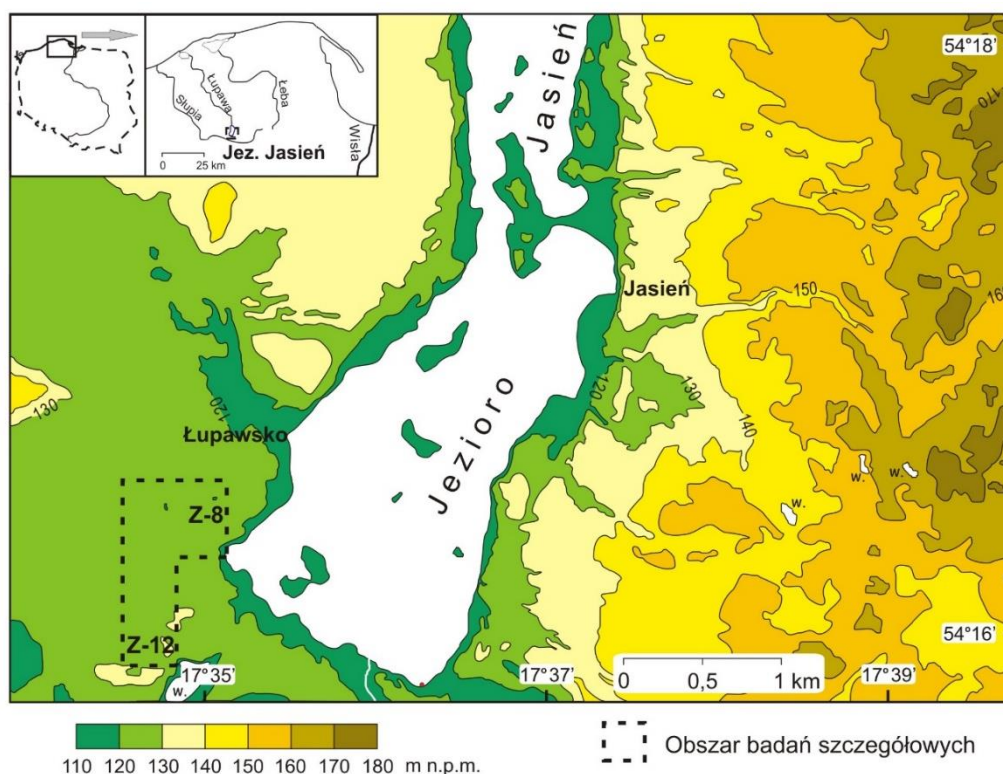
wicz 2014). Wyniki tego typu porównań służą między innymi rozróżnianiu osadów źródłowych od deluwii. Pozwalają także scharakteryzować mechanizm transportu, z którym osady były związane.

Przedmiot, cel i metody badań

Przedmiotem badań były dwa zagłębienia bezodpływowe (Z-8 i Z-12) znajdujące się na sandrze w sąsiedztwie wsi Łupawsko, położonej przy południowo-zachodnim brzegu jeziora Jasiień (rys. 1). Według regionalizacji fizycznogeogra-

ficznej Kondrackiego (2002) tereny te wchodzą w skład makroregionu Pojezierza Zachodniopomorskiego (314.4).

Wybrane zagłębienia należą do największych i najgłębszych w tym rejonie, co pozwalało przypuszczać, że w ich dnach znajdują się wyrażne serie osadów stokowych. Celem przeprowadzonych badań było rozpoznanie osadów deluwialnych występujących w zagłębieniach, analiza ich uziarnienia oraz porównanie cech tych osadów z osadami sandrowymi, ze szczególnym uwzględnieniem różnic pomiędzy wydzielonymi seriami.



Rys. 1. Położenie i szkic wysokościowy obszaru badań

Location and height sketch of the examined area

Powyższy cel realizowano poprzez rozpoznanie budowy geologicznej zagłębień i wydzielenie wypełniających je osadów stokowych. Prace terenowe objęły wykonanie i analizę 8 odkrywek, pobór próbek oraz pomiary niwelacyjne form. Badania laboratoryjne polegały na przeprowadzeniu analizy uziarnienia osadów metodą sitową. Z uwagi na niewielką zawartość materiału o średnicy poniżej 0,063 mm – dla 90% próbek wynosił on poniżej 5%, a poziom maksymalny nie przekroczył 9%, nie zastosowano metody areometrycznej. Osady przesiewano na sitach ułożonych w odstępach 1 phi dla

frakcji zwirowej oraz 0,5 phi i mniej dla frakcji piaszczystej. Wskaźniki uziarnienia: średnią średnicę ziaren, odchylenie standardowe oraz skośność obliczono wg Folka i Warda (1957), stosując program JoSEK. Otrzymane wartości przedstawiono w sposób graficzny na tle odkrywek oraz w parach w układzie współrzędnych. Przeanalizowano również krzywe kumulacyjne uziarnienia, krzywe częstości oraz zawartość frakcji o średnicy powyżej 4 phi. Dodatkowo wykonano oznaczenie zawartości materii organicznej metodą prażenia w temperaturze 550°C (wg Kowalkowskiego, Swałdka 1994), a ubytek

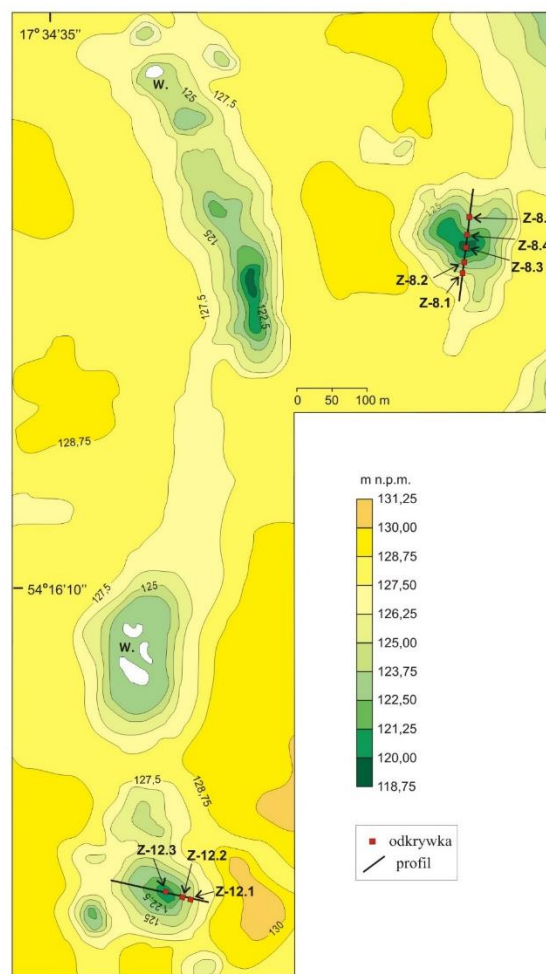
masy potraktowano jako odsetek materiału organicznego.

Charakterystyka rzeźby terenu oraz badanych zagłębień

Formy polodowcowe występujące w sąsiedztwie jeziora Jasień związane są z nasunięciem lobu bytowskiego (Sylwestrzak 1972) fazy pomorskiej zlodowacenia wisły wg Kozarskiego (1995). Najwyżej położoną strefą morfogenetyczną towarzyszącą rynnie jeziora Jasień jest wysoczyzna morenowa wznosząca się na zachód od jeziora do rzędnej około 150 m n.p.m., a na wschód od niego do rzędnej około 180 m n.p.m. Wzdłuż rynny jeziora Jasień rozpościerają się dwa poziomy sandrowe (Florek i in. 1999). Według wymienionych autorów pierwszy poziom sandrowy położony jest na wysokościach 125–135 m n.p.m., a drugi 115–120 m n.p.m. Płaską powierzchnię sandrów urozmaicają rynny subglacialne i dolinki erozyjno-denudacyjne oraz liczne zagłębienia bezodpływowe, co powoduje, że deniwelacje w obrębie sandrów dochodzą nawet do 7–10 metrów.

Badane zagłębienia położone są na pierwszym poziomie sandrowym. W rzeźbie terenu dominują tu niewielkie obniżenia, których średnica wynosi najczęściej poniżej 100 m, a głębokość rzadko przekracza 2 m. Tego typu formy osiągają miejscami liczebność bliską 30 sztuk/km². Największe zagłębienia mają średnicę w granicach 150–180 metrów i głębokość do 8–9 m – w omawianym rejonie rozpoznano cztery formy o zbliżonych rozmiarach, dwie z nich poddano badaniom.

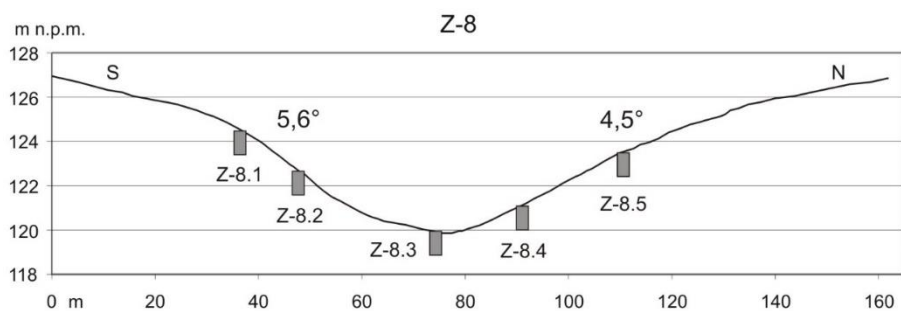
Zagłębienie Z-8 znajduje się w odległości niespełna 500 m na zachód od jeziora Jasień (rys. 1). Górna krawędź stoków obniżenia przebiega na wysokości około 127 m n.p.m., a lekko wklęsłe dno na 120 m n.p.m. (rys. 2). Średnica formy wynosi 160 m, a głębokość 7 m. Dno łagodnie przechodzi w stoki, które są niemal symetryczne i nachylone pod kątem 4–6° (rys. 3). Powierzchnia zlewni zagłębienia wynosi około 5,2 ha. Usytuowanie formy na obszarze sandru i wyraźnie owalny kształt (wskaźnik kształtu 0,82), zniekształcony nieco w części południowej, mogą świadczyć o genezie obniżenia związanej z zanikiem niewielkiej bryły martwego lodu.



Rys. 2. Szkic wysokościowo-lokalizacyjny obszaru badań szczegółowych

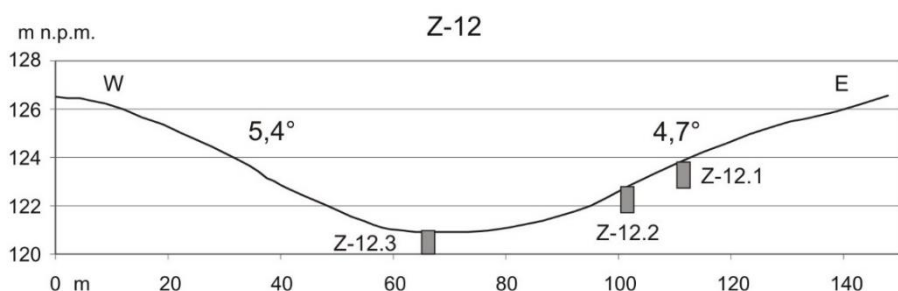
Sketch of height and location of a detailed examination area

Zagłębienie Z-12 leży w odległości 750 m na południowy zachód od jeziora Jasień (rys. 1). Jest nieznacznie mniejsze (rys. 2) – jego średnica wynosi niespełna 150 m, a głębokość 6 m, przy wskaźniku kształtu 0,79. Dno, które znajduje się na rzędnej 121 m n.p.m., ma kształt lekko wklęsły. Stoki formy są nachylone pod kątem około 5° (rys. 4). Powierzchnia zlewni obniżenia wynosi 2,6 ha. Owalny kształt zagłębienia i jego położenie na przedłużeniu południkowo zorientowanej podłużnej formy wklęsłej wskazują, iż jego powstanie mogło być związane z bryłą martwego lodu przetransportowaną i pozostawioną tu przez wody proglacialne (por. Molewski 1996).



Rys. 3. Profil zagłębienia Z-8 z lokalizacją odkrywek

Profile of depression Z-8 with outcrops location



Rys. 4. Profil zagłębienia Z-12 z lokalizacją odkrywek

Profile of depression Z-12 with outcrops location

Zarys budowy geologicznej zagłębień

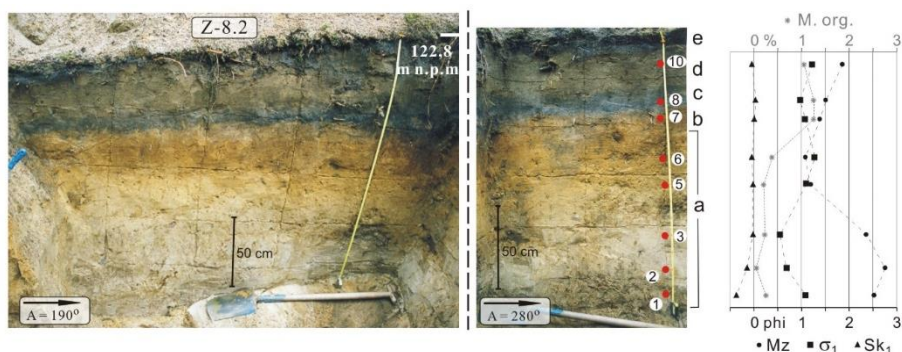
Budowa geologiczna zagłębienia Z-8 została rozpoznana na podstawie 5 odkrywek rozmieszczonych wzdłuż linii profilu o przebiegu S–N (rys. 3).

W górnej części stoku południowego obniżenia (odkrywka Z-8.1), występuje poziom próchniczny o miąższości 20–25 cm, który mógł być w przeszłości poziomem orno-próchnicznym. Znajduje to potwierdzenie w archiwalnych materiałach kartograficznych. Według mapy topograficznej z drugiej połowy XIX wieku (Topographische Karte 1887) obszar zagłębienia wykorzystywany był wówczas jako pole uprawne (współcześnie pokrywa je las). Bezpośrednio pod poziomem ornym znajdują się piaszczyste i piaszczysto-żwirowe osady fluwiogłajalne.

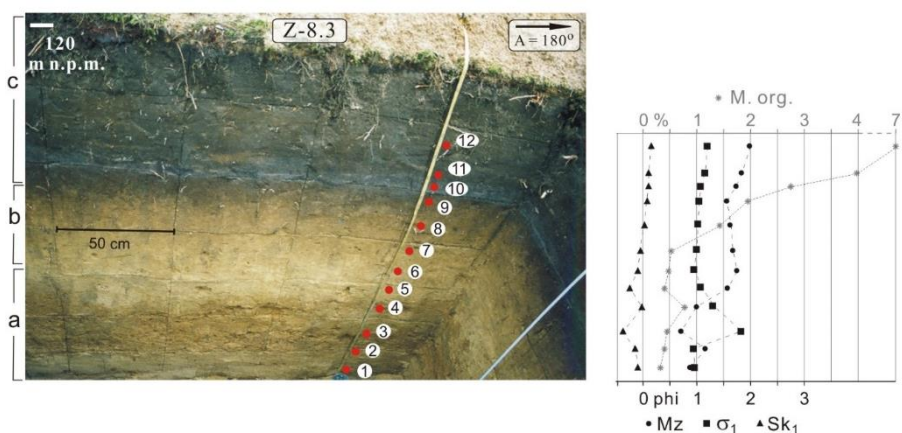
W środkowej części stoku południowego (odkrywka Z-8.2) poziom próchniczny (seria „e”) ma zredukowaną miąższość do 12 cm (rys. 5). Poniżej zalegają próchniczne deluwia („d”) o miąższości 22–34 cm i zawartości materii organicznej wynoszącej 1,1%. Tworzą one poziom próchniczny deluwialny (Adel). Głębiej (od 28 do 40 cm) występują deluwialne piaski próchniczne (seria „c”). W ich

obrębie widoczny jest wyraźny poziom próchniczny z cechami wymywania (AEsb) należący do kopalnej gleby rdzawej z cechami bielcowania. Serię „c” podścielają piaszczyste deluwia („b”) o zawartości materii organicznej 1,3%, które pochodzą przypuszczalnie z początków holocenu. Miąższość ich jest niewielka i wynosi 20–25 cm. Rozwinął się tu kopalny poziom rdzawienia z wtórnie namytymi tlenkami żelaza i namytą materią organiczną (Bvhsb). Od głębokości około 60–75 cm zalegają fluwiogłajalne piaski i piaski z domieszką żwirów (seria „a”). W ich górnej części widoczny jest kopalny poziom rdzawienia (Bvb).

W dnie zagłębienia (odkrywka Z-8.3) (rys. 6) bezpośrednio pod powierzchnią terenu występuje seria deluwialna o łącznej miąższości około 110 cm. Na deluwia składają się dwie serie: górna próchniczna (seria „c”) oraz dolna mineralna (seria „b”). Piaszczysta seria próchniczna wzbogacona jest w mułki i zawiera domieszkę materii organicznej na poziomie od 2% do 7%. W jej górnej części rozpoznano deluwialny poziom próchnicznym (Adel). W dolnej części serii „c” widoczny jest kopalny poziom próchniczny z cechami bielcowania (AEsb) przechodzący ku spągowi w kopalny poziom rdzawienia z wtórnie namytą materią organiczną (Bvhsb).



Rys. 5. Budowa geologiczna środkowego odcinka stoku południowego zagłębenia Z-8 (objaśnienia w tekście)
Geological structure of middle section of southern hillside depression Z-8 (description in the text)



Rys. 6. Budowa geologiczna dna zagłębenia Z-8 (objaśnienia w tekście)
Geological structure of bottom depression Z-8 (description in the text)

Poniżej zalegają piaszczyste deluwia (seria „b”), których miąższość była stosunkowo trudna do określenia z racji problemów z jednoznacznym przeprowadzeniem granicy pomiędzy deluwiami a osadami podłoża (seria „a”). Z porównania przebiegu krzywych kumulacyjnych i częstości uziarnienia pobranych próbek wynika, że poszukiwana granica przebiega najprawdopodobniej w strefie pomiędzy miejscami poboru próbek 6 i 5, czyli na głębokości około 110 cm. Przy czyną niewielkiego udziału frakcji mułowych i iltystych (3–7%) w obrębie wydzielonych poziomów glebowych może być młody wiek deluwiiów, a tym samym krótkie oddziaływanie na nie procesów glebowych.

Inaczej wygląda budowa dolnej części stoku północnego rozpoznana w odkrywce Z-8.4, położonej niespełna 20 metrów od Z-8.3, na rzędnej o 1,3 m wyższej (zob. rys. 3). Przy powierzchni terenu występują tu deluwia o miąższości 20–22 cm wzbogacone w materię organiczną (1,5%). Bezpośrednio pod nimi zalegają piaszczyste deluwia o miąższości 10–13 cm. Nie ma tutaj rozpo-

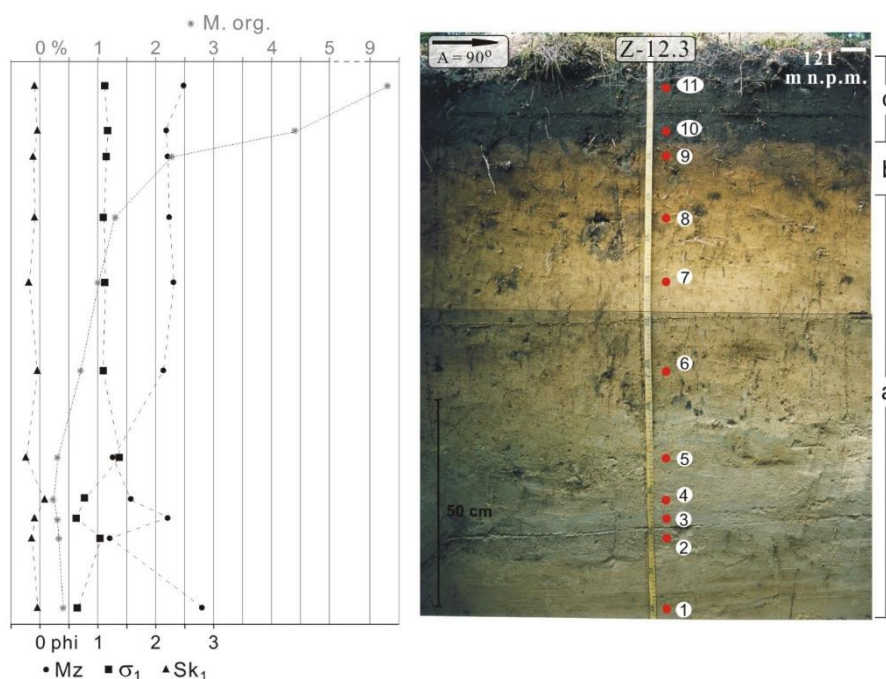
znanego w odkrywkach Z-8.2 i Z-8.4 kopalnego poziomu próchnicznego. Podłoże zbudowane jest z fluwioglacjalnych piasków z domieszką żwirów.

W obrębie środkowego odcinka stoku północnego (odkrywka Z-8.5) poziom orno-próchniczny ma miąższość do 15 cm. Pod nim występują deluwia piaszczyste (zawartość materii organicznej 0,5%) o niewielkiej 10–20 cm miąższości, która wyraźnie zwiększa się w dół stoku. Pod deluwiami zalegają piaszczyste lub piaszczysto-żwirowe osady sandrowe.

W drugim z wybranych do badań zagłębień (Z-12) osady stokowe rozpoznano jedynie w formie (odkrywka Z-12.3). Deluwia – piaski drobne silnie próchniczne (zawartość materii organicznej 4–9%) osiągają tu miąższość do 30 cm (seria „c”) (rys. 7). Na podstawie cech litologicznych przypuszcza się, iż serię stokową stanowi również piaszczysta seria „b”), będąca prawdopodobnie śladem starszych deluwiiów próchnicznych, których górna część mogła zostać zmieniona przez uprawę ziemi. Miąższość serii „b”

nie przekracza kilkunastu cm. Zaznaczyć należy, że wyraźnie mniejsza, bo o ponad 60 cm, miąższość deluwiołów w zagłębieniu Z-12, w porównaniu z zagłębieniem Z-8, może być związana z innym sposobem wykorzystania gruntów. Jak wynika z archiwalnych map topograficznych obszar zagłębienia Z-12 przez okres ostatnich co naj-

mniej 140 lat nie był wykorzystywany rolniczo, występował tu las. Osady podłoża (seria „a”) reprezentują różnoziarniste piaski z niewielkimi i słabo wykształconymi żwirowymi przewarszeniami. W dnie formy nie występują gleby kopalne.



Rys. 7. Budowa geologiczna dna zagłębienia Z-12 (objaśnienia w tekście)

Geological structure of bottom depression Z-12 (description in the text)

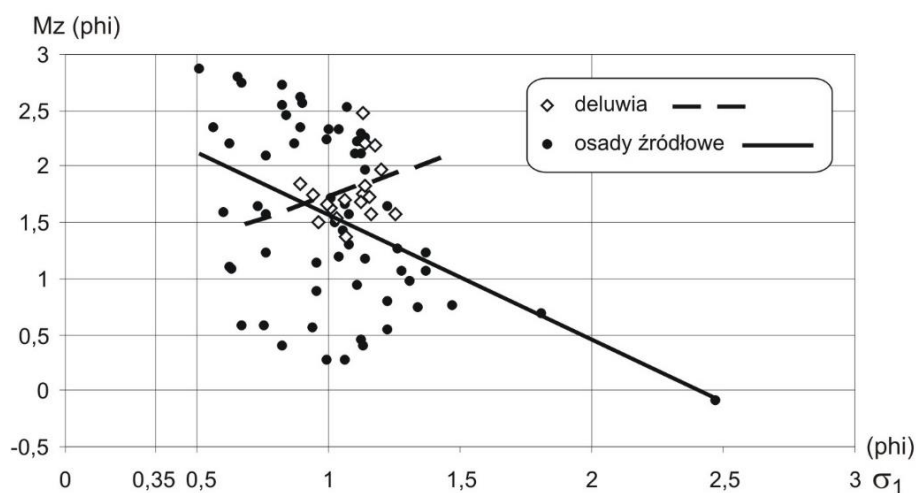
Wybrane cechy uziarnienia deluwiołów i osadów sandrowych

Analizowane osady deluwialne są z reguły drobniejsze oraz mniej zróżnicowane granulometrycznie od fluwioglacjalnych osadów źródłowych. Ich średnia średnica ziarna Mz mieści się w przedziale od 1,4 do 2,5 phi, czyli wskazuje na piaski średnio- i drobnoziarniste, podczas gdy Mz osadów podłoża wynosi od -0,1 do 2,9 phi, co klasyfikuje je do piasków bardzo grubych i drobnych. Wprawdzie chmura punktów odpowiadających osadom źródłowym zawiera w sobie chmurę utworów deluwialnych (rys. 8), ale ta jest bardziej skoncentrowana i przesunięta w kierunku większych wartości Mz.

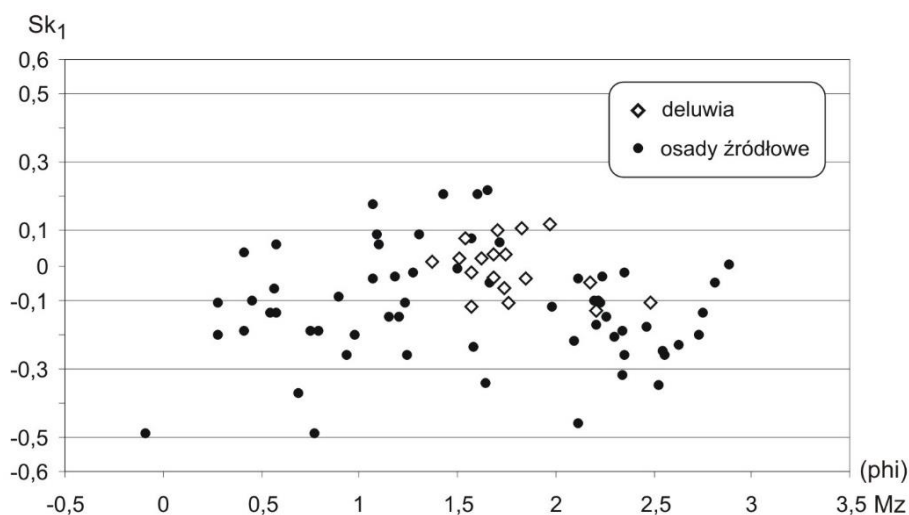
Wysortowanie przebadanych deluwiołów jest umiarkowane do słabego (0,85–1,25 phi), a osadów podłoża od dobrego i umiarkowanego po słabe (0,5–2,5 phi). Widać więc, że generalnie nastąpiło pogorszenie wysortowania deluwiołów w porównaniu z osadami źródłowymi (zob. rys.

8). Wyniki te są zgodne ze spostrzeżeniami mówiącymi o gorszym wysortowaniu deluwiołów (zarówno deluwiołów antropogenicznych, jak i deluwiołów właściwych) na tle osadów wodnolodowcowych (m.in. Smolska 2005; Szpikowski 2010).

Skośność (rys. 9) osadów podłoża mieści się w przedziale od około -0,5 do 0,21 a osadów stokowych w zakresie od -0,12 do 0,12. Cechą deluwiołów jest mniejsze zróżnicowanie wartości skośności przy jednoczesnym przesunięciu ku wielkościom dodatnim. W przypadku osadów podłoża na wartości dodatnie skośności przypadło 21% przebadanych próbek, a dla serii stokowych 50%. Przyjmowanie dodatnich wartości świadczy o wzbogaceniu osadu stokowego w drobną frakcję. Jak podają Smolska (2003, 2005) czy Twardy (2003) podczas opadów o dużym i bardzo dużym natężeniu dochodzi częściowo do selektywnego transportu w dół stoku, jak również do wzbogacenia osadu w drobne frakcje, głównie w wyniku splukiwania rozproszonego. Może to pośrednio podkreślać rolę splukiwania w dostawie materiału (por. Szpikowski 2010).



Rys. 8. Zależność między średnią średnicą ziarna (Mz) i wysortowaniem (σ_1) dla badanych osadów
Relationship between mean grain size (Mz) and sorting index (σ_1) of examined deposits



Rys. 9. Zależność między średnią średnicą ziarna (Mz) i skośnością (Sk_1) dla badanych osadów
Relationship between mean grain size (Mz) and skewness (Sk_1) of examined deposits

Jedną z metod pozwalającą wskazać różnice podstawowych cech granulometrycznych osadów stokowych na tle osadów podłoża jest analiza zależności pomiędzy wskaźnikami uziarnienia (tzw. diagramy zależnościowe; Mycielska-Dowgiałło 1995, 2007). Najczęściej rozpatrywana jest zależność między średnią średnicą ziarna (Mz) a wysortowaniem (odchyleniem standardowym σ_1) (m.in. Smolska 2003, 2005; Twardy 2003, 2008; Szpikowski 2010; Majewski 2013; Kittel 2014).

W przebadanych deluwiiach zarysowuje się pogorszenie wysortowania wraz ze zmniejszaniem się średniej średnicy ziaren, co odpowiada układowi drugiemu wg Mycielskiej-Dowgiałło (1995). Zależność, w której zmniejszaniu się średniej średnicy ziarna towarzyszy pogarszanie wysortowania jest typowa dla środowiska sedymentacyjnego,

w którym przeważają procesy sortowania w obrębie grubszej frakcji i okresowej dostawie słabiej wysortowanego materiału transportowanego w zawieszeniu (Mycielska-Dowgiałło 1995). Fluwio-glacialne osady podłoża, stanowiące osad źródłowy dla deluwii, tworzą z kolei układ pierwszy, czyli charakteryzują się pogorszeniem wysortowania występującym wraz ze wzrostem średniej średnicy ziaren (rys. 8). Układ ten jest charakterystyczny dla środowisk o zróżnicowanej dynamice siły transportującej. Widać, iż mimo tak krótkich stoków, wzdłuż których przemieszczane były analizowane osady, zróżnicowanie rozmieszczenia punktów w układzie $Mz-\sigma_1$ reprezentujących wymienione wyżej kategorie osadów, jest wyraźne.

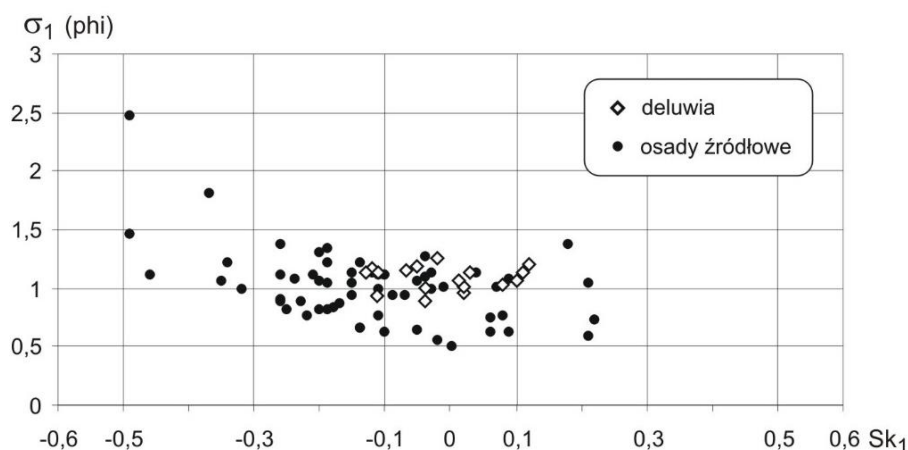
W przypadku zestawienia średniej średnicy ziaren i skośności (rys. 9) fluwio-glacialne osady

podłoża tworzą „chmurę” przypominającą sinusoidę, czy też, jak określa takie rozmieszczenie Ludwikowska-Kędzia (2000), kilka „fal”. Poszczególne, fale odnoszą się do różnych środowisk – osadów korytowych, wezbraniowych i zbiornikowych. Otrzymane „falowanie” może być efektem zróżnicowanej dynamiki środowiska fluwioglacjalnego, z którym związane są osady podłoża. Najniższa fala odpowiada osadom korytowym – ujemne wartości skośności, fala centralna – osadom wezbraniowym pozakorytowym o dodatnich wartościach skośności, a fala prawa – osadom wód stagnujących (zob. Mycielska-Dowgiałło 2007). Deluwia tworzą na wykresie $Mz-Sk_1$ dosyć zwartą chmurę punktów zajmujących głównie obszar symetrycznego rozkładu uziarnienia. Tym samym trudno tu mówić o wyraźnym wzroście lub spadku wartości skośności w powiązaniu ze zmianą średniej średnicy ziaren. Zatarcie tego „sinusoidalnego” układu czytelnego w osadach źródłowych można uznać za skutek transformacji osadów w transporcie stokowym, któremu podlegały

utwory pochodzące wyjściowo z różnych subsródo-wisk fluwioglacjalnych.

Spostrzeżenie to jest zgodne z wynikami uzyskanymi przez Szpikowskiego (2010) dla diamik-tonów rolnych (deluwiów rolnych), gdzie nie stwierdzono występowania związku między średnią średnicą ziaren i skośnością.

Przy zestawieniu wysortowania i skośności (rys. 10) osady źródłowe układają się w asymetryczną parabolę o wyraźnie lepiej rozwiniętym lewym ramieniu, co odpowiada osadom korytowym (por. Ludwikowska-Kędzia 2000). Deluwia natomiast zajmują wąski obszar o poziomej orientacji – zmianom wartości skośności nie towarzyszy wyraźny trend zmian wartości wysortowania. Ich położenie przypomina wyniki uzyskane przez Smolską (2005) dla osadów deluwialnych z Łopuchowa. Jak podaje autorka, potrzebna jest dłuższa droga transportu, aby znalazł on odzwierciedlenie w relacji między σ_1-Sk_1 . Uwaga ta może również odnosić się do przeprowadzonych przez autora badań w obrębie zagłębień o stosunkowo krótkich stokach.



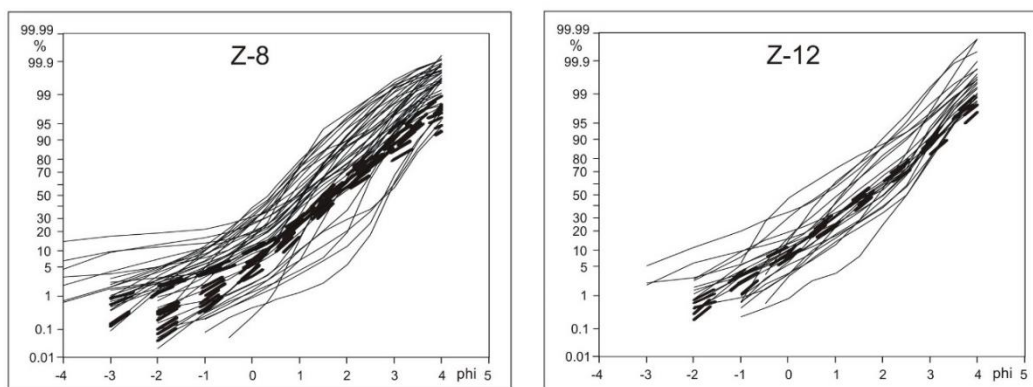
Rys. 10. Zależność między wysortowaniem (σ_1) i skośnością (Sk_1) dla badanych osadów

Relationship between sorting index (σ_1) and skewness (Sk_1) of examined deposits

W celu poznania różnic pomiędzy materiałem źródłowym a stokowym zestawiono również krzywe kumulacyjne uziarnienia na siatce prawdopodobieństwa w skali phi.

Krzywe kumulacyjne uziarnienia odnoszące się do deluwiów mają na tle osadów źródłowych przebieg bardziej zbliżony do prostoliniowego – słabiej wyodrębniają się populacje wyróżnione przez Vishera (1969) odpowiadające różnym rodzajom transportu. O takim przebiegu sygnalizowali też Smolska (2003) oraz Majewski (2013).

Kształt krzywych deluwiów wskazuje, że transport osadów stokowych odbywał się głównie w postaci saltacji. Krzywe mają ponadto nieznacznie wklęsły charakter „odziedziczony” zapewne po osadach podłoża. Ponadto krzywe deluwiów położone są w układzie współrzędnych nieznacznie niżej niż większa część krzywych osadów fluwioglacjalnych i na ogół nachylone są pod mniejszym kątem do osi poziomej układu (rys. 11).



Rys. 11. Krzywe kumulacyjne uziarnienia deluwii (linie przerywane) i osadów źródłowych (linie ciągłe)

Cumulative curves of grain size of colluvial deposits (dotted lines) and source deposits (solid lines)

Do poszukiwania różnic pomiędzy osadami źródłowymi a stokowymi wykorzystano także krzywe częstości, które pozwalają odczytać tendencje przekształcające materiał wyjściowy (Mycielska-Dowgiałło 1995). Z otrzymanego obrazu wynika, że krzywe częstości deluwii osiągają mniejsze maksymalne wartości częstości i obejmują większy zakres frakcji od krzywych fluwioglacjalnych osadów podłoża (rys. 12). Większość krzywych reprezentujących osady stokowe posiada jedną – słabo zarysowaną wartość modalną. W swoim obrazie przypominają one krzywe częstości deluwii uzyskane przez Smolską (2005) dla zadarnionego zbocza Czarnej Hańczy. Jedynie w przypadku odkrywek Z-8.2 i Z-12.3 można mówić o krzywych ze słabo zaznaczającą się bimodalnością, gdzie widoczna jest wielomodalność deluwii, o których wspominają m.in. Korotaj (1988), Twardy (1995, 2003), Smolska (2003, 2005).

Jeszcze jednym elementem litologicznym, który może różnicować i ułatwiać wydzielenie osadów deluwialnych od fluwioglacjalnych osadów źródłowych jest procentowy udział frakcji powyżej 4 phi, czyli mułów i pyłów (por. Smolska 2005). W przebadanych osadach stokowych widać wyraźny wzrost udziału materiału drobniejszego od piasków w porównaniu z osadami źródłowymi (rys. 13). W profilu podłużnym stoku może to być wzrost nawet kilkukrotny, z poziomu od 1% dla osadów źródłowych do aż 7–9% dla deluwii, jak w przypadku odkrywek w dnach obu przebadanych zagłębień (Z-8.3 oraz Z-12.3).

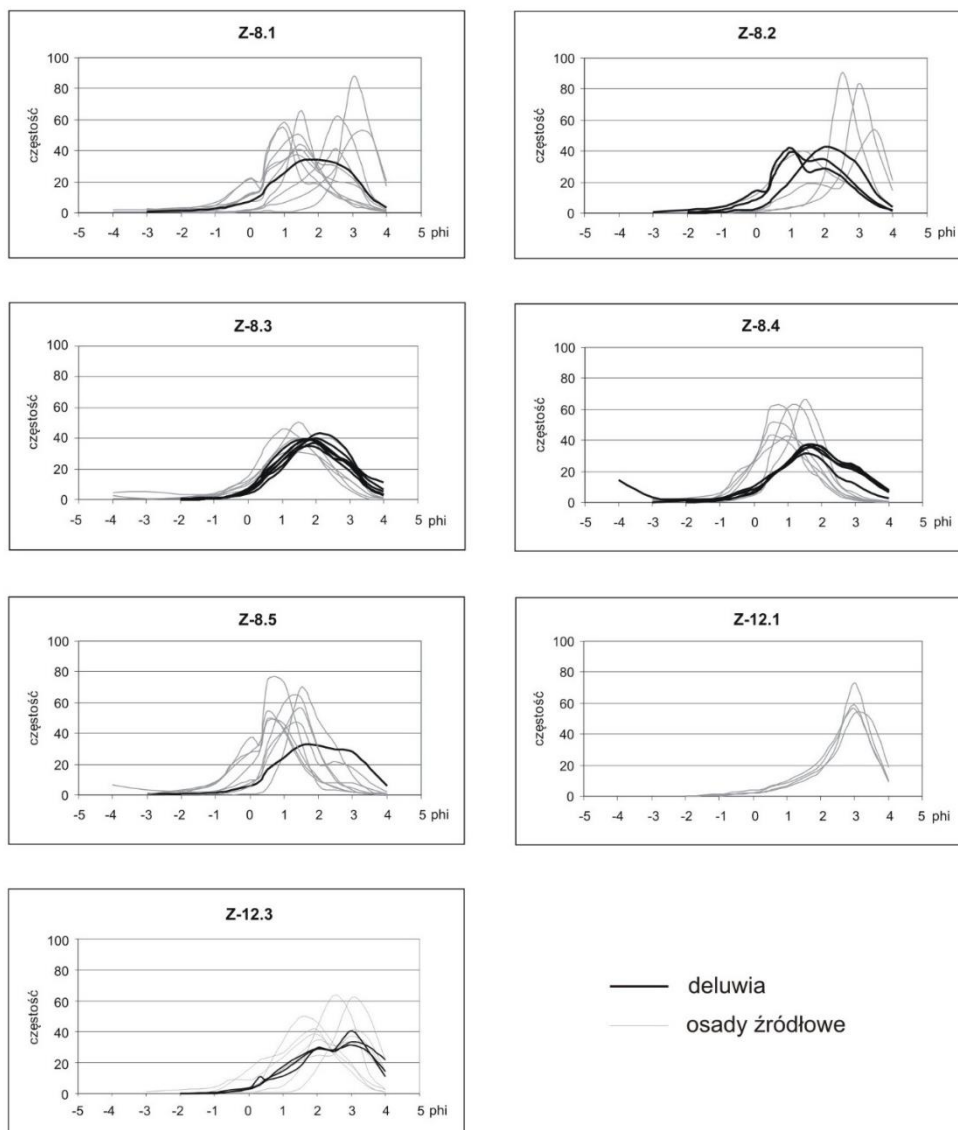
Wyraźny wzrost udziału frakcji powyżej 4 phi w deluwii pobranych z odkrywek usytuowanych w dnach zagłębień, jest najprawdopodobniej wynikiem selektywnego wynoszenia przez wodę spływającą po stoku najdrobniejszych frakcji ku cen-

tralnym częściom obniżeń. Parametr ten jest o tyle istotny i „skuteczny” w swym wydźwięku, gdyż zmiany uziarnienia nie zawsze są widoczne w wartościach M_z z racji wzbogacenia osadu stokowego nie tylko we frakcje drobniejsze, ale i grubsze od frakcji o maksymalnej częstości.

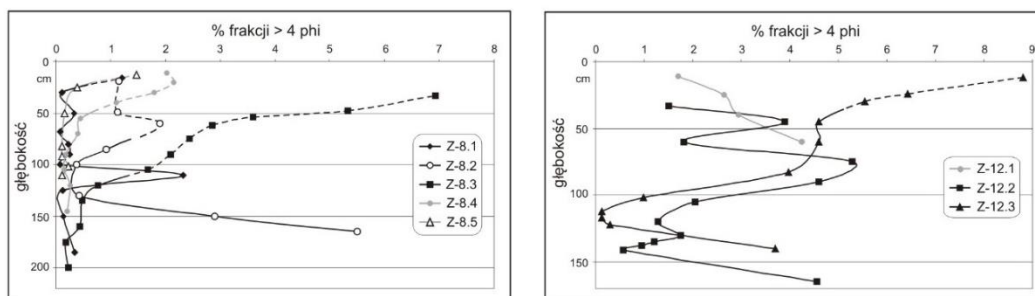
Podsumowanie

Wyodrębnione deluwia to piaski średnio- i drobnoziarniste, są one drobniejsze od osadów źródłowych reprezentowanych przez piaski od bardzo grubych po drobne. Rozpoznane deluwia posiadają ponadto większe od osadów podłoża, nierzadko kilkukrotnie, domieszki frakcji powyżej 4 phi. Wzbogacenie we frakcje drobniejsze zapisało się m.in. w postaci przesunięcia wartości skośności z ujemnych dla podłoża, ku dodatnim dla deluwii. Deluwia okazały się materiałem słabiej wysortowanym od osadów źródłowych oraz charakteryzującym się pogarszaniem stopnia wysortowania wraz z drobnieniem ziarna, czyli układem przeciwnym w stosunku do otrzymanego dla fluwioglacjalnego podłoża.

Krzywe kumulacyjne uziarnienia osadów deluwialnych różnią się nieznacznie od krzywych otrzymanych dla serii fluwioglacjalnych – generalnie posiadają przebieg bardziej zbliżony do prostoliniowego i są niżej położone na siatce prawdopodobieństwa. Krzywe częstości deluwii przyjmują mniejsze maksymalne wartości od krzywych fluwioglacjalnych osadów podłoża i bywają nieznacznie przesunięte w prawo. Ich mody mają bardzo szeroką i płaską, najczęściej jedną, kumulację. Układy bimodalne są rzadkie i słabo zarysowane.



Rys. 12. Zestawienie krzywych częstości badanych osadów
Set of frequency curves of examined deposits



Rys. 13. Zawartość frakcji powyżej 4 phi w badanych osadach
linią przerywaną zaznaczono pionowy zasięg deluwii, a sygnaturami głębokość pobrania próbki
Content of fraction above 4 phi in examined deposits
dotted lines mark vertical range of colluvial deposits and signatures mark the depth of collected sample

Zebrany i zestawiony materiał pozwolił wykazać różnice granulometryczne pomiędzy osadami stokowymi – deluwiami a materiałem źródłowym, którym były osady fluwioglacjalne. Potwierdzono wcześniejsze spostrzeżenia innych autorów. Osady źródłowe mimo jednorodnego pochodzenia cechują się znacznym zróżnicowaniem litologicznym, skutkującym szerokimi zakresami wskaźników granulometrycznych. Uzyskane wyniki dla osadów deluwialnych często mieszczą się w tych samych zakresach, powodując wrażenie umiarkowanej lub słabej transformacji materiału w warunkach stokowych. Otrzymano jednak obraz zmian, jakim uległ materiał źródłowy w wyniku przemieszczenia w dół stoku. W konsekwencji wskazane różnice mogą być pomocne w rozróżnieniu serii deluwialnych od podłoża. Trzeba jednak zaznaczyć, że rozwianiu tego typu wątpliwości musi towarzyszyć kilka metod prezentacji analiz uziarnienia.

Literatura

- Florek W., Alexandrowicz S.W., Pazdur A. 1999. Zmiany poziomu wody w jeziorze Jasiień na tle ewolucji środowiska w późnym vistulianie i holocenie. W: A. Pazdur (red.) *Geochronologia górnego czwartorzędu Polski w świetle datowania radiowęglowego i luminescencyjnego*. WIND J. Wojewoda, Wrocław: 199-214.
- Folk R.L., Ward W.C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3-26.
- Kittel P. 2014. Slope deposits as an indicator of anthropopressure in the light of research in Central Poland. *Quaternary International* 324: 34-55.
- Kobjek E., Kobjek S. 2003. Osady stokowe Wyżyny Częstochowskiej i Wysoczyzny Rawskiej w świetle badań litologicznych. *Prace i Studia Geograficzne* 33: 45-57.
- Kondracki J. 2002. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Korotaj M. 1988. Przekształcenia osadu stokowego w świetle zmian uziarnienia i stopnia obtoczenia ziarn kwarcowych. *Prace i Studia Geograficzne* 9: 105-113.
- Kowalkowski A., Swałek M. 1994. Analiza podstawowych chemicznych właściwości gleb z elementami analityki. WSP im. J. Kochanowskiego, Kielce.
- Kozarski S. 1995. Deglacjacja północno-zachodniej Polski: warunki środowiska i transformacja geosystemu (~20 ka → 10 ka BP). *Dokumentacja Geograficzna IGiPZ PAN* 1: 1-83
- Ludwikowska-Kędzia M. 2000. Ewolucja środkowego odcinka doliny Belnianki w późnym glacie i holocenie. Wyd. Akademickie Dialog, Warszawa: 1-181.
- Majewski M. 2013. Rozwój form i procesów stokowych w rynnice jeziora Jasiień w późnym vistulianie i holocenie. *Akademia Pomorska w Słupsku*: 1-169.
- Majewski M. 2014. Human impact on Subatlantic slope wash processes and landform development at Lake Jasiień (northern Poland). *Quaternary International* 324: 56-66.
- Molewski P. 1996. Nowe fakty dotyczące genezy zagłębień wytopiskowych na sandrach przedpola lodowca Skeidarar (Islandia). *Przegląd Geograficzny* 68,3-4: 405-426.
- Mycielska-Dowgiałło E. 1995. Wybrane cechy teksturalne osadów i ich wartość interpretacyjna. W: E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski (red.) *Badania osadów czwartorzędowych*. WGiSR UW: 29-105.
- Mycielska-Dowgiałło E. 2007. Metody badań cech teksturalnych osadów klastycznych i wartość interpretacyjna wyników. W: E. Mycielska-Dowgiałło, J. Rutkowski (red.) *Badania cech teksturalnych osadów czwartorzędowych i wybrane metody oznaczania ich wieku*. SWPR: 95-180.
- Paluszkiewicz R. 2014. Późnoglacialna depozycja osadów dolinek wschodnich stoków Buślarskich Gór (Pojezierze Zachodniopomorskie). *Landform Analysis* 26: 85-93.
- Sinkiewicz M. 1998. Rozwój denudacji antropogenicznej w środkowej części Polski północnej. W: Niewiarowski (red.). UMK: 1-98.
- Smolska E. 1999. Natężenie sflukiwania w obszarze młodoglacjalnym na przykładzie wybranych stoków w zlewni górnej Szesupy. Dynamika procesów stokowych i fluwialnych w rzeźbie młodoglacjalnej w świetle wybranych cech sedymentologicznych osadów, Jeleniewo k/Suwałk, 13-17 września 1999: 62-66.
- Smolska E. 2001. Cechy sedymentologiczne pokryw stokowych na Pojezierzu Suwalskim. W: K. Klimek, K. Kocel (red.) *Pokrywy stokowe jako zapis zmian klimatycznych w późnym vistulianie i holocenie*. Sosnowiec, 5-7 kwietnia 2001: 63-65.
- Smolska E. 2003. Cechy deluwii na przykładzie osadów stokowych pagórka w okolicy Łopuchowa na Pojezierzu Suwalskim. *Prace i Studia Geograficzne* 33: 45-57.
- Smolska E. 2005. Znaczenie sflukiwania w modelowaniu stoków młodoglacjalnych (na przykładzie Pojezierza Suwalskiego). WGiSR UW: 1-146.
- Smolska E. 2011. Fan sediments as indicator of gully erosion stages on the example of the Suwałki Lakeland (NE Poland). *Landform Analysis* 17: 177-182.
- Sylwestrzak J. 1972. Zagadnienie recesji krawędzi lodowej lobu bytowskiego i uwagi o rozwoju

- morfologicznym doliny górnej Łupawy. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdańskiego, Geografia* 2: 23-49.
- Szpikowski J. 2010. Antropogeniczne przekształcenia rzeźby zlewni Perznicy w neoholocene (Pojezierze Drawskie, dorzecze Parsęty). Wyd. Nauk. UAM, Seria Geografia, Poznań, 91: 1-203.
- Topographische Karte 1887, skala 1:25 000
- Twardy J. 1995. Dynamika denudacji holocenińskiej w strefie krawędziowej Wyżyny Łódzkiej. *Acta Geographica Lodziensia* 69: 1-213.
- Twardy J. 2002. Etapy neoholocenińskiej ewolucji suchych dolin denudacyjnych na Wyżynie Łódzkiej w świetle analizy osadów. *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia* 32, 109: 127-137.
- Twardy J. 2003. Cechy sedimentologiczne neoholocenińskich osadów stokowych na Wyżynie Łódzkiej i ich wartość interpretacyjna. *Prace i Studia Geograficzne* 33: 25-44.
- Twardy J. 2008. Transformacja rzeźby centralnej części Polski środkowej w warunkach antropopresji. Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź: 1-292.
- Visher G.S. 1969. Grain size distributions and depositional processes. *Journal of Sedimentary Petrology* 39: 1074-1106.

Summary

The main subject of the studies were two closed depressions that are situated among sandurs in the neighborhood of the village of Łupawsko (Zachodniopomorskie Lakeland). The purpose of the research was to compare the features of grain size of colluvial deposits that occur in depressions together with source fluvio-glacial deposits.

The goal of the study was achieved by the recognition of the geological structure of depressions and by separating already filled in colluvial deposits and source deposits. The research of analyzed deposits was done with the use of strainer technique. Furthermore, grain size distribution, sedimentological indexes, cumulative curves, frequency curves and the content of fraction above 4 phi were analyzed.

The analyzed closed depressions are forms of 150–160 meters in diameter and of 6–7 meters in depth. Their closed depressions are occupied by colluvial deposits, where thickness clearly and its maximum reaches about 110 cm and the minimum close to 40 cm. The recognized colluvial deposits are less varied in grain size than source fluvio-glacial deposits and are, in general, tinier. Their mean grain sizes range from 1,4 up to 2,5

phi for Mz -0,1–2,9 phi and refer to subsoil deposits.

The sorting index of the examined colluvial deposits ranges from 0,85–1,25 phi with values of 0,5–2,5 phi for fluvio-glacial deposits. It has to be pointed that 19 samples of subsoil were better-sorted than the best-sorted sample of colluvial deposits and only 8 samples of subsoil were worse than the weakest sample of colluvial deposits. It can be claimed that what is observed is in general a deterioration of the sorting index of colluvial deposits against source deposits. In the examined colluvial deposits, there was a marked deterioration of the sorting index together with a reduction of the mean grain size, which is a second system according to Mycielska-Dowgiałło (1995), that is typical for a deposition environment in which sorting processes predominate within thicker fraction and periodic supply of weaker translocated sorted material in suspension. However, base fluvio-glacial deposits are characterized by sorting deterioration that appears with the rise of the mean grain size, which is characteristic of environments of differential dynamics of transporting forces.

In case of skewness of subsoil the range is from -0,5 up to 0,21 but colluvial deposits range between -0,12–0,12. The acceptance of skewness plus values proves enriched colluvial deposits constitute a tiny fraction, what can indirectly highlight the role of flush in the delivery of the material. In case of the mean grain size and skewness, subsoil fluvio-glacial deposits create a 'cloud' that resembles a sine wave and it can be an effect of varied dynamics of a fluvio-glacial environment, which is closely connected to subsoil deposits. Colluvial deposits create on a Mz-Sk₁ chart a cloud of points that is compact enough to cover an area of symmetrical graining distribution. At the same time, it is hard to associate a clear increase or decrease of skewness values with the change of the mean grain size. Taking into account the sorting index and skewness source deposits compose an asymmetric parabola with a better-developed left ray, on the other hand, colluvial deposits create a compact enough area with horizontal orientation changes of skewness values that are not accompanied with a trend of changes of the sorting index values, consequently it can be a case of short transport.

Grain size cumulative curves that refer to colluvial deposits when compared to source deposits have a course more nearing a straight-line – isolation of a particular population that corresponds to different kinds of transport is weaker.

Moreover, colluvial deposits curves are located a bit lower than most of fluvioglacial deposit curves and in general the angle of inclination is smaller.

From an image of frequency curves, it appears that colluvial deposit curves are lower than fluvioglacial deposit curves and their modal values have wide and flat cumulation. Colluvial deposits differ from sources deposits in a significant way with greater content of fraction above 4 phi in material. The observed profile can increase several times from the level of 1% for source

deposits up to 7–9% for colluvial deposits. A significant increase of fraction above 4 phi in colluvial deposits derived from outcrops, situated in bottom closed depressions is likely to be a result of selective transfer of the smallest fraction towards the central parts of reduction.

The presented results of grain size with the use of described techniques allow to notice differences between colluvial deposits and sources deposits. Consequently, it enables to distinguish one series from another in a case where there is a doubt about genetic material.