



Danuta Dzieduszyńska

Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki; [danuta.dzieduszyńska@geo.uni.lodz.pl](mailto:danuta.dzieduszyńska@geo.uni.lodz.pl)

Artykuł wpłynął do redakcji 22.06.2016; po recenzjach zaakceptowany 28.10.2016

## Znaczenie zimnych okresów późnego vistulianu w rozwoju rzeźby regionu łódzkiego

### Significance of the Late Vistulian cold periods in relief development in the Łódź Region

**Zarys treści** Celem artykułu jest wykazanie znaczenia rzeźbotwórczej roli okresów cyklicznych powrotów zimna w późnym vistulianie w ewolucji regionu łódzkiego w świetle najnowszych interpretacji stratygraficznych i środowiskowych. Procesy rzeźbotwórcze późnego vistulianu były uruchamiane w środowiskach: stokowym, rzeczonym i eolicznym działały w specyficznych warunkach niestabilności klimatycznej. Przejściowość tego okresu powodowała, że zazębiały się procesy charakterystyczne dla środowiska peryglacialnego, przy udziale zmarzliny oraz dla środowiska umiarkowanego. Zimne fazy potencjalnie sprzyjały aktywności morfogenetycznej, chociaż ich świadectwa nie są w regionie łódzkim tak powszechne jak efekty procesów, które miały miejsce podczas wcześniejszych okresów vistuliańskich.

**Słowa kluczowe** Procesy morfogenetyczne, geoarchiwa, przełom plejstocen-holocen, region łódzki.

**Abstract** The aim of the article is to show the significance of the morphogenetic processes which took place during the reactivation of cold stages during the Late Vistulian in the Łódź Region, in the light of the latest stratigraphical and paleoenvironmental approach. The processes were activated in slope, fluvial and aeolian environments and operated under conditions of climatic instability. The transitional nature of this period caused that processes characteristic of the periglacial environment, with the permafrost presence, overlapped with the moderate conditions. The cold periods were potentially favorable for morphogenetic activity, although their records are in the Łódź Region not as common as the effects of the processes that took place during earlier periods of the Vistulian.

**Keywords** Morphogenetic processes, geoarchives, Pleistocene-Holocene transition, Łódź Region.

#### 1. Wprowadzenie

W rekonstrukcji rozwoju geomorfologicznego regionu łódzkiego istotne wydaje się zwrócenie uwagi na schyłkowy etap vistulianu. Przejście od surowych warunków klimatycznych ostatniego zlodowacenia do umiarkowanego klimatu holocenu odbywało się w sposób nieliniowy. Mimo ogólnej tendencji wzrostu temperatury występowały naprzemiennie po sobie względnie krótkotrwałe okresy (rzędu kilkuset do około 1000 lat) ociepleń i ochłodzeń, mające wymiar globalny. Pozostawiły wyraźne ślady zapisane w budowie geologicznej i rzeźbie. W centralnej Polsce okresy ociepleń: bölling i alleröd odznaczały się warunkami termicznymi zbliżonymi do tych w klimacie umiarkowanym. Odradzała się szata roślinna, a procesy rzeźbotwórcze traciły na intensywności. Deponowane osady organiczne dają możliwości rekonstrukcji parametrów paleośrodowiska i służą do celów chronostratygraficznych. Podczas chłodnych okresów, nazywanych odpowiednio najstarszy dryas, starszy dryas i młodszy dryas, klimat stawał się znacznie surowszy. Ożywiały się dynamiczne procesy przekształcające powierzchnię terenu przy znacznie zmniejszonej zawartości szaty roślinnej. Zaistniałe wówczas warunki sprzyjały intensyfikacji procesów zarówno erozyjnych, transportowych, jak i depozycyjnych, działających w różnych środowiskach sedymentacyjnych. W niniejszym artykule podjęto próbę wykazania w świetle najnowszych

globalnych interpretacji środowiskowych i stratygraficznych rzeźbotwórczej roli okresów zimnych w późnym vistulianie na obszarze regionu łódzkiego, położonego w strefie ekstraperyglacialnej ostatniego lądolodu skandynawskiego.

Materiałem wykorzystanym do oceny morfogenezy zimnych jednostek późnego vistulianu jest dokumentacja śladów zdarzeń mających miejsce podczas tych okresów w osadach i formach rzeźby. W prezentowanej rekonstrukcji uwzględnione zostały dane ze stanowisk posiadających zapis procesów, które zachodziły w poszczególnych środowiskach morfogenetycznych czynnych podczas analizowanego czasu oraz ze stanowisk, w których prowadzono wieloskaźnikowe badania paleoekologiczne. Jako najważniejsze dla podjętego tematu uznano: Kamion (Manikowska 1985, 1995), Witów (Wasylikowa 1964, 1999), Żabieniec (Forysiak, Twardy 2010; Forysiak i in. 2010; Płóciennik i in. 2011; Forysiak 2012), Smardzew (Klatkova 1965), Zgierz-Rudunki (Klatkova 1984; Dzieduszyńska 2011), Katarzynów (Dylikowa 1967, 1970), Bełchatów (Manikowska 1985, 1995), Mroga (Turkowska 1975, 1988), Lublinek (Turkowska 1988, 1995), Dobroń (Manikowska 1985), Borki Lipowskie i Kraski (Krajewski 1977), Rąbień (Forysiak 2012), Koźmin-Las (Dzieduszyńska i in. 2014; Petera-Zganiacz i in. 2015) (rys. 1). Prace w wymienionych stanowiskach (oprócz Witowa) były prowadzone lub koordynowane przez badaczy z łódzkiego ośrodka geomorfologicznego.



Rys. 1. Rozmieszczenie stanowisk omawianych w tekście

1 – sieć rzeczna; 2 – północna granica regionu łódzkiego: maksymalny zasięg lądolodu wistuljańskiego; 3 – południowa granica regionu łódzkiego: maksymalny zasięg stadiu warty; granice regionu łódzkiego za: Turkowska (2006)

Fig. 1. Distribution of the sites cited in the text

1 – river network; 2 – northern boundary of the Łódź Region: maximum extent of the Vistulian ice-sheet; 3 – southern boundary of the Łódź Region: maximum extent of the Warta ice-sheet; boundaries of the region after Turkowska (2006)

## 2. Stratygrafia późnego vistulianu w regionie łódzkim

Późny vistulian jest ostatnią jednostką vistulianu i odnosi się do różnych ram czasowych, zależnie od podziałów stratygraficznych nawiązujących bądź do zjawisk w środowisku ekstraglacialnym ostatniego lądolodu skandynawskiego,

bądź do zdarzeń w vistuliańskiej strefie zajętej przez lądolód skandynawski. Miejsce późnego vistulianu w stratygrafii schyłku plejstocenu w nawiązaniu do wspomnianych podejść przedyskutowane zostało we wcześniejszym artykule autorki (Dzieduszyńska 2013) i zilustrowano w tabeli 1.

Tabela 1. Okresy zimne schyłku vistulianu na tle podziału stratygraficznego

Table 1. Cold periods of the Vistulian decline against stratigraphic division

Kalibracja chronozon (Walanus, Nalepka 2010) Lata cal BP	Deglacjacja lądolodu skandynawskiego (Rinterknecht <i>et al.</i> 2006) Lata cal BP	Eifelmaar Region, N Niemcy (Litt <i>et al.</i> 2001) Lata cal BP	Szwajcaria, S Niemcy (Lotter <i>et al.</i> 1992) Lata cal BP	Rdzenie grenlandzkie „event stratigraphy” (Walker <i>et al.</i> 1999) Lata cal BP	
Younger Dryas 12 950 – 11 450	Younger Dryas 12 500 →	Younger Dryas 12 680 – 11 590	Younger Dryas	GS – 1 Greenland Stadial 1 12 650 – 11 550	
Alleröd 13 650 – 12 950	Alleröd – Bölling 14 600 – 12 500	Late Alleröd	Alleröd	GI – 1a 12 900 – 12 650	
Older Dryas 13 850 – 13 650		Gerzensee Oscillation	Gerzensee Oscillation	GI – 1b 13 150 – 12 900	
		Early Alleröd	Alleröd	GI – 1c 13 900 – 13 150	
Bölling 15 500 – 13 850		Older Dryas 13 540 – 13 350	Bölling 13 670 – 13 540	Aegelsee Oscillation	GI – 1d 14 050 – 13 900
		Bölling 13 670 – 13 540			
	Oldest Dryas 13 800 – 13 670	Meiendorf 14 450 – 13 800	Bölling	GI – 1e 14 700 – 14 050	
	Oldest Dryas 16 500 – 17 500	Pleniglacial	Oldest Dryas	GS – 2 Greenland Stadial 2 >14 700	

Źródło: opr. własne.

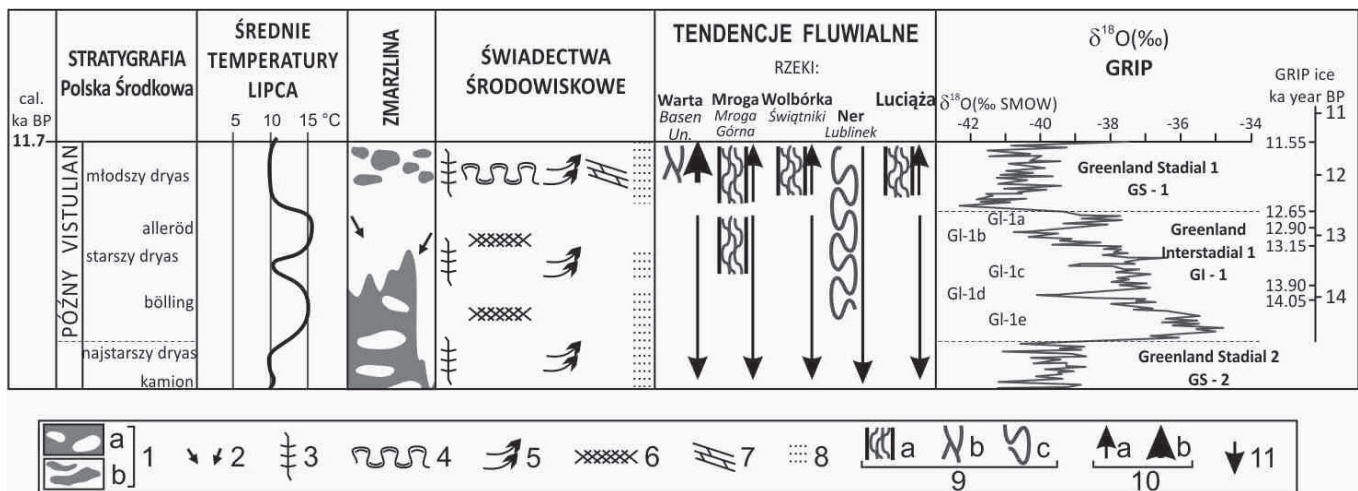
Source: own compilation.

W rekonstrukcjach paleogeograficznych w regionie łódzkim stosowany jest tradycyjnie podział chronostratygraficzny późnego vistulianu oparty na wydzieleniach opracowanych na podstawie przesłanek paleobiologicznych w północno-zachodniej Europie (np.: van der Hammen i in. 1967) i funkcjonujących w aktualnym podejściu Komisji Stratygrafii i Chronologii INQUA (Cohen, Gibbard 2015).

Późny vistulian *sensu lato* był okresem globalnego wzrostu temperatury, który doprowadził do przyspieszenia zaniku lądolodu. Rytm naprzemiennie występujących chłodnych i ciepłych interwałów odzwierciedlony jest w powszechnie stosowanym podziale na jednostki chronostratygraficzne (tzw. chronozony), których granice zdefiniowane są w konwencjonalnych latach radiowęglowych (Mangerud i in. 1974). Według tego schematu późny vistulian (= późny glacjał) trwał od 13 000 BP do 10 000 BP i obejmował następujące chronozony: bölling, starszy dryas, alleröd i młodszy dryas. W ostatnich latach coraz częściej w opisywaniu chronologii schyłku vistulianu badacze posługują się terminologią opartą na tzw. *event stratigraphy*, czyli podziale chronostratygraficznym, w którym granice jednostek zostały zdefiniowane na podstawie przebiegu krzywych tlenowych w grenlandzkich rdzeniach lodowych, ilustrujących wahania klimatu w skali globalnej. Odcinek identyfikowany z późnym vistulianem (glacjałem), którego początek koreluje się z przełomem

MIS2/MIS1, trwał w sumie około 3150 lat kalendarzowych (rys. 2). Obejmował jednostkę ciepłą Greenland Interstadial 1 (GI-1) oraz jednostkę chłodną Greenland Stadial 1 (GS-1). W ramach interstadiału GI-1 odnotowano trzy subinterstadiały i dwa substadiały (tab. 1). Schemat grenlandzki został zaproponowany jako stratotypowy dla obszaru okołoałtentyckiej części Europy (Walker i in. 1999; Lowe i in. 2008). Zaproponowano również korelację z zapisem lądowym w ujęciu Mangeruda i in. (1974). GI-1 miałby odpowiadać interwałowi bölling-alleröd, z chłodniejszym wahanieniem GI-1d dla starszego dryasu, a GS-1 młodszemu dryasowi.

Tradycyjne rozumienie późnego vistulianu w regionie łódzkim dotyczy okresu, który datuje się od ca. 18 ka cal BP (część końcowa MIS 2), począwszy od pierwszych sygnałów ocieplenia związanych z recesją lądolodu z pozycji LGM do początku holocenu, a w historii rozwoju rzeźby wiąże się z akumulacją piasków eolicznych w wydmach i pokrywach eolicznych (Dylikowa 1967). W analizowanym obszarze jest to poprawa warunków termicznych korelowana z zanikiem lądolodu w łobie płockim określona datą OSL na około 18,7 ka (Roman i in. 2014). W szeroko rozumianych geoarchiwach późnego vistulianu regionu łódzkiego zarejestrowane zostały trzy okresy ciepłe: kamion, bölling i alleröd oraz dzielące je nawroty chłodu: najstarszy dryas, starszy dryas i młodszy dryas (rys. 2) (Dzieduszyńska 2013; Dzieduszyńska, Forsytek 2015).



Rys. 2. Cechy przewodnie środowiska późnego vistulianu w regionie łódzkim (na podstawie Roman i in. 2014)

1 – zmarzlina: a – nieciągła, b – sporadyczna; 2 – tendencje degradacyjne; 3 – syngenetyczne struktury kontrakcji termicznej; 4 – inwolucje; 5 – aktywność eoliczna; 6 – poziomy glebowe; 7 – osady depozycji naśnieżnej; 8 – piaski drobnolaminowane górne; 9 – rozwinięcie koryta: a – roztokowe, b – wielokorytowe, c – meandry wielkopromienne; 10 – tendencje agradacyjne: a – umiarkowane, b – duże; 11 – tendencje erozyjne umiarkowane

Fig. 2. Main features of the Late Vistulian environment in the Łódź Region (after Roman *et al.* 2014)

1 – permafrost: a – discontinuous, c – sporadic; 2 – tendencies to degradation; 3 – frost fissures; 4 – involutions; 5 – intense aeolian activity; 6 – soil horizons; 7 – over-snow deposits; 8 – thinly laminated sands; 9 – river pattern: a – braided, b – anabranching, c – big meanders; 10 – tendency to aggradation: a – medium, b – intensive; 11 – tendency to medium erosion

Kierunek przekształceń i efektów morfogenetycznych, zapoczątkowany u progu późnego vistulianu, różnicował się zależnie od środowiska. Przebieg przebudowy dziedziny peryglacialnej na umiarkowaną, typ i bilans procesów zmieniały się ponadto w czasie, dostosowując się do globalnych tendencji klimatycznych oraz w przestrzeni, gdzie był wypadkową przemian globalnych i uwarunkowań lokalnych. Wyróżniające późny vistulian w historii geologicznej regionu łódzkiego procesy o zwiększonej efektywności w okresach nawrotów chłodu i prowadzące do zmian w rzeźbie, zostały zidentyfikowane w trzech środowiskach sedymentacyjnych: fluwialnym, stokowym i eolicznym (rys. 2), a osady stanowią element wypełnień zbiorników akumulacji biogenicznej.

### 3. Wyróżniające procesy morfogenetyczne

#### 3.1. Najstarszy dryas

Okres najstarszego dryasu jest pierwszym chłodnym wahnięciem po poprawie warunków termicznych fazy kamion. W badaniach regionu łódzkiego obecność tego ochłodzenia nie budzi wątpliwości, mimo że jego pozycja stratygraficzna i długość nie jest jednoznaczna (tab. 1). Na podstawie wcześniejszych badań palinologicznych i paleopedologicznych (Wasylikowa 1964; Manikowska 1995) granice czasowe okresu należałoby ustanowić na około 16,6–15,0 ka cal BP. Nowe dane na temat trwania najstarszego dryasu, oparte na zjawiskach związanych z deglacją lądolodu skandynawskiego (Rinterknecht i in. 2006) wskazuje na co najmniej 1000-letni okres ochłodzenia klimatu (17,5–16,5 ka cal BP). Chronologia późnego vistulianu sporządzona na podstawie zbioru dat radiowęglowych pozwala wnioskować, że ochłodzenie mogło trwać około 3000 lat kalendarzowych, pomiędzy 17,2 a 14,2 ka cal BP (Dzieduszyńska, Trzeciak 2015; badania w toku)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Procedura badawcza polegała na rozmieszczeniu na osi czasu uzyskanych dat, aby na podstawie częstości ich występowania otrzymać obraz okresów ciepłych i zimnych, z wyraźnie zaznaczonymi granicami. Fluktuacje tak skonstruowa-

Warunki klimatyczne regionu rekonstruowane na podstawie stanowisk: Witów (Wasylikowa 1964) i Żabieniec (Płóciennik i in. 2011) (rys. 1) wskazują na klimat arktyczny lub subarktyczny, ze średnią temperaturą lipca około 13–14°C, lub nawet 10°C (Jeziorno Gościąż – Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998). Jak wynika z analizy osadów w Witowie początkowa faza była chłodniejsza i wilgotna, a druga bardziej sucha. W najstarszym dryasie procesy morfogenetyczne odbywały się w warunkach istnienia zmarzliny, co potwierdza obecność syngenetycznych szczelin mrozowych w piaskach pokrywowych (rys. 2). Badania Forsyśki (2012) wskazują, że miało jednak miejsce wytopianie się lodu podziemnego, w wyniku którego powstawały zagłębienia termokrasowe.

Wyróżnikiem okresu jest formowanie się tarczowatych pokryw piasków eolicznych, klasyfikowanych w regionie jako I faza (wstępna) akumulacji późnovistuliankich wydm śródlądowych (Dylikowa 1967). Warunki do transportu piasku były spełnione dzięki takiemu kierunkowi globalnej cyrkulacji atmosferycznej, który umożliwiał napływ suchych mas powietrza znanego z lodzonego oceanu (Rinterknecht i in. 2006). W skali regionu terenami podlegającymi deflacji były piaszczyste, rozległe dna plenivistuliankich rzek roztokowych, świeżo wylonione jako terasy i osuszane w wyniku późnovistuliankich tendencji erozyjnych. Akumulację wymuszała obecność wilgotnego podłoża hamującego przewiewany materiał (Goździk 1995; Manikowska 1995). W najstarszym dryasie istniały dogodne okoliczności do rozwoju procesów stokowych, których świadectwem jest seria ze splukiwania, tzw. górne piaski drobnolaminowane, wykształcone jako osad o klasycznym naprzemiennym ułożeniu lamin o różnej charakterystyce granulometrycznej, obecne w dnach zagłębień bezodpływowych oraz w osiach i na stokach suchych dolin denudacyjnych i rzecznych (np. stanowiska: Smardzew, Zgierz-Rudunki, Katarzynów, Bełchatów, dolina Mrogi – rys. 1) (Klatkowska 1965, 1984; Dylikowa 1970; Turkowska 1988; Manikowska 1995; Dzieduszyńska

nej funkcji rozkładu gęstości prawdopodobieństwa korelują się z chronologią procesów morfogenetycznych, znanych z rekonstrukcji paleogeograficznych regionu.



2011). Późnovistuliański wiek osadów deluwialnych jest oparty m.in. na ich pozycji stratygraficznej ponad seriami górnopleni-vistuliańskimi na stokach doliny Mrogi (Turkowska 1988). Argumentów na aktywność w środowisku eolicznym i stokowym dostarcza zapis mineralogiczny i geochemiczny z profilu torfowiska Żabieniec, gdzie stwierdzono dostawę materiału drobnopiaszczystego i mułkowego do zbiornika (Forysiak i in. 2010).

### 3.2. Starszy dryas

Starszy dryas jest krótkotrwałym ochłodzeniem, trwającym około 200–300 lat (tab. 1). W regionie łódzkim chronologia określona przez datowania radiowęglowe osadów biogenicznych z okresów ograniczających omawianą chronozonę datuje starszy dryas na 13,5–13,25 ka cal BP (Dzieduszyńska, Trzeciak 2015; badania w toku) i jest zgodna z danymi opartymi na zapisach warwowych w zachodniej Europie i na Grenlandii (tab. 1). Subarktyczny klimat o cechach kontynentalnych odznaczał się spadkami średniej temperatury lipca do 10–13°C (na podstawie stanowisk regionu: Witów – Wasylikiowa 1964 i Żabieniec – Płóciennik i in. 2011 oraz stanowiska Gościąż – Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998) i spowodował rozrzedzenie szaty roślinnej.

W starszym dryasie procesy morfogenetyczne zachodziły jeszcze w obecności zmarzliny, czego świadectwem są np. małe struktury po klinach lodowych (rys. 2). Niemniej jednak wyróżnikiem tego okresu są dogodne warunki do formowania wydymów śródlądowych. W regionie łódzkim starszy dryas był czasem zasadniczej akumulacji piasku, w postaci wyraźnych morfologicznie pagórków parabolicznych o kilkunastometrowej wysokości, powstałych na wysoczyznach i w dolinach, znanych m.in. ze stanowisk: Witów (Wasylikiowa 1964), Dobroń, Bełchatów (Manikowska 1985), Borki Lipowskie, Kraski (Krajewski 1977) – rys. 1. Ta faza wydymotwórcza została nazwana fazą właściwą (Dylikowa 1967). Na skutek ochłodzenia i spadku wilgotności klimatu poziom wody w zbiornikach ulegał obniżeniu i, w przypadkach bezpośredniego sąsiedztwa miejsc akumulacji eolicznej (np. stanowiska: Witów, Rąbień), rozrastanie się form doprowadzało do zamykania mis jezior przywydmowych (Dzieduszyńska, Forysiak 2015). W zapisie geologicznym profilu Żabieniec (Forysiak, Twardy 2010), odcinek wiekowo korelowany ze starszym dryasem zawiera większy udział substancji mineralnej, głównie pyłowej, i pierwiastków litofilnych (Forysiak i in. 2010), dokumentując nie tylko aktywność eoliczną, ale zapewne też kontynuację procesów sputkowania i akumulacji serii górnych piasków drobnolaminowanych na stokach i w osiach dolin denudacyjnych.

### 3.3. Młodszy dryas

Młodszy dryas jest najgłębszym ochłodzeniem późnego vistulianu, wyraźnie zaznaczonym w skali globalnej. Trwał około 1150–1200 lat, od około 12,6 ka cal BP do początku holocenu (tab. 1) (Dzieduszyńska, Trzeciak 2015; badania w toku). Zapis w grenlandzkich rdzeniach lodowych, ilustrujący gwałtowną zmianę koncentracji izotopu tlenu  $^{18}\text{O}$ , wskazuje na powrót środowiska o cechach zbliżonych do glacialnych (rys. 2), co poważnie zaburzyło funkcjonowanie środowisk morfogenetycznych. Spadek średniej temperatury o kilka stopni Celsjusza w stosunku do poprzedzającego allerödu o umiarkowanych warunkach klimatycznych, mógł trwać zaledwie kilkadziesiąt lat (np. Litt i in. 2001). Ochłodzenie

młodsze dryasu wywołało katastrofalne skutki w systemach ekologicznych.

Charakterystyka ilościowych i jakościowych parametrów klimatu w regionie łódzkim podczas młodsze dryasu jest rekonstruowana na podstawie zapisów paleoekologicznych, m.in. ze stanowisk: Witów, Koźmin-Las, Żabieniec, Rąbień (rys. 1) (Wasylikiowa 1964, 1999; Płóciennik i in. 2011; Forysiak 2012; Dzieduszyńska i in. 2014). Pierwsze 100 lat charakteryzowało narastanie zimna i suchości, następne 450–500 lat było najzimniejsze i najbardziej suche, a w drugiej części okresu doszło do stopniowego łagodzenia warunków termicznych i wilgotnościowych. Średnia temperatura najcieplejszego miesiąca spadła o około 6–7°C, z około 17°C w allerödzie do 10°C w najchłodniejszej części młodsze dryasu, a w najchłodniejszych okresach roku była niższa niż –20°C (Dzieduszyńska 2011). W środowisku biotycznym nastąpiło rozrzedzenie borów allerödskich i dominacja luźnych drzewostanów sosnowo-brzozowych z dużym udziałem elementów tundrowych.

Na przestrzeni całego późnego vistulianu młodszy dryas był najbardziej uprzywilejowany pod względem efektywności procesów morfogenetycznych. Gwałtowne ochłodzenie pociągnęło za sobą zmianę w kierunku przekształcania elementów środowiska abiotycznego, zakłócając proces przebudowy dziedzin morfogenetycznych z peryglacialnej na umiarkowaną. Ponadto istotny wpływ na rzeźbę regionu miało uaktywnienie zjawisk katastrofalnych (Dzieduszyńska 2011). W określonych, sprzyjających warunkach lokalnych zapanowały okoliczności prowadzące do uruchomienia intensywnych procesów morfogenetycznych na stokach i w obrębie den dolin rzecznych oraz wzmożonej aktywności eolicznej. Zwiększoną zawartość materii mineralnej i wzrost koncentracji pierwiastków litofilnych opisano z profilu Żabieniec (Forysiak i in. 2010). Prawdopodobne jest, że procesy przebiegały, przynajmniej lokalnie, w warunkach przemarzniętego podłoża. Zagadnienie to oraz dowody na reaktywację zmarzliny w młodszym dryasie w regionie łódzkim są przedmiotem ostatnio podjętych badań (Petera-Zganiacz, Dzieduszyńska 2015).

Znaczące dla rozwoju paleogeograficznego regionu są procesy w środowisku fluwialnym. W odpowiedzi na globalne ochłodzenie młodsze dryasu, rozrzedzenie szaty roślinnej i zwiększenie obciążenia rzek ładunkiem osadowym na skutek uaktywnionej denudacji i wzmożonych procesów stokowych, zmieniły się warunki funkcjonowania rzek. Tendencje erozyjne zapoczątkowane wraz z późnovistuliańskim ociepleniem zostały zamienione na akumulacyjne (rys. 2). W regionie łódzkim agradacja dotyczyła przede wszystkim tych rzek, których dorzecza charakteryzowały się największym zróżnicowaniem hipsometrycznym (np. Mrogi, Wolbórki – Turkowska 1988). Morfologicznym świadectwem zmiany bilansu erozji na ujemny jest nadbudowywanie den dolin rzecznych, np. w dolinie Mrogi wyrażone w szczątkowym zachowaniu listwy terasy niskiej (Turkowska 1975, 1988). W reakcji na pogarszające się warunki klimatyczne, w odcinku rozszerzenia doliny środkowej Warty w basenie uniejowskim, zarejestrowane zostały intensywne gwałtowne powodzie, którym sprzyjały niewielkie nachylenie terenu i potencjalna obecność zmarzliny ograniczająca infiltrację (Dzieduszyńska i in. 2014; Petera-Zganiacz i in. 2015). Od tej chwili około 1,5-metrowa seria osadów pozakorytowych dominuje w strukturze wewnętrznej terasy niskiej, wyraźnie zaznaczonej we współczesnej morfologii basenu.

Podczas młodszego dryasu regułą było współistnienie rzek o różnym rozwinięciu koryta, o czym decydowały uwarunkowania lokalne, przede wszystkim hipsometria i litologia doliny i dorzecza (Turkowska 1995). Obecne były wielkopromienne meandry, przekształcane z układu roztokowego w różnych momentach późnego vistulianu, a w przypadku dolin o znacznym urozmaiceniu rzeźby (np. Mroga) kontynuowało się roztokowe rozwinięcie koryta (rys. 2). W systemach meandrowych górnego Neru (Turkowska 1988) i środkowej Rawki (Kobojek 2000) miało miejsce intensywne poszerzenie dna dolinowego, które wynikało prawdopodobnie ze wspomaganie erozji mechanicznej przez termoerozę zachodzącą w obecności przemarznętego podłoża. W przytoczonym wyżej odcinku środkowej Warty odnotowano istnienie systemów wielokorytowych (Turkowska i in. 2000, 2004) (rys. 2). Moment transformacji układu koryt znany jest tu dzięki badaniom geologicznym, analizom paleoekologicznym i uzyskaniem wskaźnikom wieku dla osadów organicznych i szczątków *in situ* młodszodryasowego lasu ze stanowiska Koźmin Las w basenie uniejowskim (m.in. Dzieduszyńska i in. 2014).

W środowisku stokowym świadectwem ochłodzenia młodszego dryasu jest tzw. osad depozycji naśnieżnej (rys. 2), będący facjalną odmianą serii piasków górnych drobnolaminowanych. Jego cechy teksturalno-strukturalne, takie jak zróżnicowanie frakcji materiału budującego – od bardzo drobnej po bezładnie rozmieszczone kamienie oraz deformacje nieciągłe w postaci systemu spękań i uskoków – dowodzą akumulacji na śniegu osadu przemieszczonego przez spłukiwanie z udziałem kongeliflukcji i procesów eolicznych, ich przetrwanie na płatach śniegu nietających w lecie oraz zaburzenie podczas gwałtownego topnienia podłoża. Seria ta, o miąższości do 0,8 m, została opisana m.in. na całej długości stoku suchej doliny denudacyjnej w stanowisku Zgierz-Rudunki (Klatkova 1984; Dzieduszyńska 2011) i w dolinie Mrogi (Turkowska 1975), gdzie stanowi wypełnienie nierówności w powierzchni górnoplenivistuliańskiej.

Eoliczne serie piaszczyste z młodszego dryasu nie tworzą wyraźnych form i zwykle osadzone są na stokach wcześniej ukształtowanych wydm śródlądowych. Wzmożona prędkość wiatru na огоłoconych z pokrywy leśnej wydmach częściej powodowała ich rozcinanie na pojedyncze wały, niszczenie części dowietrznych i wykształconych w allerödzie horyzontów glebowych oraz rozbudowywanie członów zawietrznych wydm. Procesy te nie wpłynęły jednak zasadniczo na morfologię wcześniej utworzonych pagórków wydmowych. Według klasyfikacji Dylikowej (1967) młodszy dryas jest fazą przekształcania wydm. W otwartym krajobrazie młodszego dryasu efektem morfologicznym procesów eolicznych było również gromadzenie się pól piasków pokrywowych, udokumentowane na północy regionu łódzkiego, wzdłuż obniżenia pradoliny warszawsko-berlińskiej (Dzieduszyńska 2011).

#### 4. Podsumowanie

W środowisku stokowym późnovistuliańska ewolucja rzeźby regionu łódzkiego zaznaczyła się rozwojem rozległych stoków denudacyjnych. Dominujące spłukiwanie, jak wskazują obserwacje Turkowskiej (1975, 1988) z doliny Mrogi i Mrożyca, które było szczególnie intensywne na naturalnie

odlesionych zboczach o zimnej wschodniej i północnej ekspozycji, prowadziło do niwelacji stopni terasowych i w efekcie do asymetrii dolin rzecznych. Profile podłużne stoku zostały wyrównane poprzez wypełnianie jego nierówności osadami o drobnej laminacji. Efektem morfogenezy w środowisku stokowym jest rozbudowanie obszarów dolinnych kosztem stref wododziałowych, o czym świadczy zasięg przestrzenny piasków górnych przekraczający zasięg starszych stokowych serii vistuliańskich.

Środowisko dolin rzecznych podczas późnego vistulianu przechodziło transformację polegającą na aktywowaniu procesów erozji i zmianach w rozwinięciach koryt. Ochłodzenia najstarszego i starszego dryasu wpisywały się w generalny trend zmieniający charakter den dolinnych. Zakłócenie takiego kierunku przemian nastąpiło w czasie młodszego dryasu, kiedy ekstrema klimatyczne, uwalniające mechanizmy do przekraczania wartości progowych, doprowadzały lokalnie do zamiany bilansu erozji na ujemny (Dzieduszyńska 2011, 2013). W świetle wyników badań młodszy dryas w środowisku fluwialnym regionu łódzkiego był okresem morfotwórczym, w którym powstał odrębny element dolinny – terasa niska.

Efekty morfogenetyczne późnovistuliańskiej aktywności w postaci form wydmowych są wyrazem stabilizacji tych procesów, które według modelu peryglacjalnej aktywności eolicznej zaproponowanego przez Goździka (2007) trwały w Polsce Środkowej ze zróżnicowaną intensywnością od schyłku zlodowacenia odrzańskiego przez cały vistulian. Dostępność luźnego przesuszonego materiału na płaskich powierzchniach zbudowanych z osadów fluwialnych i wodnolodowcowych oraz spełnione kryteria klimatyczne, w tym duża prędkość jednokierunkowych wiatrów (Krajewski 1977), powodowały natychmiastową reakcję morfogenetyczną w eolicznym środowisku sedymentacyjnym.

Procesy rzeźbotwórcze późnego vistulianu działały w specyficznych warunkach niestabilności klimatycznej. Przejściowość tego okresu zajmującego w stratygrafii przełom plejstoceenu i holocenu powodowała, że zajął się procesy charakterystyczne dla środowiska peryglacjalnego, przy udziale zmarzliny, oraz dla środowiska umiarkowanego. Zimne fazy potencjalnie sprzyjały aktywności morfogenetycznej, chociaż ich świadectwa nie są w regionie łódzkim tak powszechne jak efekty procesów, które miały miejsce podczas wcześniejszych okresów vistuliańskich. Wynika to zarówno z nieporównywalnie krótszego czasu sprzyjającego aktywacji procesów i związanego z tym opóźnienia w dostosowywaniu się geosystemów do dynamiki środowiska, a również, jak wskazuje Turkowska (2006), ze specyfiki regionu polegającej na złożoności rzeźby oraz zróżnicowania przestrzennego stref niszczenia i akumulacji. Z punktu widzenia wnioskowania paleogeograficznego istotna jest rekonstrukcja przemian w środowiskach morfogenetycznych i rejestracja momentu przekraczania w nich wartości progowych indukujących nasilone procesy rzeźbotwórcze. Przedstawione procesy aktywne w zimnych okresach późnego vistulianu nadały ostateczny kształt plejstocenijskim elementom rzeźby regionu łódzkiego.

#### Podziękowania

Autorka dziękuje Recenzentom za krytyczne uwagi do tekstu.

## 5. Literatura

- Cohen, K.M., Gibbard, P.L., 2015. Quaternary correlation charts: the last 270 Ka. Quaternary Geology and Modern Questions, INQUA Peribaltic Working Group meeting and international field symposium, Utrecht–Assen–Utrecht, Netherlands, 2–8 November 2015.
- Dylikowa, A., 1967. Wydmy środkowopolskie i ich znaczenie dla stratygrafii schyłkowego plejstocenu, [w:] Galon R., Dylik J. (red.), Czwartorzęd Polski. PWN, Warszawa, 353–371.
- Dylikowa, A., 1970. Cechy podłoża wydym w Katarzynowie koło Łodzi. Acta Geographica Lodziensia 24, 135–154.
- Dzieduszyńska, D., 2011. Ochłodzenie młodszego dryasu i jego efekty morfogenetyczne w regionie łódzkim. Acta Geographica Lodziensia 98, 1–104.
- Dzieduszyńska, D., 2013. Stan wiedzy o późnym vistulianie w regionie łódzkim. Acta Geographica Lodziensia 101, 25–36.
- Dzieduszyńska, D., Forsyjak, J., 2015. The Late Glacial organic sediments in palaeogeographical reconstructions (cases of the Łódź region). Bulletin of Geography, Physical Geography Series 8, 47–57.
- Dzieduszyńska, D., Trzeciak, P., 2015. Weichselian decline reflected in frequency distribution of  $^{14}\text{C}$  dates (Łódź region, Central Poland). Quaternary Geology and Modern Questions, INQUA Peribaltic Working Group meeting and international field symposium, Utrecht–Assen–Utrecht, Netherlands, 2–8 November 2015.
- Dzieduszyńska, D.A., Kittel, P., Petera-Zganiacz, J., Brooks, S.J., Korzeń, K., Krąpiec, M., Pawłowski, D., Płaza, D.K., Płóciennik, M., Stachowicz-Rybka, R., Twardy, J., 2014. Environmental influence on forest development and decline in the Warta River valley (Central Poland) during the Late Weichselian. Quaternary International 324, 99–114.
- Forsyjak, J., 2012. Zapis zmian środowiska przyrodniczego późnego vistulianu i holocenu w osadach torfowisk regionu łódzkiego. Acta Geographica Lodziensia 99, 1–164.
- Forsyjak, J., Twardy, J., 2010. Budowa geologiczna i paleogeografia torfowiska Żabieniec i jego otoczenia, [w:] Twardy J., Żurek S., Forsyjak J. (red.), Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 179–188.
- Forsyjak, J., Borówka, R.K., Pawłowski, D., Płóciennik, M., Twardy, J., Żelazna-Wieczorek, J., Kloss, M., Żurek, S., 2010. Rozwój zbiornika Żabieniec w późnym glacie i jego znaczenie dla paleoekologii i paleogeografii, [w:] Twardy J., Żurek S., Forsyjak J. (red.), Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 191–202.
- Goździk, J., 1995. A permafrost evolution and its impact on some depositional conditions between 20 and 10 ka in Poland. Biuletyn Peryglacjalny 34, 53–72.
- Goździk, J., 2007. The Vistulian aeolian succession in central Poland. Sedimentary Geology 193, 211–220.
- van der Hammen, T., Maarleveld, G.C., Vogel, J.C., Zagwijn, W.H., 1967. Stratigraphy, climatic succession and radiocarbon dating of the last glacial in the Netherlands. Geologie en Mijnbouw 46, 79–95.
- Iversen, J., 1954. The Late-glacial flora of Denmark and its relation to climate and soil. Danmarks Geologiske Undersøgelse II, Raekke 80, 87–119.
- Klatkova, H., 1965. Niecki i doliny denudacyjne w okolicach Łodzi. Acta Geographica Lodziensia 19, 1–142.
- Klatkova, H., 1984. Osady depozycji naśnieżnej późnego vistulianu. Acta Geographica Lodziensia 50, 51–72.
- Kobojek, E., 2000. Morfogeneza doliny Rawki. Acta Geographica Lodziensia 77, 1–157.
- Krajewski, K., 1977. Późnoplejstocenijskie i holocenijskie procesy wydymotwórcze w pradolinie warszawsko-berlińskiej w widłach Warty i Neru. Acta Geographica Lodziensia 39, 1–87.
- Litt, T., Brauer, A., Goslar, T., Merkt, J., Bałaga, K., Müller, H., Ralska-Jasiewiczowa, M., Stebich, M., Nagendank, J.F.W., 2001. Correlation and synchronisation of Lateglacial continental sequences in northern central Europe based on annually laminated lacustrine sediments. Quaternary Science Review 20, 1233–1249.
- Lotter, A.F., Eicher, U., Siegenthaler, U., Birks, H.J.B., 1992. Late-Glacial climatic oscillations as recorded in Swiss lake-sediments. Journal of Quaternary Science 7 (3), 187–204.
- Lowe, J.J., Rasmussen, S.O., Björck, S., Hoek, W.Z., Steffensen, J.P., Walker, M.J.C., Yu, Z.C., the INTIMATE group, 2008. Synchronization of palaeoenvironmental events in the North Atlantic region during the Last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group Quaternary Science Review 27, 6–17.
- Mangerud, J., Andersen, S.T., Berglund, B.E., Dinner, J.J., 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. Boreas 4, 109–128.
- Manikowska, B., 1985. O glebach kopalnych, stratygrafii i litologii wydym Polski środkowej. Acta Geographica Lodziensia 52, 1–137.
- Manikowska, B., 1995. Aeolian differentiation in the area of Poland during the period 20-8 BP. Biuletyn Peryglacjalny 34, 125–164.
- Petera-Zganiacz, J., Dzieduszyńska, D., 2015. Younger Dryas periglacial structures. Quaternary Geology and Modern Questions, INQUA Peribaltic Working Group meeting and international field symposium, Utrecht–Assen–Utrecht, Netherlands, 2–8 November 2015.
- Petera-Zganiacz, J., Dzieduszyńska, D.A., Twardy, J., Pawłowski, D., Płóciennik, M., Lutyńska, M., Kittel, P., 2015. Younger Dryas flood events: A case study from the middle Warta River valley (Central Poland). Quaternary International 386, 55–69.
- Płóciennik, M., Self, A., Birks, H.J.B., Brooks, S.J., 2011. Chironomidae (Insecta: Diptera) succession in Żabieniec bog and its palaeo-lake (Central Poland) through the Late Weichselian and Holocene. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 307, 150–167.
- Ralska-Jasiewiczowa, M., Goslar, T., Madeyska, T., Starkel, L. (red.), 1998. Lake Gościaż, Central Poland. A Monographic Study, Part 1, Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków, 1–340.
- Rinterknecht, V.R., Clark, P.U., Raisbeck, G.M., Yiou, F., Bitinas, A., Brook, E.J., Marks, L., Zelcs, V., Lunka, J.P., Pavlowskaya, I.E., Piotrowski, J.A., Raskas, A., 2006. The Last Deglaciation of the Southern Sector of the Scandinavian Ice Sheet. Science 311, 1449–1452.
- Roman, M., Dzieduszyńska, D., Petera-Zganiacz, J., 2014. Łódź Region and its northern vicinity under Vistulian Glaciation conditions. Quaestiones Geographicae 54, 55–68.
- Turkowska, K., 1975. Rzeczne procesy peryglacjalne na tle morfogenezy doliny Mrogi. Acta Geographica Lodziensia 36, 1–122.
- Turkowska, K., 1988. Rozwój dolin rzecznych na Wyżynie Łódzkiej w późnym czwartorzędzie. Acta Geographica Lodziensia 57, 1–157.
- Turkowska, K., 1995. Recognition of valley evolution during the Pleistocene–Holocene transition in non-glaciated regions of the Polish Lowland. Biuletyn Peryglacjalny 34, 209–227.
- Turkowska, K., 2006. Geomorfologia regionu łódzkiego. Wydawnictwo UŁ, Łódź, 1–238.
- Turkowska, K., Forsyjak, J., Petera, J., Miotk-Szpiganowicz, G., 2000. Morfogeneza powierzchni Kotliny Kolskiej w okolicach Koźmina. Acta Geographica Lodziensia 78, 98–134.
- Turkowska, K., Forsyjak, J., Petera, J., Miotk-Szpiganowicz, G., 2004. A Warta River system during the Younger Dryas in the Koło Basin (Middle Poland). Quaestiones Geographicae 23, 83–107.
- Walanus, A., Nalepka, D., 2010. Calibration of Mangerud's boundaries. Radiocarbon 52 (4), 1639–1644.

- Walker, M.J.C., Björck, S., Lowe, J.J., Cwynar, L.C., Johnsen, S., Knudsen, K.-L., Wohlfarth, B., INTIMATE group, 1999. Isotopic 'events' in the GRIP ice core: a stratotype for the late Pleistocene. *Quaternary Science Review* 18, 1143–1150.
- Wasylikowa, K., 1964. Roślinność i klimat późnego gólcjąłu w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy. *Biuletyn Peryglacjalny* 13, 261–417.
- Wasylikowa, K., 1999. Przemiany roślinności jako odbicie procesów wydmo-twórczych i osadniczych w młodszym drysie i holocenie na stanowisku archeologicznym w Witowie koło Łęczycy. *Prace i Materiały Muzeum Archeologicznego i Etnograficznego w Łodzi, Seria Archeologia* 41, 43–80.