

Zastosowanie analizy zdjęć lotniczych do rekonstrukcji układu wielokorytowego środkowej Warty

The application of aerial photo analysis to reconstruct anabranching system of middle part of the Warta river valley

Jacek Forsyjak

Uniwersytet Łódzki, Katedra Badań Czwartorzędu, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, jacekfor@interia.eu

Zarys treści: Analiza czarno-białych zdjęć lotniczych pozwoliła na wyróżnienie wśród paleokoryt występujących na powierzchni dna i terasy niskiej doliny Warty trzech ich typów, zróżnicowanych pod względem intensywności fototonu. Koryta te układają się w trzy systemy, zinterpretowane jako wielokorytowe układy rzeki. Badania geomorfologiczne i geologiczne potwierdziły zróżnicowanie morfologiczne, litologiczne i wiekowe wyróżnionych typów koryt. Pozwoliło to na rekonstrukcję zmian układu koryt rzecznych środkowej Warty w młodszym dryasie i holocenie.

Słowa kluczowe: analiza zdjęć lotniczych, paleokoryta, dolina środkowej Warty

Abstract: The analysis of black and white aerial photos made it possible to distinguish three types of the river paleochannels on the valley floor and the low terrace of the Warta river valley. These paleochannels differ in terms of tint intensity on aerial photo and they are arranged along a three channel pattern interpreted as anabranching river systems. Geomorphological and geological investigations have confirmed differentiation of those types of paleochannels in terms of morphology, lithology and age. This led to the reconstruction of changes within the channel pattern of middle part of Warta river valley in Younger Dryas and Holocene.

Key words: aerial photo analysis, paleochannels, middle part of the Warta river

Wprowadzenie

Zdjęcia lotnicze w analizach geomorfologicznych znalazły zastosowanie już na początku drugiej połowy XX w. Szerokie ich wykorzystanie wynika głównie z ogromnej przewagi treści obrazu fotolotniczego nad mapami topograficznymi. Analizy fotointerpretacyjne okazały się szczególnie cenne w geomorfologii fluwialnej, a w polskich badaniach stosowane są od lat 60. (Ciołkosz i in. 1999). Można tu zauważyć kilka kierunków badawczych. Duża grupa prac obejmuje analizę rzeźby, budowy geologicznej i paleogeografii dolin rzecznych. Inwentaryzację elementów den i teras dolin rzecznych na podstawie materiału fotolotniczego uzupełniano terenowymi pracami geologicznymi, uzyskując w efekcie rekonstrukcję

przebiegu oraz kształtu i parametrów dawnych koryt rzecznych (m.in. Falkowski 1967, Trafas 1968, 1977, Florek 1983, Szumański 1983, 1986). Analiza zdjęć lotniczych stosowana była także do określania współczesnych procesów rzecznych, zwłaszcza przekształceń form w korytach rzecznych, czy zmian zachodzących na równiach zalewowych (m.in. Trafas 1975, Florek 1978, Gonera i in. 1985). Okres szerokiego zastosowania zdjęć lotniczych do analiz geomorfologicznych i paleogeograficznych w dolinie Warty i innych dolinach rzecznych Wielkopolski to lata siedemdziesiąte i osiemdziesiąte XX w (m. in.: Kozarski, Rotnicki 1977, Gonera i in. 1985, Antczak 1986, Gonera 1986). Rezultaty wykorzystania zdjęć lotniczych w geomorfologii fluwialnej są ujęte w bogatej literaturze polskiej i zagranicznej, ramy niniej-

szego artykułu nie pozwalają jednak na szerszy jej przegląd.

Podjęcie przez autora analizy zdjęć lotniczych w środkowym odcinku doliny Warty spowodowane było stwierdzeniem w terenie oraz na zdjęciach lotniczych śladów koryt rzecznych o innej charakterystyce niż analizowane wcześniej. Badaniami terenowymi – geomorfologicznymi i geologicznymi – objęto około 80-kilometrowy fragment środkowego odcinka doliny Warty, położony między ujściami jej dopływów – Widawki i Neru. Analizę zdjęć lotniczych przeprowadzono dla trzech części tak zarysowanego obszaru (Forsyjak 2005). Celem pracy jest przedstawienie rekonstrukcji wielokorytowego układu Warty z późnego wistulianu i holocenu, wykonanej w oparciu o analizę zdjęć lotniczych, zweryfikowanej terenowymi badaniami geomorfologicznymi, geologicznymi i litologicznymi.

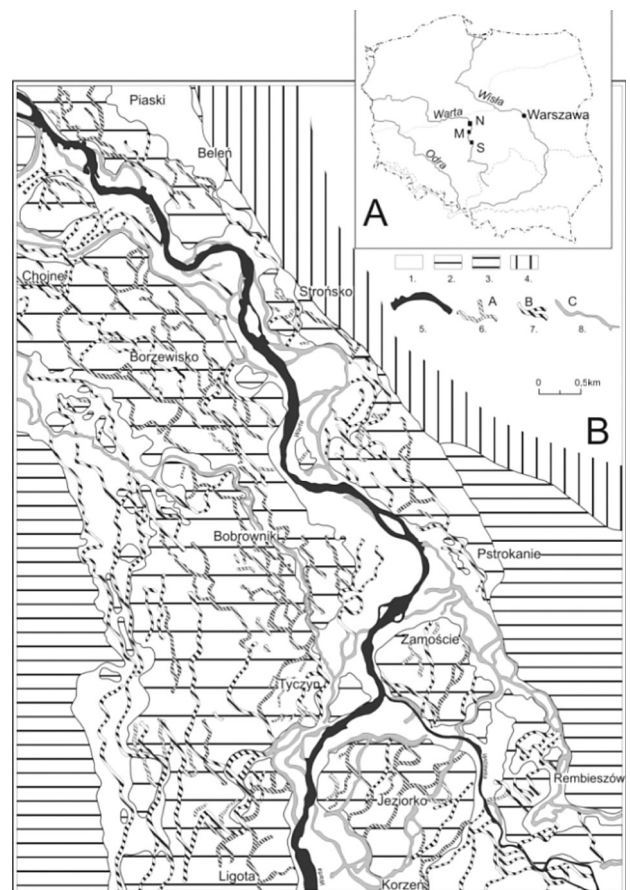
Fotointerpretacyjne podstawy rekonstrukcji wielokorytowego układu Warty

Warta na badanym odcinku jest rzeką jednokorytową, o krętym przebiegu. Koryto ma na ogół szerokość kilkudziesięciu metrów (od 40 m do 100 m) i jest niemal całkowicie obwałowane. Terenowe prace geologiczne i geomorfologiczne, prowadzone m.in. w ramach kartowania do „Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000” (Czyż i in. 2008, 2009, Kamiński, Forsyjak, w druku), jak też prac badawczych w odkrywcę Koźmin (KWB „Adamów”) i jej otoczeniu (m.in. Klatkova i in. 1997, Forsyjak i in. 1999, Turkowska i in. 2000, Petera 2002) ukazały istnienie w obrębie rozczłonkowanego dna doliny i terasy niskiej licznych kopalnych koryt, o zróżnicowanym wypełnieniu, których parametry (m.in. szerokość, głębokość, krętość) znacznie odbiegały od cech współczesnego koryta Warty. Część form widoczna jest na mapach topograficznych 1:10 000, ale pełen inwentarz i zróżnicowanie kopalnych koryt ukazują zdjęcia lotnicze w dużej skali (ok. 1:10 000).

Na czarno-białych zdjęciach widoczne są systemy wielokrotnie przecinających się, łączących i rozdzielających smug o zróżnicowanym natężeniu szarości, które częściowo dają się identyfikować z widocznymi na mapach topograficznych i w terenie starorzeczami Warty.

Analizę fotointerpretacyjną wykonano dla trzech obszarów, posiadających pokrycie zdjęciami lotniczymi w dużej skali (Forsyjak 2003, 2005). Obszar południowy (S – ryc. 1A) obejmuje około 10-kilometrowy odcinek doliny Warty wraz z ujściem Widawki, położony na południe od Sieradza (ryc. 1B). Jego analizę wykonano na podstawie 53 czarno-białych zdjęć lotniczych (o wymiarach 18×18 cm) w skali

zbliżonej do 1:10 000. Obszar środkowy (M – ryc. 1A), prezentujący około 8-kilometrowy odcinek doliny Warty, położony bezpośrednio poniżej tamy zbiornika Jeziorsko, opracowano na podstawie 29 czarno-białych zdjęć lotniczych (o wymiarach 30×30 cm) w skali zbliżonej do 1:3 500 i kolorowej ortofotomapy w skali 1:10 000. Obszar północny (N – ryc. 1A) obejmuje środkową część rozległej równiny aluwialnej (basenu uniejowskiego), położony jest na północ od Uniejowa, po ujście Neru do Warty. Do analizy tego terenu użyto czarno-białych zdjęć lotniczych w skali około 1:10 000 (powiększenia fotograficzne zdjęć w skali 1:26 000). Dzięki możliwości zestawienia stereopar zdjęć dla części analizowanego obsza-



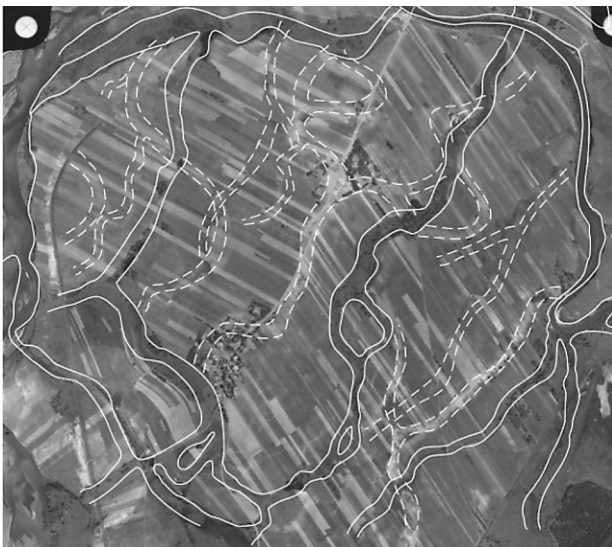
Ryc. 1. A. Lokalizacja badanego terenu, z położeniem obszarów poddanych analizie fotointerpretacyjnej (N – obszar północny, M – obszar środkowy, S – obszar południowy); B. Szkic geomorfologiczny, fotointerpretacyjny fragmentu doliny Warty (obszar południowy – S) 1 – dno doliny, 2 – terasa niska, 3 – terasa wysoka, 4 – stok doliny, 5 – współczesne koryta rzek, 6 – koryta typu A, 7 – koryta typu B, 8 – koryta typu C (opis koryt w tekście)

Fig. 1. A. Location of study area and location of photointerpreted ranges (N – northern range, M – middle range, S – southern range); B. Geomorphological map part of the Warta river valley based on the aerial photograph (S – south range) 1 – valley floor, 2 – low terraces, 3 – high terraces, 4 – valley slopes, 5 – present-day river channels, 6 – paleochannels A-type, 7 – paleochannels B-type, 8 – paleochannels C-type (their description is provided in the main text)

ru, wykonano analizy stereoskopowe z użyciem stereoskopu lustrzanego (Ciołkosz i in. 1999).

Zidentyfikowane na zdjęciach lotniczych ślady koryt (ryc. 2), przeniesione zostały na mapę topograficzną w skali 1:10 000, przy zastosowaniu przetwornika optycznego (Ciołkosz i in. 1999). Tak przygotowane szkice fotointerpretacyjne, uzupełnione danymi geomorfologicznymi, uzyskanymi dzięki badaniom terenowym oraz analizom publikowanych prac, stały się podstawą szczegółowych szkiców geomorfologicznych (ryc. 1, 3; Forysiak 2003, 2005, Petera, Forysiak 2004).

Analiza zdjęć lotniczych pozwoliła zidentyfikować trzy typy nieczynnych koryt (oznaczone jako A, B i C – ryc. 1, 3), które w różny sposób odwzorowane są na zdjęciach lotniczych w obrębie terasy niskiej i dna doliny Warty. Ślady kopalnych koryt, oznaczone literą A, mają postać smug jasnego fotofonu (ryc. 2), często są nieciągłe, ich rzeczywista szerokość wynosi od 20 do 40 m. W terenie są one niemal niewidoczne, czasami zaznaczają się w postaci wydłużonych obniżeń o głębokości do 30 cm, podkreślonych nieco odmienną roślinnością, w stosunku do otoczenia. Drugi typ wyróżnionych paleokoryt – B – to smugi ciemniejszego fotofonu, o różnej intensywności, ich szerokość i krętość są podobne do poprzednich, ale te ślady wykazują wyraźną ciągłość (ryc. 2), co ułatwiało rekonstrukcję ich przebiegu i odtworzenie większości połączeń i rozgałęzień. Do trzeciego typu – C – zaliczono paleokoryta świeże, widoczne także jako



Ryc. 2. Przebieg zidentyfikowanych śladów koryt na przykładowym zdjęciu lotniczym z obszaru południowego (S)

Linie przerywane ukazują ślady koryt widoczne jako smugi jasnego fotofonu (typ A), linie ciągłe ukazują przebieg koryt wyrażonych ciemnym fotofonem (typ B i C)

Fig. 2. The pattern of identified paleochannel in an example aerial photograph from south range

Dashed lines show traces of paleochannels A-type which are seen as bright fields on air photograph, continuous lines show traces of paleochannels B-type which are expressed by dark fields on the aerial photo

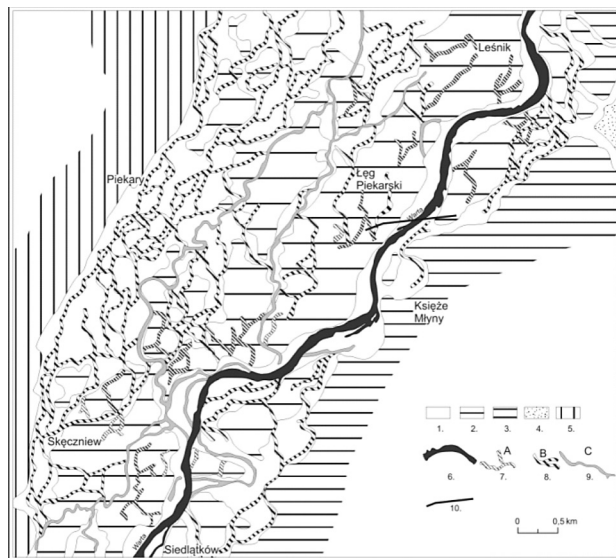
smugi bardzo ciemnego fotofonu. Jego intensywność wynika z pokrycia roślinnością wilgociolubną oraz z występowania licznych obniżeń wypełnionych wodą, w których czasem widoczny jest niewielki przepływ.

Morfologiczne, litologiczne i stratygraficzne zróżnicowanie paleokoryt środkowej Warty

Paleokoryta trzech opisanych powyżej typów tworzą odrębne układy w dolinie środkowej Warty. Przebieg koryt typu A często jest trudny do jednoznacznego ustalenia, co wynika z porozcinania ich przez koryta pozostałych typów lub zniszczenie części z nich w trakcie rozcinania terasy niskiej. W toku prac terenowych stwierdzono, że występują one tylko na poziomie terasy niskiej. Koryta typu B i C występują zarówno w obrębie terasy niskiej, jak i rozczłonkowanego dna doliny. Na podstawie uzyskanych szkiców geomorfologicznych obliczono podstawowe parametry morfologiczne (m.in. krętość, gęstość koryt) zrekonstruowanych układów koryt (Forysiak 2003, 2005). Najmniejszą krętością (1,10–1,17), przy gęstości 0,52–4,41 km/km², cechują się koryta typu A. Koryta typu B wykazują najwyższą krętość (1,23–1,31) oraz gęstość (2,33–5,48 km/km²), zaś koryta typu C, które są najpełniej zrekonstruowane, są najmniej liczne (gęstość od 1,15 do 1,51 km/km²), przy krętości podobnej do koryt typu B (od 1,19 do 1,29). Podanych wskaźników gęstości nie należy oczywiście interpretować jako rzeczywistej gęstości jednocześnie funkcjonujących koryt, a jedynie jako stan widocznych paleokoryt.

Budowa geologiczna terasy niskiej i dna doliny udokumentowana została na całej długości badanego odcinka doliny Warty (Forysiak 2003, 2005). Jednak najlepsze możliwości do badań dały odsłonięcia odkrywki Koźmin (Forysiak i in. 1999, Turkowska i in. 2000, Petera, Forysiak 2004), która zlokalizowana jest niemal w całości w obrębie terasy niskiej i dna doliny. Terasa niska zbudowana jest z głównie z utworów pozakorytowych – piasków z mułkami, często z domieszkami organicznymi, które powstawały w czasie późnego wistulianu, a strop datowany jest na koniec młodszego dryasu (m.in. Turkowska i in. 2000, 2004, Petera 2002, Forysiak 2003, 2005). Morfologiczną postać terasa niska uzyskała w wyniku intensywnego wcinania się Warty na przełomie wistulianu i holocenu, którego głębokość na opisywanym odcinku doliny szacowana jest na 5 do 9 m. Terasa została rozczłonkowana na płyty. Dno doliny występuje najczęściej w postaci kilku równoległych stref, zbudowane jest w znacznym stopniu z młodych (subatlantyckich) osadów pozakorytowych, z licznymi starorzeczami.

Wybrane koryta z każdego z opisanych powyżej typów, wskazane na zdjęciach lotniczych, zidentyfiko-



Ryc. 3. Szkic geomorfologiczny, fotointerpretacyjny fragmentu doliny Warty (obszar środkowy – M)

1 – dno doliny, 2 – terasa niska, 3 – terasa wysoka, 4 – pola piaszków eolicznych, 5 – stok doliny, 6 – współczesne koryta rzek, 7 – koryta typu A, 8 – koryta typu B, 9 – koryta typu C (opis koryt w tekście), 10 – przebieg przekroju Łęg Piekarski (ryc. 4)

Fig. 3. Geomorphological map of part of the Warta river valley based on the airphoto (M – middle range)

1 – valley floor, 2 – low terraces, 3 – high terraces, 4 – aeolian plains, 5 – valley slopes, 6 – present-day river channels, 7 – paleochannels A-type, 8 – paleochannels B-type, 9 – paleochannels C-type (description provided in the main text), 10 – Łęg Piekarski geological cross-section line (Fig. 4)

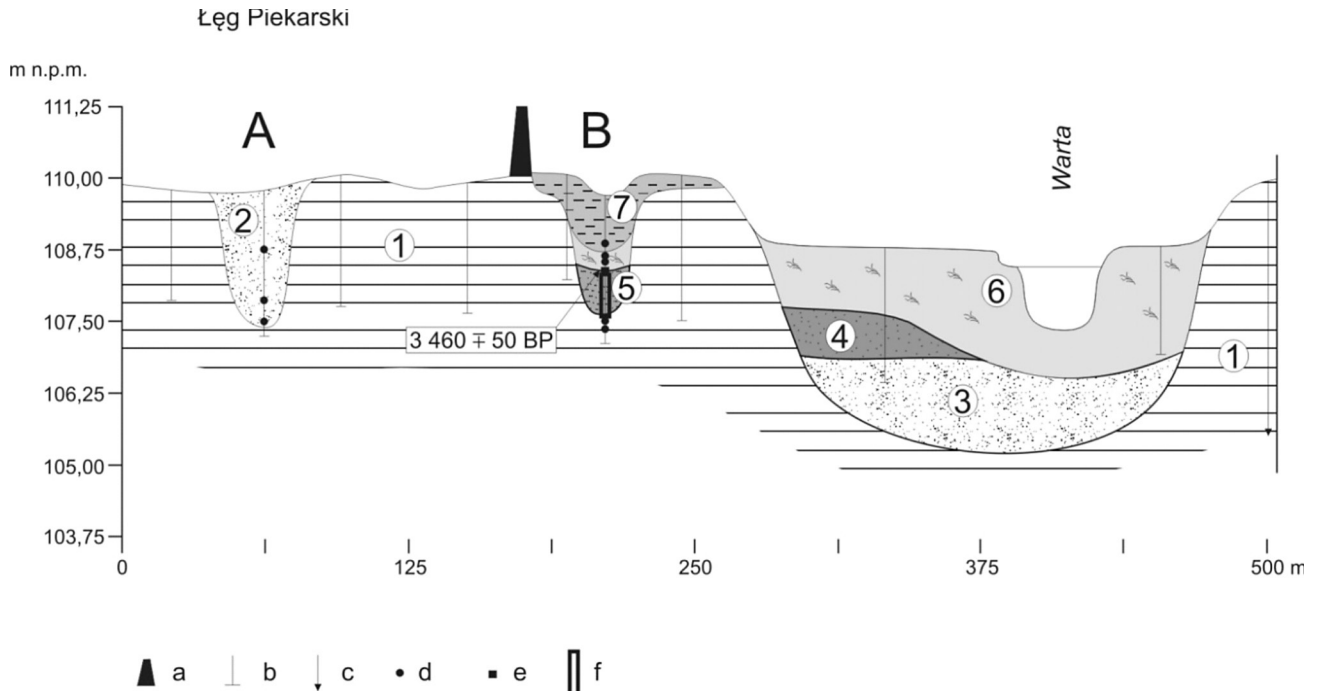
wano w terenie i poddano badaniom geologicznym. Zróżnicowanie litologiczne ich wypełnień jest równie duże jak tonalne zróżnicowanie ich obrazów fotolotniczych, czego przykładem może być przekrój ze środkowego odcinka (ryc. 3, 4). Koryta typu A (jasny fotofon) posiadają wypełnienie piaskami niemal zupełnie pozbawionymi domieszek substancji organicznych. Są to piaski najczęściej średnio- i drobnoziarniste z domieszkami grubszymi (średnia średnica ziarna od 0,95 do 1,72 phi), średnio lub słabo wysortowane (od 0,98 do 1,21). Wiek powstania tych koryt i ich wypełnień wiązany jest z okresem młodszego dryasu (m.in. Forysiak i in. 1999, Turkowska i in. 2000, 2004, Petera 2002, Forysiak 2003, 2005). Koryta typu B mają znacznie bardziej zróżnicowaną litologię wypełnień (ryc. 4). Stanowią je zarówno różnoziarniste piaski, z dużym udziałem namytej substancji organicznej, mułkowe osady powodziowe (mady), jak i utwory organiczne (mułkowa gytia lub torfy). Tego typu wypełnienia dokumentowane były wierceniami geologicznymi lub analizowane w odsłonięciach we wszystkich częściach opisywanego odcinka doliny Warty. Podstawę do ich datowania dały oznaczenia wieku i analizy palinologiczne ich wypełnień (Forysiak i in. 1999, Turkowska i in. 2000, 2004, Petera 2002, Forysiak 2003, 2005, Petera, Forysiak 2004). Ekspertyza palinologiczna osadów udokumentowanych w Łęgu Piekarskim (ryc. 3, 4), wykona-

na przez Miotk-Szpiganiowicz (Forysiak 2005), wykazała, że spąg organicznego wypełnienia paleokoryta powstał w okresie preborealnym, a jego strop w subborealnym, zgodnie z uzyskanym wiekiem osadu metodą radiowęglową (ryc. 4). Ponad tymi osadami występuje wkładka piaszczystych osadów korytowych, przykryta najmłodszą serią madową. Koryta typu B powstały jeszcze w młodszym dryasie, ale ich wypełnienia tworzyły się w holocenie. Koryta zaliczone do typu C mają najczęściej postać świeżych starorzeczy, zajęte są przez roślinność wilgociolubną lub torfotwórczą albo występuje w nich woda. Ich wypełnienie w spągu stanowią średnio- i drobnoziarniste piaski korytowe, przykryte cienkimi seriami osadów biogenicznych (torfu lub gytii). Koryta te powstały lub zostały odmłodzone w młodszym holocenie.

Opisane koryta trzech typów tworzyły układy wielokorytowego systemu Warty. Koryta typu A stanowiły elementy młodszodryasowego systemu rzeki anabranching – typu 2 w klasyfikacji Nansona i Knightona (1996), czyli piaszczystej rzeki wielokorytowej, formującej wyspy (Turkowska i in. 2000, Petera 2001, Forysiak 2003, 2005). Koryta te zostały całkowicie wypełnione osadami korytowymi, co jest naturalne dla tego rodzaju rzek. Koryta typu B stanowią pozostałość młodszodryasowego układu wielokorytowego, ale w wyniku wspomnianego wcześniej etapu rozcinania terasy niskiej zostały zawieszane ponad lustrem wody Warty na początku holocenu. W zależności od lokalnego położenia mogły stanowić jedynie miejsce akumulacji osadów biogenicznych lub rzadziej powodziowych. Sprzyjała temu agradacja dna doliny, wyraźnie zaznaczona w osadach, począwszy od okresu atlantyckiego (Forysiak 2003, 2005). Koryta typu C wraz z częścią koryt typu B stanowiły elementy układu wielokorytowego Warty, jaki rozwinął się ponownie w okresie subborealnym. Funkcjonowała wówczas rzeka anabranching typu 1b (Nanson, Knighton 1996), czyli wielokorytowa rzeka anastomozująca, która charakteryzuje się depozycją materiału organiczno-mineralnego na równi zalewowej (Petera 2001, Petera, Forysiak 2004, Forysiak 2005). Początkowo wykorzystywane były starsze koryta (typu B, powstałe jeszcze w młodszym dryasie), a potem na drodze typowej dla takich rzek awulsji powstawały nowe koryta (typu C). Mimo coraz większej presji człowieka na procesy fluwialne, układ taki utrzymywał się do końca XIX w., kiedy rozpoczęto budowę istniejącego do dziś systemu obwałowań Warty, który zamyka rzekę w jednym korycie.

Podsumowanie

Zastosowanie zdjęć lotniczych pozwoliło na rekonstrukcję wielokorytowego układu rzecznej Warty, który powstał i funkcjonował w młodszym dryasie na całym badanym odcinku doliny Warty (także poza



Ryc. 4. Przekrój geologiczny Łęg Piekarski (lokalizacja na ryc. 3). Paleokoryta typu A i B

Oznaczenia litologiczne: 1 – piaski różnoziarniste z mułkami i domieszkami substancji organicznej, rzeczne, 2 – piaski średnio- i drobnoziarniste, korytowe, 3 – piaski różnoziarniste, korytowe, 4 – piaski różnoziarniste z rozproszonymi szczątkami roślin, 5 – gytia mułkowa z torfem, 6 – piaski średnio- i drobnoziarniste ze szczątkami drewna, 7 – mułki i piaski powodziowe (mada)

a – wał przeciwpowodziowy, b – lokalizacja wierceń ręcznych, c – lokalizacja wiercenia mechanicznego, rdzeniowanego, d – miejsca poboru próbek do oznaczeń litologicznych, e – miejsce poboru próbki oznaczonej radiowęglowo, f – zasięg ekspertyzy palinologicznej

Fig. 4. Geological cross-section Łęg Piekarski (location shown in Figure 3). Paleochannels A-type and B-type

Litological explanation: 1 – fluvial vari-grained sand with organic silt, 2 – fluvial fine and medium sand, 3 – fluvial vari-grained, 4 – fluvial vari-grained with plant remains, 5 – gyttia with peat, 6 – fluvial fine and medium sand with wood remains, 7 – flood silt and sand
a – ambankments, b – manual boreholes, c – mechanical borehole, d – location of lithological analyses, e – location of radiocarbon analysis, f – location of pollen analyses

obszarami objętymi szkicami fotointerpretacyjnymi). Układ ten został silnie zredukowany lub zastąpiony jednym korytem w wyniku intensywnego obniżania (wcinania) dna doliny na przełomie późnego wistulianu i holocenu. Ponowny rozwój wielokorytowego układu nastąpił w okresie subborealnym i trwał do XIX w. Uznać można, że zaprzestanie ingerencji człowieka w system Warty spowodowałoby jej powrót do układu wielokorytowego.

Przedstawiona charakterystyka paleokoryt środkowej Warty możliwa była w takim zakresie wyłącznie dzięki analizie tonalnej obrazów lotniczych, a wykonane później prace geologiczne i geomorfologiczne niemal w całości potwierdziły wnioski wypływające z interpretacji zdjęć lotniczych. Efekty prac wykonanych początkowo w obrębie basenu uniejowskiego stanowiły inspirację do ich rozszerzenia na pozostały zbadany odcinek doliny Warty.

Analiza zdjęć lotniczych powinna nadal stanowić w geomorfologii fluwialnej jedną z podstawowych metod inwentaryzacji form den dolinnych, zarówno współczesnych, jak i w aspekcie paleogeograficznym. Sprzyja temu większa dostępność zdjęć lotniczych w stosunku do drugiej połowy XX w.

Literatura

- Antczak B., 1986. *Transformacja koryta i zanik bifurkacji Warty w pradolinie warszawsko-berlińskiej i południowej części przełomu poznańskiego podczas późnego wistulianu*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Seria Geografia 35.
- Ciołkosz A., Olędzki J.R., Miszalski J., 1999. *Interpretacja zdjęć lotniczych*. PWN, Warszawa.
- Czyż J., Kamiński J., Forysiak J., Klatkowska H., 2008. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000. Arkusz Dobra*. PIG, Warszawa.
- Czyż J., Kamiński J., Forysiak J., Klatkowska H., 2008. *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000. Arkusz Dobra*. PIG, Warszawa.
- Falkowski E., 1967. Ewolucja holocenijskiej Wisły na odcinku Zawichost–Solec i inżyniersko-geologiczna prognoza jej rozwoju. *Biul. Inst. Geol.* 198: 57–142.
- Florek E., 1978. Wybrane metody badania współczesnych zmian koryta rzeczno-geologicznego na przykładzie dolnego Bobru. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią* 31: 57–78.
- Florek W., 1983. Zastosowanie zdjęć lotniczych w badaniach den dolin rzecznych (na przykładzie

- dolnego Bobru). *Fotointerpretacja w Geografii*, 16: 22–33.
- Forysiak J., 2003. *Rozwój doliny Warty między ujściem Widawki i ujściem Neru*. Maszynopis pracy doktorskiej. Uniwersytet Łódzki, Łódź. Katedra Badań Czwartorzędu.
- Forysiak J., 2005. Rozwój doliny Warty między Burzeninem i Dobrowem po zlodowaceniu Warty. *Acta Geographica Lodziensia* 90.
- Forysiak J., Miotk-Szpiganowicz G., Petera J., 1999. Geologic setting and palinologic examination of the Vistulian sediments at Kozmin near Turek, central Poland. *Geological Quarterly* 43, 1: 85–98.
- Gonera P., 1986. *Zmiany geometrii koryt meandrowych Warty na tle wahań klimatycznych w późnym vistulianie i holocenie*. Wyd. Nauk. UAM, Ser. Geografia, 33.
- Gonera P., Kijowski A., Zwoliński Z., 1985. Powzbraniowe formy akumulacyjne na terasie zalewowej Warty i Parsęty w świetle analizy zdjęć lotniczych. *Fotointerpretacja w Geografii* 18: 24–42.
- Kamiński J., Forysiak J., w druku. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000. Arkusz Uniejów*. PIG, Warszawa.
- Klatkowa H., Załoba M., Forysiak J., 1996. *Nowy profil osadów plejstocenijskich i holocenijskich w środkowej Polsce*. III konferencja „Stratygrafia plejstocenu Polski”, Wigry.
- Kozarski S., Rotnicki K., 1977. Valley floors and changes of river channel patterns in the North Polish Plain during Late-Würm and Holocene. - *Questiones Geographicae* 4: 51–93.
- Nanson G.C., Knighton A.D., 1996. Anabranching rivers: their cause, character and classification. *Earth Surface Processes and Landforms* 21: 217–239.
- Petera J., 2002. Vistuliańskie osady dolinne w północnej części basenu uniejowskiego i ich wymowa paleogeograficzna. *Acta Geographica Lodziensia* 83.
- Petera J., Forysiak J., 2004. Holocenijska ewolucja systemu wielokorytowego Warty w okolicach Koźmina. *Acta Geographica Lodziensia* 88: 27–40.
- Szumański A., 1983. Paleochannels of the large meanders in the river valleys of the Polish Lowland. *Quaternary Studies in Poland* 4: 207–216.
- Szumański A., 1986. Postglacialna ewolucja i mechanizm transformacji dna doliny dolnego Sanu. *Zeszyty Naukowe AGH, Geologia* 12, 1: 5–92.
- Trafas K., 1968. Rekonstrukcja starych koryt rzecznych na podstawie zdjęć lotniczych. *Fotointerpretacja w Geografii* 6: 34–38.
- Trafas K., 1975. Zmiany biegu koryta Wisły na wschód od Krakowa w świetle map archiwalnych i fotointerpretacji. *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne* 40.
- Trafas K., 1977. Rekonstrukcja zmian biegu koryta Wisły na podstawie zdjęć lotniczych. *Fotointerpretacja w Geografii* 10: 29–39.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2000. Morfogenez powierzchni Kotliny Kolskiej w okolicach Koźmina. *Acta Geographica Lodziensia* 78: 89–134.
- Turkowska K., Forysiak J., Petera J., Miotk-Szpiganowicz G., 2004. A Warta River System during the Younger Dryas in the Koło Basin (Middle Poland). *Questiones Geographicae* 23: 83–107.