



Kinga Jędrzejczyk

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych

E-mail: kinga.jedrzejczyk96@gmail.com

Zmiany morfologiczne koryta Pilicy między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą na podstawie analizy kartograficznej

Morphological changes of the Pilica riverbed between Domaniewice and Nowe Miasto nad Pilicą on the basis of cartographic analysis

Zarys treści

W artykule przedstawiono w ujęciu morfologicznym zmiany dawnych, postglacialnych koryt Pilicy między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą w oparciu o materiały kartograficzne z lat 1802–2017. Celem artykułu było również przypisanie Pilicy do określonego typu koryta na podstawie jej charakterystycznych cech morfologicznych. Wykazano, że na charakter dna doliny rzecznej, jak również samego koryta Pilicy, w znacznym stopniu wpłynęło wybudowanie Zbiornika Sulejowskiego.

Słowa kluczowe

Dno doliny rzecznej, typy koryt rzecznych, zmiany biegu koryt, paleokoryta, interpretacja zdjęć lotniczych, awulsja.

Abstract

The article presents the morphological changes of the former, post-glacial riverbeds of the Pilica River between Domaniewice and Nowe Miasto nad Pilicą on the basis of cartographic materials from 1802–2017. The aim of the article was also to assign the Pilica to a specific type of bed based on its characteristic morphological features. It has been shown that the nature of the river valley bottom, as well as the Pilica bed itself, was largely influenced by the construction of the Sulejowski Reservoir.

Keywords

Valley bottom, types of river beds, channel changes, oxbow lakes, interpretation of aerial photographs, avulsion.

1. Wprowadzenie

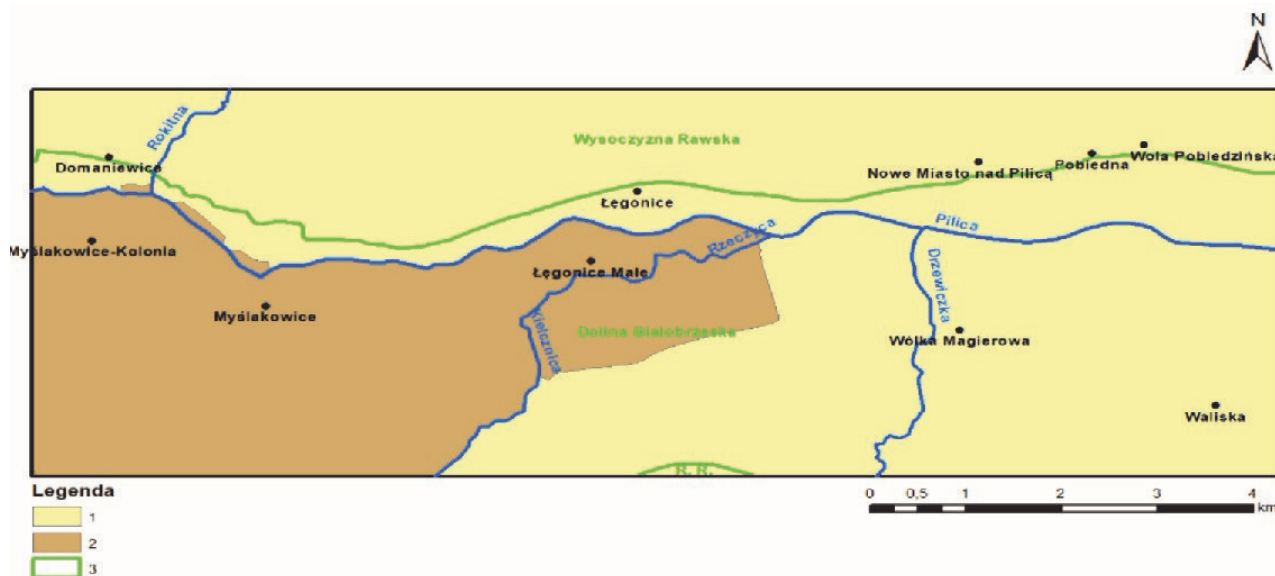
Dna dolin rzecznych, stanowiące zaledwie kilka procent powierzchni Polski, pełnią istotną rolę w środowisku przyrodniczym. Są to tereny, wzdłuż których od zarania dziejów rozwijały się jednostki osadnicze i ciągi komunikacyjne. Ponadto, dna dolin rzecznych są naturalnymi rezerwuarami wód gruntowych, a także cechują się mezo-klimatem o znacznej wilgotności i występowaniem inwersji temperatury powietrza. Co więcej, ze względu na swoją długowieczność, geosystemy te rejestrują, zachodzące na przestrzeni dziejów, różnorodne zmiany, np. dotyczące klimatu w holocenie. Na ewolucję dolin rzecznych, oprócz czynników klimatycznych, miała wpływ również ingerencja człowieka. Ta początkowa, opierająca się na rybołówstwie i łowiectwie, nie generowała istotnych zmian w systemach rzecznych (Starkel 1988). Wtedy istotnymi czynnikami zaburzającymi równowagę den dolinnych były powodzie i działalność bobrów (Stopka 2011; Kobjojek 2013; Rurek 2013). Z czasem, wraz z powszechnym karczowaniem lasów, rozwojem rolnictwa i regulacją koryt, to człowiek zaczął ingerować w systemy rzeczne (Starkel 1988).

Zmienność cech morfologicznych koryt rzecznych w Polsce w oparciu o materiały kartograficzne była przedmiotem badań wielu autorów, m.in. Trafas (1977), Flo-

rek (1983), Falkowski, Ostrowski (2010), Forysiak (2010), Kałmykow-Piwińska, Falkowski (2012), Słowik (2014), Gierszewski i in. (2015), Kalicki, Fularczyk (2018), Witkowski, Szmańda (2018). Jednak problematyka ewolucji dolin rzecznych i współczesnych procesów fluwialnych na obszarze staroglacialnym, a w szczególności w dorzeczu Pilicy (por. Klimek i Twardy 2007) nie należy do często podejmowanych w pracach naukowych. Analizy matematyczno-geomorfologiczne w oparciu o materiały kartograficzne wykorzystywane są głównie dla obszarów górskich (np. Korpak 2012), zatem niniejszy artykuł stanowi próbę zastosowania takiej analizy na obszarze Polski Środkowej.

2. Położenie obszaru badań

Obszar badań według fizycznogeograficznego podziału Polski Kondrackiego (2001) w modyfikacji Solona i in. (2018) znajduje się na terenie prowincji Niżu Środkowoeuropejskiego, w obrębie podprowincji Nizin Środkowopolskich. Obszar poddany analizie jest położony w zasięgu jednego makroregionu – Wzniesień Południowomazowieckich, a w jego obrębie trzech mezoregionów – Wysoczyzny Rawskiej, Doliny Białobrzesckiej i Równiny Radomskiej (Ryc. 1). Zgodnie z podziałem administracyjnym Polski opisywany teren należy do województwa mazowieckiego.



Ryc. 1. Położenie obszaru badań na tle mezoregionów według Solona i in. (2018) oraz podziału administracyjnego Polski na podstawie www.geoportal.gov.pl. 1 – powiat grójcecki, 2 – powiat przysuski, 3 – granice mezoregionów, R.R. – Równina Radomska

Fig. 1. Location of the research area against the background of mesoregions according to Solon *et al.* (2018) and the administrative division of Poland based on www.geoportal.gov.pl. 1 – Grójec county, 2 – Przysucha county, 3 – the boundaries of mesoregions, R.R. – The Radom Plain

Według podziału Polski na jednostki tektoniczne, analizowany obszar jest położony w granicach paleozoicznej platformy zachodnioeuropejskiej, na terenie antyklinalium środkowopolskiego (Żelaźniewicz i in. 2011). Zgodnie z klasyfikacją Pożaryskiego i in. (1974) opisywany teren należy do cechsztyńsko-mezozoicznego przegłębienia perykratonicznego, obejmującego plakantylorium środkowopolskie, a dokładniej odcinek rawsko-gielniowski antyklinalium kujawskiego.

Pilica, mająca swoje źródła w miejscowości o tej samej nazwie, uznawana jest za najdłuższy lewy dopływ Wisły. W ogólnej strukturze krajobrazu całej doliny Pilicy (od źródła do ujścia do Wisły) dominują łąki i pola (66%), lasy stanowią 24%, miejscowości 10%, a rezerваты przyrody 2%. Świadczy to o znacznym nieuregulowaniu cieku (82% długości rzeki), szczególnie w jego środkowym i dolnym biegu. Pilica w przeciwieństwie do innych rzek dorzecza Wisły, charakteryzuje się małą liczbą długich dopływów. Wyróżnia się ona licznymi ciekami, których długość nie przekracza 20–30 km. Średni spadek Pilicy wynosi 75 cm/km, a maksymalna prędkość nurtu przy normalnym stanie wody jest równa 0,8 m/s (Jagiełło 2013). Obszar badań znajduje się w dorzeczu Wisły, w obrębie zlewni Pilicy będącej ciekami II rzędu. Rzeka ta przepływa równoleżnikowo z zachodu na wschód, na odcinku ok. 15 km w centralnej części analizowanego terenu. Opisywany fragment Pilicy występuje między 250 a 265 km całej rzeki (Jagiełło 2013).

3. Metody badawcze

Artykuł jest rozwinięciem pracy magisterskiej autorki (Jędrzejczyk 2020). Jego celem jest przedstawienie zmienności koryta Pilicy między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą w ujęciu geomorfologicznym. Wykorzystano następujące metody badawcze:

- kwerenda historycznych materiałów kartograficznych;
- kartowanie elementów koryta rzeczno i innych części dna doliny;
- wykorzystanie danych LiDAR (Licencja nr CG-I.7522.10.2019.PB_14_N) i NMT (Numeryczny Model Terenu) o rozdzielczości co najmniej 100 m do analizy rzeźby dna doliny;
- obliczenie wskaźników morfometrycznych koryta rzeczno na podstawie zdjęć lotniczych i map topograficznych wykonanych w różnych odstępach czasowych.

Można wyróżnić wiele parametrów morfometrycznych koryta rzeczno. Wśród tych najbardziej typowych, opisywanych w syntetycznych pracach Krzemienia (2012) oraz Bajkiewicz-Grabowskiej i Mikulskiego (1996), znajdują się: długość koryta (Lch), czyli długość rzeki wzdłuż linii nurtu, długość cięciwy koryta (Ls), rozumianą jako odległość w linii prostej między punktem początkowym i końcowym danego odcinka, wskaźnik rozwinięcia koryta (U), otrzymany w wyniku podzielenia przez siebie wartości dwóch powyższych parametrów, wskaźnik krętości koryta (Wk), określane jako długość rzeki do długości jej doliny, szerokość równiny zalewowej (wp), szerokość strefy rozwinięcia koryta (ws), zwaną również strefą meandrowania, którą otrzymujemy mierząc odległość między wierzchołkami prawo- i lewobrzeżnych zakoli rzeki. Analizie morfometrycznej koryta rzeczno mogą też być podane parametry meandrów, takie jak: długość zakola (S) odpowiadająca długości cieku wzdłuż osi koryta pomiędzy punktami przegięcia, szerokość szyi meandra (b) będąca odcinkiem między sąsiednimi punktami dwóch ramion zakola, długość fali meandra (L), czyli dystans mierzony w linii prostej między miejscami przegięcia całego meandra, rozpiętość meandra (A) odpowiadająca odległości między kulminacyjnymi punktami przeciwległych zakoli danego meandra. Ważnym wskaźnikiem świadczącym

o dynamice przemieszczania się rumowiska rzecznego jest wskaźnik zdżyczenia koryta (r_a). Uzyskujemy go w procentach, dzieląc liczbę form aluwialnych (wyspy, łachy) przez długość koryta rzecznego. W przypadku rzek, których koryta są bogate w odsypy centralne, można również obliczyć ich procentowy udział w stosunku do całej powierzchni koryta (P_o), a także maksymalną (P_{maks}) i minimalną powierzchnię tych odsypów (P_{min}).

- sporządzenie szkicu geomorfologicznego dna doliny Pilicy w programie ArcGIS 10.4.1, na podstawie mapy topograficznej (1982) i ortofotomapy RGB i CIR (2015–2017) uzyskanej dzięki uprzejmości Wojewódzkiego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie (nr licencji CGI.7522.10.2019.PB_14_N);
- odtworzenie zmian przebiegu koryta Pilicy metodą retrospektywną ze szczególnym uwzględnieniem paleokoryt.

Analizę zmian biegu Pilicy dokonano od stanu teraźniejszego, cofając się sukcesywnie do coraz starszych okresów, z których pochodzą zdobyte źródła kartograficzne. W tym celu wykorzystano:

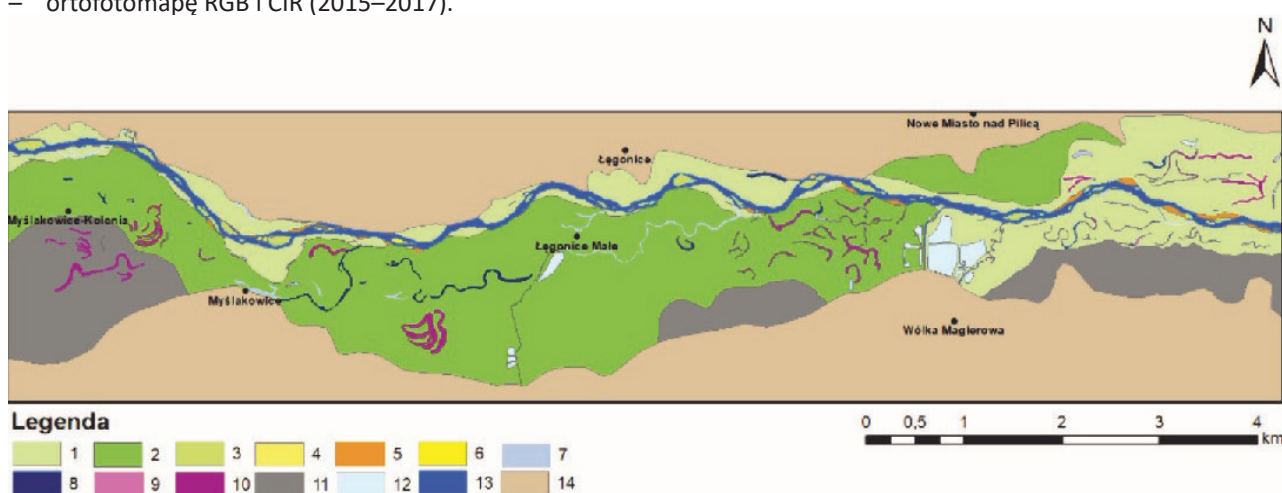
- mapę topograficzną Prus Południowych w skali 1:50 000, sporządzoną przez D. Gilly'ego w latach 1802–1803, arkusz D III;
- Topograficzną Kartę Królestwa Polskiego w skali 1:126 000, sporządzoną przez Kwatermistrzostwo Generalne Wojska Polskiego w latach 1822–1831, ukończoną przez rosyjski Korpus Topografów Wojskowych w latach 1832–1843;
- mapę topograficzną w skali 1:100 000 wykonaną w 1937 roku przez Wojskowy Instytut Geograficzny, arkusz Nowe Miasto nad Pilicą (PAS 42 Słup 31);
- mapę topograficzną w skali 1:10 000 sporządzoną w 1982 roku (M-34-17-B-b-4; M-34-18-A-a-3; M-34-18-A-a-4);
- ortofotomapę RGB i CIR (2015–2017).

Starszym materiałom kartograficznym nadano po zeskanowaniu georeferencje, czyli określono układ współrzędnych, wykorzystując charakterystyczne i stałe punkty odniesienia, jak np.: skrzyżowania dróg i kościoły. Procedura ta umożliwiła wpasowanie materiału historycznego we współczesną mapę, a tym samym porównanie biegu rzeki. Efektem końcowym jest mapa przedstawiająca zmiany przebiegu koryta Pilicy od lat 30. XX wieku aż po czasy współczesne. Należy pamiętać, że im starszy materiał kartograficzny, tym mniej dokładny jest zasięg ówczesnego koryta Pilicy. Spowodowane jest to przede wszystkim innymi technikami kartowania, jak również uogólnieniami wynikającymi z generalizacji map.

4. Charakterystyka ukształtowania dna doliny Pilicy

Dolina Pilicy wykazuje silną asymetrię – najlepiej rozwinięte terasy akumulacyjne (plejstoceńskie) znajdują się na prawym brzegu Pilicy, gdzie tworzą pas o szerokości 2 km, natomiast na lewym brzegu są znacznie węższe. Terasy wyższe tworzą dwa poziomy – pierwszy sięgający maksymalnie do 140 m n.p.m. i drugi do 145 m n.p.m. (Ryc. 2). Dolinki, parowy, młode rozcięcia erozyjne rozcinają głównie lewy, stromy brzeg doliny Pilicy.

Na powierzchni terasy zalewowej Pilicy występują młodsze starorzecza wypełnione wodą lub starorzecza suche i okresowe podmokłości związane z torfowiskami. Równiny torfowe występują na prawym brzegu Pilicy, a także w dolinie Drzewiczki. W obrębie dna doliny analizowanego terenu można wyróżnić dwa poziomy równiny zalewowej, między którymi różnica wysokości względnych wynosi około 2–3 m. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w lokalizacji dwóch wsi – Łęgonic Małych i Myślakowic-Kolonii (Ryc. 2).



Ryc. 2. Szczegółowy szkic geomorfologiczny dna doliny Pilicy na podstawie ortofotomapy RGB i CIR (2015–2017), Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie. 1 – I poziom terasy zalewowej, 2 – II poziom terasy zalewowej, 3 – wyspy, 4 – łachy, 5 – odsypy boczne, 6 – odsypy śródkorytowe, 7 – młodsze starorzecza, 8 – starsze starorzecza, 9 – młodsze paleomeandry, 10 – starsze paleomeandry, 11 – torfy, 12 – sztuczne zbiorniki wodne, 13 – rzeki, 14 – obszar poza dnem doliny

Fig. 2. Detailed geomorphological sketch of the Pilica valley bottom on the basis of the RGB and CIR orthophotomaps (2015–2017), Provincial Center for Geodetic and Cartographic Documentation in Warsaw. 1 – 1st level of the flood plain, 2 – 2nd level of the flood plain, 3 – islands, 4 – sandbanks, 5 – side bars, 6 – in-channel bars, 7 – younger oxbow lakes, 8 – older oxbow lakes, 9 – younger paleomeanders, 10 – older paleomeanders, 11 – peat, 12 – artificial water reservoirs, 13 – rivers, 14 – area beyond the valley bottom

Wyspy i łachy (odsypy) rzeczne przyjmują przeważnie podłużny kształt (Fot. 1), a odsypy boczne dominują we wschodnim fragmencie analizowanego odcinka Pilicy. Dno doliny jest bogate w liczne starorzecza (Fot. 2), ale też w paleomeandry. Większość z nich znajduje się na prawym brzegu rzeki.

Na badanym obszarze występują formy denudacyjne takie, jak długie stoki wysoczyzny ograniczające dna dolin

rzecznych. Kolejną formą będącą efektem akumulacji materiału pochodzenia denudacyjnego są stożki napływowe zlokalizowane u podnóża wysoczyzny, u wylotu suchych dolin i parowów w pobliżu Nowego Miasta nad Pilicą oraz Łegonic.

Na południowych terasach Pilicy występują wydmy w kształcie wałów, którym towarzyszą równiny pokryte eolicznymi (piasków przewianych).



Fot. 1. Koryto Pilicy w Nowym Mieście nad Pilicą 51°36'N; 20°34'E, widok w kierunku wschodnim (fot. K. Jędrzejczyk, sierpień 2019)

Photo. 1. The Pilica riverbed in Nowe Miasto nad Pilicą 51°36'N; 20°34'E, view to the east (photo by K. Jędrzejczyk, August 2019)



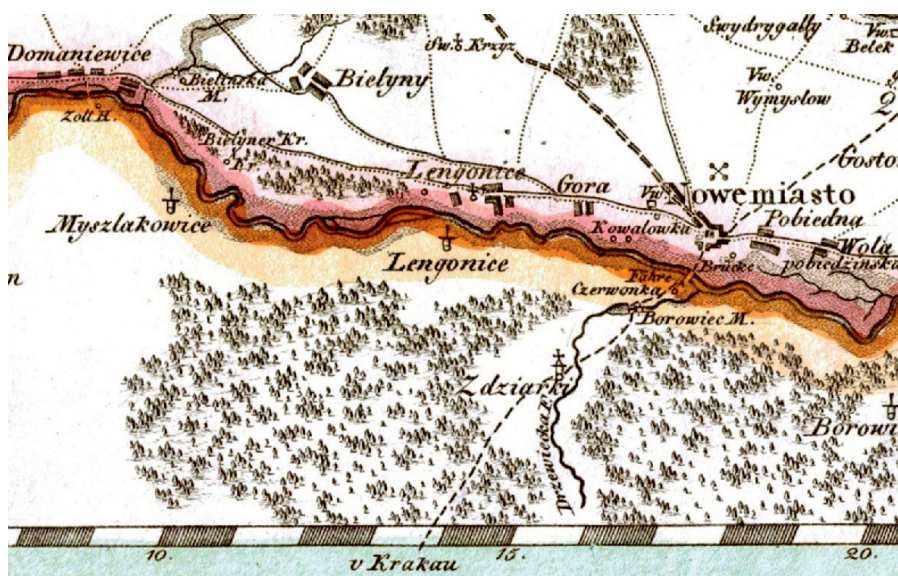
Fot. 2. Starorzecze na zachód od wjazdu do Łegonic Małych 51°36'N; 20°31'E (fot. K. Jędrzejczyk, marzec 2019)

Photo 2. Oxbow lake to the west of the entrance to Łegonice Małe 51°36'N; 20°31'E (photo by K. Jędrzejczyk, March 2019)

5. Geomorfologiczne zmiany dna doliny Pilicy (w latach 1937–2015/17)

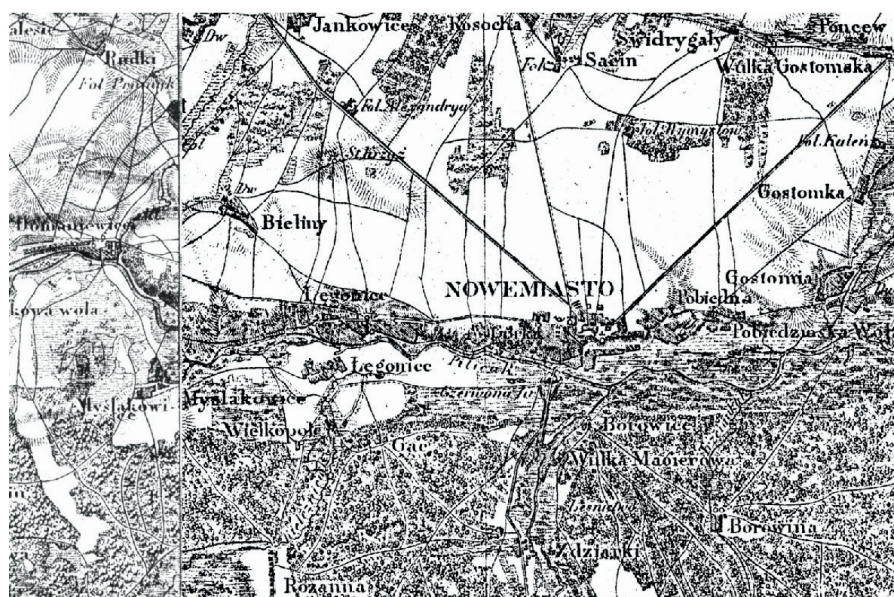
Najstarszym pozyskany źródłem kartograficznym, pozwalającym na analizę zmian dna doliny Pilicy jest mapa topograficzna Prus Południowych (1802–1803) w skali 1:50 000, autorstwa Davida Gilly'ego (Ryc. 3). Jednak z powodu znacznej generalizacji, mapa ta jest nieprzydatna do przeprowadzenia geomorfologicznej analizy dna doliny rzecznej. Pomimo większej dokładności kolejnego źródła kartograficznego, jakim jest Topograficzna Karta Królestwa Polskiego w skali 1:126 000, nazywana również

mapą Kwatermistrzostwa (Ryc. 4), nie udało się nadać mu georeferencji z zachowaniem waloru kartometryczności. To źródło kartograficzne pozwala jedynie na dokonanie ogólnej analizy geomorfologicznej doliny Pilicy. Mapa Kwatermistrzostwa potwierdza asymetrię doliny rzecznej, występowanie wąwozów i licznych rozcięć erozyjnych na lewym, stromym stoku wysoczyzny, jak również obszarów podmokłych i ogromnych połaci lasów zwanych Puszcą Pilicką na południe od Pilicy. Dziewiętnastowieczna mapa uwzględnia także Kiełcznicę łączącą się z jednym ze starorzeczy Pilicy, nazwanym później Rzeczycą.



Ryc. 3. Fragment mapy topograficznej Prus Południowych Gilly'ego (1802–1803)

Fig. 3. Fragment of Gilly's topographic map of South Prussia (1802–1803)

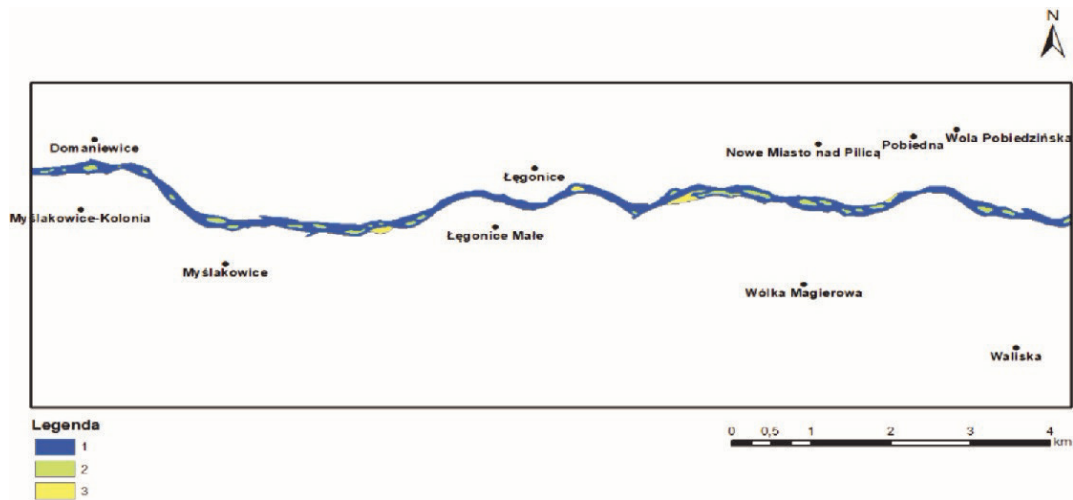


Ryc. 4. Fragment Topograficznej Karty Królestwa Polskiego (1822–1843)

Fig. 4. Fragment of the Topographic Charter of the Kingdom of Poland (1822–1843)

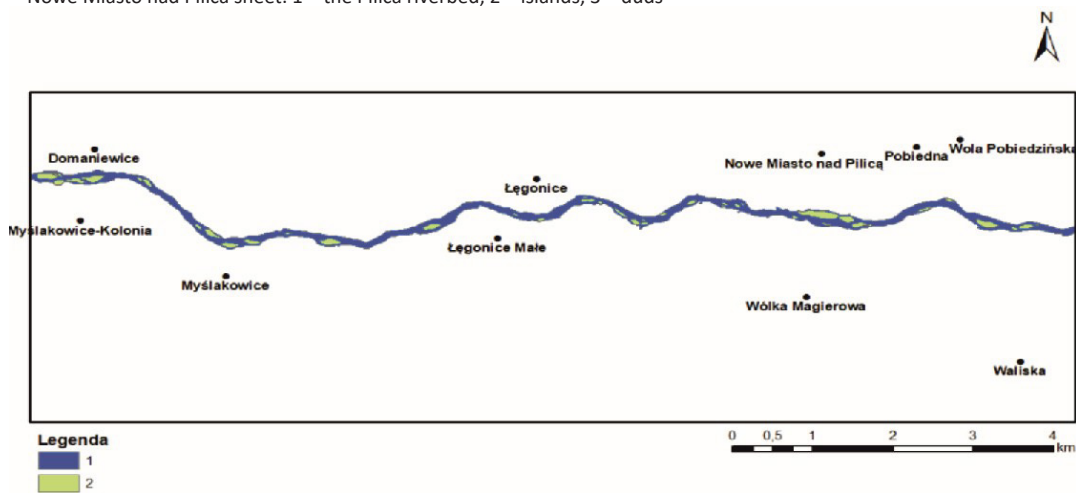
Trzy następne źródła kartograficzne: mapa topograficzna z 1937 roku wykonana przez Wojskowy Instytut Geograficzny, mapa topograficzna z 1982 roku oraz ortofotomapa RGB i CIR z lat 2015–2017, pozyskana dzięki Wojewódzkiemu Ośrodkowi Dokumentacji Geodezyjnej

i Kartograficznej w Warszawie, umożliwiły wyrysowanie kształtów ówczesnych koryt (Ryc. 5, 6, 7). Porównanie ich przebiegów (Ryc. 8) oraz odpowiadających im wartości poszczególnych wskaźników morfometrycznych pozwala dostrzec pewne zależności.



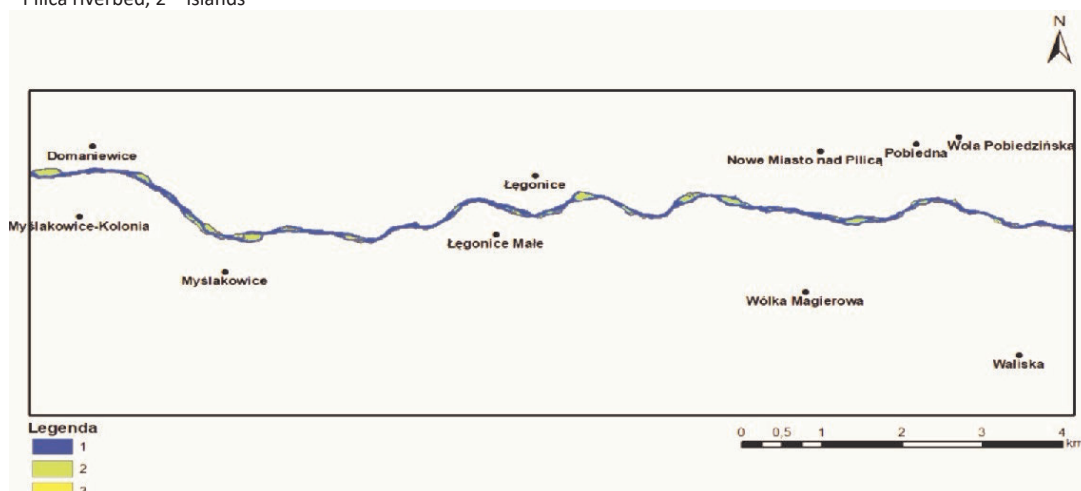
Ryc. 5. Koryto Pilicy na obszarze badań w 1937 roku na podstawie mapy topograficznej 1:100 000, Wojskowy Instytut Geograficzny, arkusz Nowe Miasto nad Pilicą. 1 – koryto Pilicy, 2 – wyspy, 3 – łachy

Fig. 5. The Pilica riverbed in the study area in 1937 based on a topographic map 1: 100,000, Military Geographical Institute, Nowe Miasto nad Pilica sheet. 1 – the Pilica riverbed, 2 – islands, 3 – duds



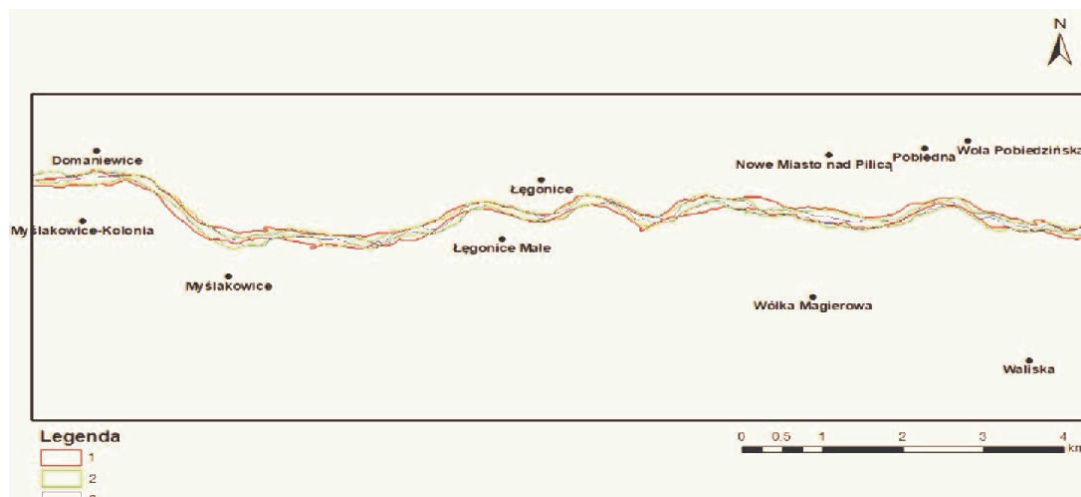
Ryc. 6. Koryto Pilicy na obszarze badań w 1982 roku na podstawie mapy topograficznej 1:10 000 (www.geoportal.gov.pl). 1 – koryto Pilicy, 2 – wyspy

Fig. 6. The Pilica river bed in the study area in 1982 based on the 1: 10,000 topographic map (www.geoportal.gov.pl). 1 – the Pilica riverbed, 2 – islands



Ryc. 7. Koryto Pilicy w latach 2015–2017 na podstawie ortofotomapy RGB i CIR, Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie. 1 – koryto Pilicy, 2 – wyspy, 3 – łachy

Fig. 7. The Pilica river bed in 2015–2017 on the basis of the RGB and CIR orthophotomaps, Provincial Center for Geodetic and Cartographic Documentation in Warsaw. 1 – the Pilica riverbed, 2 – islands, 3 – duds



Ryc. 8. Koryto Pilicy między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą między 1937 a 2015–2017 rokiem. 1 – koryto Pilicy w 1937 r., 2 – koryto Pilicy w 1982 r., 3 – koryto Pilicy w latach 2015–2017

Fig. 8. The Pilica riverbed between Domaniewice and Nowe Miasto nad Pilicą between 1937 and 2015–2017. 1 – the Pilica riverbed in 1937, 2 – the Pilica riverbed in 1982, 3 – the Pilica riverbed in 2015–2017

Koryto Pilicy między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat uległo zwężeniu, w najszerszych miejscach o prawie 40 m. Potwierdzają to również mniejsze szerokości szyi meandrów (Tab. 1). Wskaźnik zdziczenia koryta zwiększył się (z 2,07% do 5,43%), podobnie jak udział odsypów centralnych w stosunku do ogólnej powierzchni koryta (Tab. 1). Obecnie obserwuje się więcej odsypów centralnych o małej powierzchni (Tab. 1). Może to najprawdopodobniej wynikać ze znacznie większej dokładności ortofotomapy niż tradycyjnych map topograficznych, a nie ze wzrostu ilości materiału niesionego przez rzekę.

Kolejną zależność to wydłużenie koryta rzecznego w obrębie analizowanego odcinka Pilicy o niecałe 0,5 km w porównaniu z rokiem 1937. Tym samym zwiększyła się też szerokość strefy meandrowania. Procesy te wyjaśniają większe wartości rozwinięcia i krętości koryta, jak również maksymalnej długości zakola (Tab. 1). Tendencja rzeki do meandrowania może także wyrażać się w mniejszej minimalnej długości zakola, co świadczy o skłonności Pilicy do tworzenia nowych meandrów.

Najbardziej prawdopodobną przyczyną takich zmian koryta Pilicy jest wybudowanie w 1974 roku Zbiornika Sulejowskiego. Utworzenie zapory na rzece spowodowało zatrzymanie części rumowiska w zbiorniku. W efekcie Pilica w dalszym biegu została odciążona, co wyjaśnia jej tendencję do meandrowania i zwężenie koryta, jak również stopniowy zanik cech koryta roztokowego.

Poza tym, w okresie 80 lat Pilica zachowuje zróżnicowaną szerokość koryta. Między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą kształtują się odcinki bardzo szerokie i bardzo wąskie, a różnica między nimi występuje w przedziale od około 155 m do 200,5 m (Tab. 1).

6. Dyskusja i wnioski

Zmienność przedstawionych wskaźników morfometrycznych koryta Pilicy przemawia bardziej za uznaniem jej za rzekę meandrującą, a nie roztokową. Potwierdza to stanowisko Klimaszewskiego (1978), który za jedną z głównych cech koryt meandrujących uważa brak przeciążenia rumowiskiem. Natomiast klasyfikacja Nansona i Giblinga (2004), oparta na wskaźniku krętości koryta, pozwala uznać rzekę za meandrującą dopiero wtedy, gdy wartość ta jest większa od 1,3. Zgodnie z tym kryterium Pilica nie może być scharakteryzowana jako rzeka meandrująca. Według Andrzejewskiego i in. (2018) Pilica należy do koryta typu krętego lub meandrującego. Zatem najbardziej stosowne jest zakwalifikowanie jej do koryt krętych, według propozycji Migonia (2006), który wydziela wartości wskaźnika krętości koryt krętych w zakresie 1,06–1,5. Jednak stwierdzenie, iż Pilica między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą prezentuje typ koryta krętego nie jest do końca zgodne z rzeczywistością. Cechy koryta Pilicy na analizowanym odcinku nie pozwalają na jednoznaczne przypisanie jej do określonego typu. Taką możliwość przewiduje Schumm (1985), który wyróżnia koryta meandrująco-roztokowe. Za taką klasyfikacją Pilicy przemawia jej zmienna szerokość, a także kształtowanie się wysp i odsypów. Na podobny typ koryta wskazuje Zieliński (2015), wydzielając rzeki o tzw. przejściowym układzie koryta. Taki pośredni typ wydaje się najbardziej odpowiedni z uwagi na dążenie koryt rzecznych do osiągnięcia stabilności, zmieniając się z roztokowych na meandrujące. Po odniesieniu się do różnych typologii koryt rzecznych, najbardziej zasadnym wydaje się określenie Pilicy na analizowanym odcinku jako rzekę krętą wykazującą tendencję do meandrowania, z pozostałościami cech koryta roztokowego w postaci wysp i odsypów.

Tabela 1. Zmienność poszczególnych wskaźników morfometrycznych koryta Pilicy między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą (oprac. własne)
Table 1. Variability of individual morphometric indicators of the Pilica riverbed between Domaniewice and Nowe Miasto nad Pilicą (own elaboration)

Wskaźnik morfometryczny koryta rzecznego	Wartość wskaźnika w 1937 roku	Wartość wskaźnika w 1982 roku	Wartość wskaźnika w latach 2015–2017
Długość koryta (L_{ch})	14,5 km	14,78 km	14,99 km
Maksymalna szerokość koryta (L_{ch1})	221 m	253,2 m	183,2 m
Minimalna szerokość koryta (L_{ch2})	52,4 m	52,7 m	27,8 m
Rozwinięcie koryta (U)	1,07	1,08	1,15
Krętość koryta (W_k)	1,07	1,08	1,09
Maksymalna szerokość równiny zalewowej (W_{p1})	2,41 km	2,44 km	2,41 km
Minimalna szerokość równiny zalewowej (W_{p2})	945 m	800 m	801 m
Szerokość strefy meandrowania koryta (W_s)	1,1 km	1,15 km	1,15 km
Zdziczenie koryta (r_a)	2,07%	3,26%	5,43%
Powierzchnia odsypów centralnych w stosunku do całej powierzchni koryta (P_o)	9,75%	15,23%	17,21%
Maksymalna powierzchnia odsypów centralnych (P_{maks})	16 921 m ²	36 746 m ²	24 180 m ²
Minimalna powierzchnia odsypów centralnych (P_{min})	850,7 m ²	534,2 m ²	6,35 m ²
Parametry meandrów			
Maksymalna długość zakola (S_1)	4,6 km*	4,98 km*	4,99 km*
Minimalna długość zakola (S_2)	562 m	677,3 m	171,4 m
Maksymalna szerokość szyi meandra (b_1)	3,2 km	2,04 km	2,01 km
Minimalna szerokość szyi meandra (b_2)	552,6 m	584 m	374,7 m
Maksymalna długość fali meandra (L_1)	4,7 km	2,8 km	2,9 km
Minimalna długość fali meandra (L_2)	1,2 km	1,3 km	883,4 m
Maksymalna rozpiętość meandra (A_1)	1,1 km	1,2 km	1,2 km
Minimalna rozpiętość meandra (A_2)	336,6 m	430 m	350,3 m

* meander w całości nie znajduje się w granicach obszaru badań.

Analiza morfometryczna koryta Pilicy między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą z lat 1937–2015/17 wykazała skłonność rzeki do meandrowania, co wyraża się w większych wartościach rozwinięcia i krętości koryta. Tendencja ta wynika z ociążenia Pilicy po wybudowaniu Zbiornika Sulejowskiego, co spowodowało zwężenie koryta. Niewątpliwie istnieje potrzeba przeprowadzenia dokładniejszych, specjalistycznych badań, głównie

z zakresu sedymentologii, w celu lepszego poznania dna doliny Pilicy między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą.

Podziękowania

Składam serdeczne podziękowania dr hab. Zbigniewowi Rdzanemu, prof. UŁ za pomoc, wszelkie rady i wsparcie merytoryczne podczas pisanie artykułu, a także recenzentom za konstruktywną krytykę.

7. Literatura

- Andrzejewski, L., Krzemień, K., Zwoliński, Z., 2018. Zarys przyrodniczych i antropogenicznych uwarunkowań rozwoju systemów dolinnych i korytowych w Polsce. *Landform Analysis* 37, 17–51.
- Bajkiewicz-Grabowska, E., Mikulski, Z., 1996. *Hydrologia ogólna*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Falkowski, T., Ostrowski, P., 2010. Rzeźba doliny Pilicy między Inowłodzem a Domaniewicami i jej związek z budową geologiczną podłoża aluwii, [w:] *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich* 9, Polska Akademia Nauk, Kraków, 53–63.
- Florek, E., 1983. Zastosowanie zdjęć lotniczych w badaniach den dolin rzecznych (na przykładzie dolnego Bobru). *Fotointerpretacja w geografii* 16, 22–23.
- Forysiak, J., 2010. Zastosowanie analizy zdjęć lotniczych do rekonstrukcji układu wielokorytowego środkowej Warty. *Landform to Analysis* 13, 113–118.
- Gierszewski, P., Szmańda, J., Luc, M., 2015. Zmiany układu koryt Wisły spowodowane funkcjonowaniem stopnia wodnego „Włocławek” na podstawie analizy zdjęć lotniczych. *Przegląd Geologiczny* 87(3), 517–533.
- Jagięło, J., 2013. *Pilica i jej dopływy*. Encyklopedia rzek Polski. Wydawnictwo CM (Ciekawe Miejsca.net), Warszawa.
- Jędrzejczyk, K., 2020. Rzeźba i dynamika dna doliny Pilicy między Domaniewicami a Nowym Miastem nad Pilicą.
- Kalicki, T., Fularczyk, K., 2018. Zmiany biegu koryta Krasnej (świętokrzyskie) w oparciu o dane kartograficzne i geologiczne. *Folia Geographica Physica* 17, 15–23.
- Kałmykow-Piwińska, A., Falkowski, T., 2012. Ocena stabilności morfologii koryta na podstawie analizy archiwalnych materiałów kartograficznych i fotogrametrycznych wykonywanej w środowisku GIS. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 58, 251–262.
- Klimaszewski, M., 1978. *Geomorfologia*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Klimek, K., Twardy, J., 2007. Kierunki i skala przekształceń den dolinnych, [w:] Starkel, L., Kostrzewski, A., Kotarba, A., Krzemień, K. (red.), *Współczesne przemiany rzeźby Polski*. Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk, Kraków.
- Kobojek, E., 2013. Wpływ działalności bobrów na lokalne procesy fluwialne w wybranych rzekach Równiny Łowicko-Błońskiej. *Folia Geographica Physica* 12, 17–32.
- Korpak, J., 2012. Morfologia i funkcjonowanie uregulowanego koryta rzeki górskiej (na przykładzie Mszanki w Gorcach). Przykład opracowania, [w:] Krzemień, K. (red.), *Struktura koryt rzek i potoków (studium metodyczne)*. Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Kraków, 89–101.
- Krzemień, K., 2012. *Struktura koryt rzek i potoków (studium metodyczne)*. Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Kraków.
- Migoń, P., 2006. *Geomorfologia*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Nanson, G.C., Gibling, M., 2004. Channel patterns, [w:] Gouldie A.S. (red.), *Encyclopedia of Geomorphology*, 137–139.
- Požaryski, W. (red.), Bukowy, S., Dadlez, R., Karnkowski, P., Kotański, Z., Kubicki, S., Marek, S., Raczyńska, A., Ryka, W., Sokołowski, J., Tomczyk, H., Tyski, S., Żelichowski, A.M., 1974. *Budowa geologiczna Polski. Tektonika część 1: Niż Polski*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Rurek, M., 2013. Wpływ działalności bobrów na rzeźbę małych dolin na przykładzie doliny Gajdówki, południowe Bory Tucholskie, Polska. *Journal of Health Sciences* 3 (15), 257–266.
- Schumm, S.A., 1985. Patterns of alluvial rivers. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 13, 5–27.
- Słowik, M., 2014. Reconstruction of anastomosing river course by means of geophysical and remote sensing surveys (the middle Obra valley, western Poland). *Geografiska Annaler Series a Physical Geography* 96(2), 195–216.
- Solon, J., Borzyszkowski, J., Bidłasik, M., Richling, A., Badora, K., Balon, J., Brzezińska-Wójcik, T., Chabudziński, Ł., Dobrowolski, R., Grzegorzczak, I., Jodłowski, M., Kistowski, M., Kot, R., Krąż, P., Lechnio, J., Macias, A., Majchrowska, A., Malinowska, E., Migoń, P., Myga-Piątek, U., Nita, J., Papińska, E., Rodzik, J., Strzyż, M., Terpiłowski, S., Ziaja, W., 2018. Physico-geographical mesoregions of Poland – verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica* 91(2), 143–170.
- Starkel, L., 1988. *Historia dolin rzecznych w holocenie*, [w:] *Przemiany środowiska geograficznego Polski*. Wszechnica Polskiej Akademii Nauk.
- Stopka, R., 2011. Geomorfologiczne skutki działalności bobra europejskiego *Castor fiber* w dolinie górnego Sanu. *Roczniki Bieszczadzkie* 19, 319–334.
- Trafas, K., 1977. Rekonstrukcja zmian biegu koryta Wisły na podstawie zdjęć lotniczych. *Fotointerpretacja w Geografii* 10, 29–30.
- Witkowski, K., Szmańda, J., 2018. Anastomozowanie dolnej Skawy w świetle badań sedymentologicznych i materiałów archiwalnych, [w:] Kostrzewski, A., Stach, A., Majewski, M. (red.), *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*, tom 7. IGIG UAM, Poznań, 213–216.
- Zieliński, T., 2015. *Sedymentologia. Osady rzek i jezior*. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Żelaźniewicz, A., Aleksandrowski, P., Buła, Z., Karnkowski, P.H., Konon, A., Oszczypko, N., Ślęczka, A., Żaba, J., Żytko, K., 2011. *Regionalizacja tektoniczna Polski*. Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.